



Anto Mijić i suradnici

SUNCOKRET



Anto Mijić i suradnici

SUNCOKRET

Izdavač	Poljoprivredni institut Osijek
Urednik	Dr. sc. Anto Mijić
Recenzenti	Dr. sc. Siniša Jocić Izv. prof. dr. sc. Snježana Topolovec-Pintarić Doc. dr. sc. Ivana Varga
Lektor	Dubravka Andrić, prof.
Tehnički urednik	Dr. sc. Ivica Liović
Tisak	Grafika d.o.o., Osijek
Naklada	300 primjeraka

Odlukom Znanstvenog vijeća Poljoprivrednog instituta Osijek, URBROJ: 42/25-4-5, na 4. sjednici održanoj 25.4.2025. godine odobrava se korištenje naziva znanstvena knjiga Poljoprivrednog instituta Osijek

ISBN 978-953-7843-17-5 (tisak)

ISBN 978-953-7843-18-2 (e-knjiga)

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu Gradske i sveučilišne knjižnice Osijek pod brojem 151215020

Naziv projekta

Utjecaj klimatskih promjena na ekspresiju najvažnijih agronomskih, fizioloških i biokemijskih svojstava suncokreta u uvjetima različitog sklopa

Naziv korisnika

Poljoprivredni institut Osijek

Projekt financira Europska unija – NextGenerationEU iz sredstava Nacionalnog plana oporavka i otpornosti 2021. – 2026. u okviru Programskog ugovora s Ministarstvom znanosti, obrazovanja i mladih



Anto Mijić i suradnici

SUNCOKRET



Osijek, 2025.

AUTORI

Poljoprivredni institut Osijek

Dr. sc. Luka Andrić
Dr. sc. Ivica Beraković
Dr. sc. Tomislav Duvnjak
Dr. sc. Ivica Liović
Dr. sc. Antonela Markulj Kulundžić
Dr. sc. Maja Matoša Kočar
Dr. sc. Anto Mijić
Dr. sc. Hrvoje Plavšić
Dr. sc. Aleksandra Sudarić

Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Sarajevo

Prof. dr. sc. Drena Gadžo

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Prof. dr. sc. Renata Baličević
Dr. sc. Anamarija Banaj
Prof. dr. sc. Jasenka Ćosić
Doc. dr. sc. Sanja Jelić Milković
Prof. dr. sc. Ružica Lončarić
Prof. dr. sc. Ivana Majić
Prof. dr. sc. Emilija Raspudić
Doc. dr. sc. Marija Ravlić
Doc. dr. sc. Ankica Sarajlić
Prof. dr. sc. Karolina Vrandečić

PREDGOVOR

Suncokret (*Helianthus annuus* L.) je u svjetskim razmjerima, uz palmu, soju i uljanu repicu, jedna od najvažnijih uljarica. O tome govore i površine koje su 2022. godine iznosile oko 29 milijuna ha, s ukupnom proizvodnjom oko 54 milijuna tona. Iste godine, u Europskoj uniji je bilo pod suncokretom 4,9 milijuna hektara s godišnjom proizvodnjom preko 9 milijuna tona zrna. U svijetu i Europskoj uniji je evidentan trend povećanja površina i proizvodnje suncokreta. Samo u zadnjih 20 godina, u svijetu su povećane površine pod suncokretom oko 50 %, a proizvodnja oko 120 %.

U Hrvatskoj je suncokret najvažnija uljarica. Ako se promatra desetogodišnje razdoblje 2013. – 2022., prosječno je sijan na oko 39.000 ha, s ukupnom proizvodnjom od 94 do 153 tisuće tona. Bitno je naglasiti da je u tom periodu prinos suncokreta po jedinici površine u Hrvatskoj bio najveći od svih zemalja Europske unije. Pored prinosa, agroekološki uvjeti, izbor hibrida, mogućnost proširenja plodoreda, kapaciteti prerade i sigurnost otkupa čine dobru osnovu za daljnje povećanje proizvodnje suncokreta u Hrvatskoj.

Kada je riječ o upotrebi, suncokretovo ulje spada u grupu najkvalitetnijih ulja, visoke je energetske i biološke vrijednosti pa se najvećim dijelom koristi u ljudskoj prehrani, ali i u industrijske svrhe. Suncokret se također koristi u hranidbi domaćih životinja te u pčelarstvu. Raznovrsnost upotrebe suncokreta u posljednje vrijeme znatno je povećana.

Obim znanja u svim segmentima čovjekova djelovanja enormno se povećava, a tako je i u poljoprivredi. Kako bi što bolje predstavili ono što je bilo, ono što je sada i ono što predstavlja bližu budućnost kada je riječ o suncokretu, svako pojedino poglavlje napisali su eksperti za to područje, što daje posebnu vrijednost ovoj knjizi. Pored mnoštva napisanih radova, aktivnog sudjelovanja u radu mnogih znanstveno-stručnih skupova, neki od njih su i autori/koautori srednjoškolskih i sveučilišnih udžbenika. Isto tako, prostora smo dali i poslijedoktorandima, znanstvenim suradnicima i docentima koji već postižu zavidne znanstveno-nastavne rezultate.

Ova knjiga je podijeljena u 12 poglavlja: Značaj i rasprostranjenost suncokreta, Podrijetlo i botanička klasifikacija, Morfološka svojstva suncokreta, Faze rasta i razvoja suncokreta, Ekološki uvjeti u proizvodnji suncokreta, Agrotehničke mjere uzgoja suncokreta, Bolesti suncokreta, Štetnici suncokreta, Korovi u suncokretu, Oplemenjivanje suncokreta, Sjemenarstvo i dorada sjemena suncokreta i Ekonomski aspekti proizvodnje suncokreta. Na kraju se nalazi popis preuzetih slika i grafikona s izvorima.

Knjiga je primarno namijenjena studentima prijediplomskih, diplomskih i poslijediplomskih studija na poljoprivrednim fakultetima, kao i učenicima srednjih poljoprivrednih škola. Pored toga, smatramo da može poslužiti kolegama agronomima kao i poljoprivrednim proizvođačima, kako bi njihova proizvodnja bila što stabilnija i prinosnija iz godine u godinu. Također, može potaknuti interes i ostalih sudionika, zaljubljenika u ratarsku proizvodnju i prirodu u cjelini.

Posebnu zahvalnost iskazujemo prof. dr. sc. Dejani Panković s Fakulteta za zaštitu životne sredine (Sremska Kamenica, Srbija) te prof. dr. sc. Editi Štefanić i prof. dr. sc. Đuri Banaju s Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek.

Svim autorima i suradnicima te svima koji su na bilo koji način pomogli u pisanju i objavi ove knjige, veliko hvala. Također hvala i recenzentima: dr. sc. Siniši Jociću, znanstvenom savjetniku Instituta za ratarstvo i povrtarstvo (Novi Sad, Srbija), izv. prof. dr. sc. Snježani Topolovec-Pintarić, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu te doc. dr. sc. Ivani Varga, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Zahvaljujemo se i lektorici Dubravki Andrić, prof. na korisnim sugestijama i ispravcima.

Svjesni smo da se tijekom pisanja ove knjige potkrala i neka greška ili propust. Stoga je svaka konstruktivna kritika dobro došla i uvažit ćemo je u sljedećem izdanju.

Anto Mijić

S A D R Ź A J

1. ZNAČAJ I RASPROSTRANJENOST SUNCOKRETA	13
1.1. ZNAČAJ SUNCOKRETA.....	13
1.2. RASPROSTRANJENOST SUNCOKRETA U SVIJETU.....	17
1.3. PROIZVODNJA SUNCOKRETA U HRVATSKOJ.....	19
LITERATURA	24
2. PODRIJETLO I BOTANIČKA KLASIFIKACIJA.....	29
2.1. PODRIJETLO SUNCOKRETA.....	29
2.2. BOTANIČKA KLASIFIKACIJA SUNCOKRETA	30
2.2.1. PODJELA RODA <i>HELIANTHUS</i>	32
LITERATURA	35
3. MORFOLOŠKA SVOJSTVA SUNCOKRETA	37
3.1. KORIJE NOV SUSTAV	37
3.1.1. GRAĐA KORIJENA	39
3.1.1.1. Sekundarna građa korijena	40
3.2. NADZEMNI DIO BILJKE	40
3.2.1. STABLIJKA.....	40
3.2.1.1. Građa stabljike.....	42
3.2.2. LIST	44
3.2.2.1. Građa lista.....	45
3.2.3. CVAT I CVJETOVI.....	46
3.2.3.1. Položaj glave	47
3.2.3.2. Biologija cvatnje.....	48
3.2.4. PLOD	49
LITERATURA	51
4. FAZE RASTA I RAZVOJA SUNCOKRETA.....	53
4.1. FENOLOŠKE FAZE I ČIMBENICI OKOLIŠA	53
4.2. FAZE RASTA I RAZVOJA SUNCOKRETA.....	56

4.3. FAZE ONTOGENEZE SUNCOKRETA.....	59
LITERATURA	61
5. EKOLOŠKI UVJETI U PROIZVODNJI SUNCOKRETA.....	63
5.1. TOPLINA	63
5.2. VODA.....	65
5.3. TLO	68
5.4. SVJETLOST.....	69
LITERATURA	72
6. AGROTEHNIČKE MJERE UZGOJA SUNCOKRETA	79
6.1. PLODORED	80
6.2. OBRADA TLA.....	81
6.3. GNOJIDBA	84
6.3.1. FOLIJARNA GNOJIDBA	87
6.3.2. BIOSTIMULATORI.....	87
6.4. IZBOR HIBRIDA.....	87
6.5. SJETVA.....	89
6.5.1. IZRAČUNAVANJE KOLIČINE SJEMENA.....	93
6.6. NJEGA USJEVA.....	94
6.6.1. RAZBIJANJE POKORICE.....	94
6.6.2. KEMIJSKA ZAŠTITA.....	95
6.6.2.1. Zaštita od bolesti	95
6.6.2.2. Zaštita od štetnika.....	96
6.6.2.3. Zaštita od korova	96
6.6.3. MEĐUREDNA KULTIVACIJA	97
6.6.4. OKOPAVANJE.....	98
6.6.5. NAVODNJAVANJE.....	98
6.7. ŽETVA	98
LITERATURA	102
7. BOLESTI SUNCOKRETA	107
7.1. BIJELA TRULEŽ.....	107
7.2. VERTICILIJSKO VENUĆE.....	112

7.3. PLAMENJAČA.....	114
7.4. HRĐA.....	117
7.5. SIVA PLIJESAN.....	119
7.6. SUHA TRULEŽ.....	122
7.7. SIVA PJEGAVOST STABLJIKE.....	124
7.8. PJEGAVOST LISTOVA.....	128
7.9. CRNA PJEGAVOST STABLJIKE.....	132
7.10. SIVA PJEGAVOST LISTOVA	134
LITERATURA	136
8. ŠTETNICI SUNCOKRETA.....	143
8.1. KUKCI.....	143
8.1.1. ŠTETNICI U TLU.....	144
8.1.1.1. Red Coleoptera – kornjaši	144
8.1.1.2. Red Orthoptera – pravokrilci.....	152
8.1.2. NADZEMNI ŠTETNICI.....	153
8.1.2.1. Red Orthoptera – pravokrilci.....	153
8.1.2.2. Red Lepidoptera – leptiri.....	154
8.1.2.3. Red Coleoptera – kornjaši	166
8.1.2.4. Red Hemiptera – rilčari	169
8.1.3. SKLADIŠNI ŠTETNICI	172
8.2. GRINJE (PAUČNJACI).....	174
8.2.1. RED ACARINA – GRINJE.....	174
8.3. GLODAVCI	176
8.3.1. RED RODENTIA – GLODAVCI.....	176
8.4. PTICE	177
LITERATURA	179
9. KOROVI U SUNCOKRETU	185
9.1. KOROVI.....	185
9.2. SVOJSTVA KOROVA	186
9.2.1. PODJELA KOROVA.....	186
9.3. KOROVI OKOPAVINSKIH USJEVA.....	188

9.4. ZAŠTITA SUNCOKRETA OD KOROVA.....	190
9.5. KRITIČNO RAZDOBLJE ZAKOROVLENOSTI	191
9.6. INTEGRIRANA ZAŠTITA BILJA	192
9.6.1. PRIMJENA I MEHANIZMI DJELOVANJA HERBICIDA.....	192
9.6.2. VRIJEME PRIMJENE HERBICIDA	195
9.7. HIBRIDNI SUNCOKRETA OTPORNI NA HERBICIDE.....	196
9.8. ALELOPATIJA.....	196
LITERATURA	199
10. OPLEMENJIVANJE SUNCOKRETA.....	203
10.1. POVIJEST OPLEMENJIVANJA SUNCOKRETA	203
10.2. SORTE SUNCOKRETA.....	204
10.2.1. MASOVNA SELEKCIJA.....	205
10.2.2. PUSTOVOITOVA METODA REZERVE	205
10.3. HIBRIDNI SUNCOKRETA	208
10.3.1. CILJEVI OPLEMENJIVANJA	208
10.3.1.1. Uljni hibridi suncokreta.....	208
10.3.1.2. Hibridi suncokreta određene kakvoće ulja	208
10.3.1.3. Hibridi suncokreta povećanog sadržaja bjelančevina.....	209
10.3.1.4. Hibridi suncokreta tolerantni na neke grupe herbicida.....	209
10.3.1.5. Ukrasni hibridi suncokreta	210
10.3.2. STVARANJE HIBRIDA SUNCOKRETA.....	210
10.3.2.1. Stvaranje inbred linija.....	210
10.3.2.2. Ispitivanje kombinacijskih sposobnosti.....	211
10.3.2.3. Muška sterilnost	212
10.3.2.4. Restauracija fertilnosti.....	213
10.3.2.5. Prevođenje i održavanje cms linija.....	213
10.3.2.6. Stvaranje i održavanje restorer linija.....	215
10.3.2.7. Dvolinijski i trolinijski hibridi suncokreta.....	215
10.4. OPLEMENJIVANJE SUNCOKRETA U HRVATSKOJ.....	216
10.5. MOLEKULARNO OPLEMENJIVANJE SUNCOKRETA	218
10.5.1. GENETSKI MARKERI.....	220
10.5.1.1. Morfološki markeri.....	221

10.5.1.2. Biokemijski markeri	221
10.5.1.3. Molekularni ili DNA markeri	221
10.5.2. GENETSKE KARTE	229
10.5.3. SELEKCIJA UZ POMOĆ MARKERA.....	233
10.5.3.1. Preduvjeti za selekciju uz pomoć markera	233
10.5.3.2. Metode oplemenjivanja uz pomoć markera.....	234
10.5.3.3. Prednosti i nedostaci selekcije uz pomoć markera	236
10.5.4. GENOMSKA SELEKCIJA	236
10.5.4.1. Točnost predviđanja i uspješnost genomske selekcije	238
10.5.4.2. Prednosti i ograničenja genomske selekcije	239
10.5.5. GENETSKI RESURSI U OPLEMENJIVANJU SUNCOKRETA....	240
10.5.6. GENOM SUNCOKRETA	241
LITERATURA	243
11. SJEMENARSTVO I DORADA SJEMENA SUNCOKRETA.....	261
11.1. SJEMENARSTVO SORATA	264
11.2. SJEMENARSTVO HIBRIDA NA BAZI CITOPLAZMATSKOJ MUŠKE STERILNOSTI	266
11.2.1. PROIZVODNJA SJEMENA RODITELJSKIH LINIJA	266
11.2.2. PROIZVODNJA SJEMENA HIBRIDA SUNCOKRETA	267
11.2.3. PROSTORNA IZOLACIJA.....	269
11.2.4. KONTROLA GENETSKE ČISTOĆE.....	270
11.2.4.1. Morfološka analiza	271
11.2.4.2. Kemijska analiza	272
11.2.4.3. Uklanjanje atipičnih biljaka.....	272
11.2.4.4. Uklanjanje linije oca.....	273
11.3. ZAKONSKI PROPISI U PROIZVODNJI SJEMENA	274
11.3.1. PRAVILNICI	274
11.3.2. BILJNA PUTOVNICA	276
11.4. TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE SJEMENA.....	277
11.4.1. IZBOR PODRUČJA ZA PROIZVODNJU I PROIZVOĐAČA.....	277
11.4.2. IZBOR PARCELE	277
11.4.3. AGROTEHNIČKE MJERE	278

11.4.3.1. Gnojdba	278
11.4.3.2. Obrada tla	278
11.4.3.3. Sjetva	278
11.4.3.4. Zaštita od bolesti, štetnika i korova	279
11.4.3.5. Razbijanje pokorice i međuredna kultivacija	280
11.4.3.6. Navodnjavanje.....	280
11.4.3.7. Kemijska desikacija.....	280
11.4.3.8. Žetva.....	281
11.5. PRIJEM I SKLADIŠTENJE SJEMENA	282
11.6. DORADA SJEMENA	285
11.6.1. STROJEVI ZA DORADU SJEMENA	286
11.6.1.1. Selektor.....	286
11.6.1.2. Trijerski cilindri.....	286
11.6.1.3. Gravitacijski stol.....	287
11.6.1.4. Optički kolor sorter	288
11.6.1.5. Tretiranje sjemena	288
11.6.2. PAKIRANJE SJEMENA	289
LITERATURA	290
12. EKONOMSKI ASPEKTI PROIZVODNJE SUNCOKRETA	295
12.1. PROIZVODNJA SUNCOKRETA I SUNCOKRETOVOG ULJA U REPUBLICI HRVATSKOJ OD 2010. DO 2022. GODINE.....	295
12.2. VANJSKOTRGOVINSKA RAZMJENA SJEMENA SUNCOKRETA I SUNCOKRETOVOG ULJA	298
LITERATURA	301
PREUZETE SLIKE I GRAFIKONI	303

1. ZNAČAJ I RASPROSTRANJENOST SUNCOKRETA

*Anto Mijić
Antonela Markulj Kulundžić
Drena Gadžo*



Slika 1.1. Poljoprivredni institut Osijek

1.1. ZNAČAJ SUNCOKRETA

U svijetu, suncokret je jedna od četiri najznačajnije uljarice o čemu govore i podaci 2022. godine o zasijanim površinama od gotovo 29 milijuna hektara te proizvodnji zrna od 54 milijuna tona (FAO, 2024), s tendencijom daljnjeg povećanja. Primarno se uzgaja zbog ulja čiji sadržaj iznosi od 45 do 55 %. Suncokretovo ulje je svjetložute boje, dobrog okusa i ugodnog mirisa. Ima visoku točku dimljenja što je indikator stabilnosti ulja pri višim temperaturama tako da se može koristiti za pečenje i prženje, ali i kod pripreme hladnih jela.

Standardno suncokretovo ulje bogato je linolnom polinezasićenom esencijalnom masnom kiselinom, čime se značajno izdvaja ispred drugih biljnih ulja. Od ostalih masnih kiselina, značajnije su prisutne mononezasićena oleinska te zasićene masne kiseline palmitinska i stearinska (Krizmanić i sur., 2013; Jocić i sur., 2015; Cvejić i

sur., 2019). Sadržaj masnih kiselina, a naročito odnos linolne i oleinske, važan je za korištenje i stabilnost ulja (Marinković i sur., 2003). Linolna kiselina (C18:2, omega-6) smatra se esencijalnom masnom kiselinom jer potpomaže zdravlju krvožilnog, reproduktivnog, imunog i živčanog sustava (Johnson i Saikia, 2009) te doprinosi zacjeljivanju mukozne sluznice želuca i duodenuma smanjujući učestalost pojave ulkusa. Postoji i suncokretovo ulje s visokim sadržajem oleinske kiseline (preko 80 %) koje se ubraja u omega-9 masne kiseline (C18:1). Istraživanja pokazuju da zamjena hrane bogate zasićenim masnoćama s hranom bogatom suncokretovim uljem i margarinom, s visokim sadržajem oleinske kiseline, ima povoljan učinak na lipide u krvi i faktor VIIc, bjelančevinu važnu kod zgrušavanja krvi. Ovo ulje korisno je u prevenciji srčanih bolesti (Allman-Farinelli i sur., 2005; Brouwer i sur., 2010). Oleinska kiselina utječe na smanjenu pojavu dijabetesa i usporava naglo povećanje razine šećera u krvi (Palomer i sur., 2018), a također prevenira i nastanak karcinoma. Ulje oleinskog tipa ima neutralan okus i može se dulje skladištiti od drugih vrsta biljnih ulja, a pogodnije je u proizvodnji biodizela od ulja linolnog tipa (Vannozzi, 2006). Kao i oleinska, stearinska kiselina (C18:0) utječe na stabilnost ulja pri prženju na visokim temperaturama, a ima neutralno djelovanje na zdravlje krvožilnog sustava.

Ulje suncokreta sadrži vitamine A, D, E i K, koji se još nazivaju i liposolubilni vitamini, a iznimno su važni u održavanju zdravlja i vitalnosti prije svega očiju, kože, probavnog sustava, pluća, kostiju, zuba, živčanog sustava i krvi. Naglašeno je djelovanje vitamina E (tokoferola) jer štiti organizam od nepoželjnog djelovanja slobodnih radikala, odnosno pretvara ih u oblik koji nije štetan. Potičući stvaranje antitijela i zaštitu leukocita, vitamin E potiče rad imunosnog sustava. Zahvaljujući linolnoj kiselini i tokoferolu ulje se lako rafinira. Odnos tokoferola i linolne kiseline je u suncokretovom ulju povoljan (0,7 : 1) pa se stoga dobro apsorbira u organizmu za razliku od drugih ulja (npr. kukuruznog). Sastavni dio ulja suncokreta su i fitosteroli koji pored antioksidacijskih svojstava imaju važnu ulogu u redukciji lipida niske gustoće što ih čini poželjnim u prehrani ljudi (Roche i sur., 2010). Sve ovo pokazuje da je suncokretovo ulje stabilno, biološki i nutritivno iznimno kvalitetno i stoga široko primjenjivo.

U industrijskoj preradi, nezaobilazna je uloga suncokretovog ulja u proizvodnji margarina, majoneza, marmelada, džemova, sporsušivih boja, lakova, ulja za podmazivanje, u farmaceutskoj industriji, a u novije vrijeme se koristi i za proizvodnju biodizela (Slika 1.2.).

Po sastavu kemijskih tvari, suncokret se ubraja u uljno-bjelančevinaste biljne vrste (Markulj i sur., 2014; Grahovac i sur., 2019). Zrno uljnog suncokreta sadrži oko 20 % bjelančevina (Gagro, 1998) bogatih esencijalnim aminokiselinama (metionin, cistin, triptofan). U svijetu postoje oplemenjivački programi usmjereni na stvaranje hibrida s naglašenim udjelom bjelančevina. Sadržaj bjelančevina u ovim hibridima kreće se od 13 do 28 % (Jovanović i Stanojević, 1996; Feng i sur., 2022; Jan, 2022). Po morfološkim svojstvima, ovi hibridi slični su uljnim, uz naglašeno veći promjer glave i masu 1.000 zrna. S obzirom da su u pogledu tržišta nešto zahtjevniji od uljnih (ujednačena veličina i boja zrna, lako ljuštenje, veće osipanje pri žetvi itd.) njihova proizvodnja je osjetljivija i traži veća ulaganja (Hladni i sur., 2022). Visokoproteinski

suncokret ima posebno tržište u odnosu na uljni, a koristi se za prehranu ljudi kao sjeme i oljuštena jezgra (sirova ili pečena), *snack* proizvodi (razne vrste grickalica), hladno prešano ulje te za hranidbu ptica i domaćih životinja (Hladni i sur., 2021). U prehrambenoj industriji zrno proteinskog suncokreta koristi se kao dodatak kruhu (pšeničnom, raženom, prosenom), samostalno ili u kombinaciji sa sjemenkama lana, sezama, bundeve. Uzgoj visokoproteinskog suncokreta ima velik potencijal i trend širenja na tržištu i postaje sve atraktivniji za prehranu ljudi i kao dio dijetskih programa u cijelom svijetu (Pilorge, 2020; Kaya, 2022). Pored proteina, visokoproteinski hibridi suncokreta sadrže i značajne količine ulja koje se koristi za dobivanje hladno prešanog ulja i uljne pogače kao nusproizvoda (Lužaić i sur., 2021).



Slika 1.2. Upotreba suncokreta

Ljuska zrna suncokreta čini 20 – 26 % ukupne mase zrna, a građena je od 55 % celuloznih i hemiceluloznih tvari, 6 % ulja i 5 % bjelančevina (Vratarić, 2004). Zbog visoke kalorijske vrijednosti i malog postotka vlage, upotrebljava se kao dobar prirodni izvor toplinske energije, najčešće u obliku peleta ili ljuške u rinfuzi.

U hranidbi stoke suncokret se koristi kao zrno, zelena masa, silaža ili kao sačma dobivena nakon ekstrakcije ulja. Ukoliko se zrno suncokreta uključi u hranidbu krava, ovaca, koza i goveda, rezultat će povećanom razinom linolne kiseline i udjela omega-6 masnih kiselina u mlijeku i mesu (Ortiz i sur., 1998; Zhang i sur., 2006; Addis i sur., 2009; Yin i sur., 2009). Ako se suncokret koristi kao zelena masa, treba ga kositi u vrijeme formiranja glava, a za silažu najbolje vrijeme je od početka cvatnje pa sve dok dvije trećine biljaka ne završe cvatnju. Tako se dobiva najveći prinos zelene mase i najbolji kvalitet silaže. Uz kvalitetnu agrotehniku i bez ekstremnih variranja ekoloških faktora, prinos zelene mase može biti oko 50 t/ha. Suncokret se

može koristiti i kao postrni međuusjev koji daje zadovoljavajući prinos zelene mase i suhe tvari (Pintić i sur., 2009). Sačma je nusproizvod koji zaostaje nakon izdvajanja ulja iz zrna i predstavlja vrlo kvalitetno bjelančevinasto biljno koncentrirano krmivo u hranidbi domaćih životinja. Prema Pavičić (2021) udio sirovih bjelančevina u sačmi kreće se od 26 do 40 %. Ukoliko je veći udio ljuske, takva sačma sadrži veću količinu sirovih vlakana i pogodnija je u hranidbi preživača. Mliječnim kravama se može davati sačme do 20 % u smjesi (2 – 2,5 kg dnevno), junadi u tovu i odraslim ovčama do 15 %, a konjima do 10 %. U smjesama za svinje i perad koriste se sačme od oljuštenog sjemena. U hranidbi prasadi mogu se davati do 5 %, svinjama u početnoj fazi tova i krmačama do 10 %, a tovljenicima u završnoj fazi do 5 %. Što se tiče uključivanja suncokretove sačme u hranidbu teladi, janjaca, jaradi, prasadi i podmlatka peradi, ti postoci su znatno manji ili se suncokretova sačma ne preporučuje. Suncokret se također koristi kao hrana za ptice u formi sitnozrnatog i krupnozrnatog suncokreta.

Glave suncokreta imaju puno hranjivih tvari pa se mogu koristiti u hranidbi stoke kao cijele ili samljevene (Gagro, 1998). U njima je oko 7 % sirovih bjelančevina, 4 % ulja, 43 % nedušičnih ekstraktivnih tvari, 14 % mineralnih tvari, a celuloza je znatno manje zastupljena nego u lucerni (Todorović i sur., 2003). Vrebalov i Škorić (1989) navode da glave suncokreta s 1 ha, po hranidbenoj vrijednosti, mogu dati 80 kg mesa. Stabljika se može koristiti za ogrjev ili se zaorava te tako obogaćuje tlo organskom tvari.

Suncokret je važna medonosna biljka (Puškadija i sur., 2009, 2010). Pošto je tipična stranooplodna, entomofilna biljka, za njegovu oplodnju, koja je preduvjet visokih i stabilnih prinosa zrna i ulja, izuzetno je značajno prisustvo kukaca. Istraživanja brojnih znanstvenika kod nas, ali i u svijetu, pokazuju da hibridi suncokreta koji su oprašeni medonosnom pčelom daju znatno veće prinose zrna. Naravno, broj prirodnih polinatora je iznimno važan, ali se u gruboj procjeni ističe da je potrebno minimalno dvije košnice sa zdravim pčelinjim zajednicama tijekom cvatnje, a poželjno je i više, od otvaranja prvog cvijeta u polju pa do završetka cvatnje. Pored pčela, u oprašivanju su važni i bumbari (Gadžo i sur., 2011).

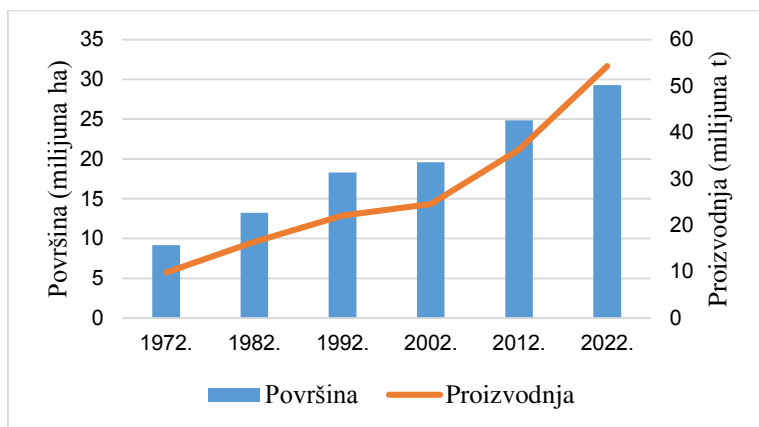
Ulogu kukaca treba promatrati i kroz održavanje ekološke ravnoteže, odnosno biološke raznolikosti u prirodi. Oprašivanjem kultiviranog, ali i samoniklog bilja, kukci u značajnoj mjeri sudjeluju u lancu proizvodnje hrane i održanju ekosustava.

Pojedine forme ukrasnog suncokreta, sa specifičnim bojama jezičastih cvjetova i zanimljivim tipovima grananja, važne su i u cvjećarstvu. Boja cvjetova varira od svjetložute do tamnoljubičaste, s nizom prijelaza.

Suncokret postaje sve zanimljiviji i kao međuusjev za zelenu gnojidbu (Rosa i sur., 2013). Žetva suncokreta u našim agroekološkim uvjetima uglavnom je krajem kolovoza i početkom rujna što omogućava pravovremenu sjetvu ozimih usjeva. Nakon vegetacije, površina na kojoj se uzgajao suncokret uglavnom je bez ili s minimalno korova, a tlo je u dobrom fizičkom stanju. Također se dobro uklapa i u korištenje mehanizacije. Sve to ukazuje da je i u agrotehničkom smislu suncokret vrlo značajna kultura (Varga i sur., 2021).

1.2. RASPROSTRANJENOST SUNCOKRETA U SVIJETU

U razdoblju od 1972. do 2022. godine, u svijetu je jasno vidljivo povećanje požnjevenih površina, ali i ukupne proizvodnje zrna suncokreta (Grafikon 1.1.). Tako je 1972. godine s 9.164.395 ha požnjeveno ukupno 9.814.324 t. Najveće požnjevene površine su bile 2022. godine (29.257.983 ha), s ukupnom proizvodnjom 54.285.949 t. U odnosu na 1972. godinu, 2022. godine je bila 3,2 puta veća požnjevena površina i ostvarena je 5,5 puta veća proizvodnja zrna suncokreta.



Grafikon 1.1. Požnjevene površine i proizvodnja zrna suncokreta u svijetu

Iz podataka za 2022. godinu (Tablica 1.1.) vidimo da u ukupnoj proizvodnji suncokreta u svijetu dominiraju Rusija i Ukrajina s preko 50 % svjetske proizvodnje, a zatim slijede Argentina (7,5 %), Kina (5,4 %) i Turska (4,7). Prvih 10 zemalja čine 84,2 % svjetske proizvodnje. Prinosi po jedinici površine su od 1,78 do 3,02 t/ha uz izuzetak Tanzanije (1,07 t/ha).

Tablica 1.1. Požnjevene površine, prinosi zrna i proizvodnja suncokreta u 2022. godini

Država	Požnjevena površina (ha)	Prinos zrna (t/ha)	Proizvodnja (t)	Udio u ukupnoj proizvodnji (%)
Rusija	9.182.873	1,78	16.362.215	30,1
Ukrajina	5.238.000	2,16	11.328.740	20,9
Argentina	1.958.686	2,07	4.050.362	7,5
Kina	970.000	3,02	2.930.000	5,4
Turska	979.691	2,60	2.550.000	4,7
Bugarska	916.960	2,33	2.140.590	3,9
Rumunjska	1.093.270	1,93	2.106.570	3,9
Francuska	870.560	2,07	1.798.380	3,3
Mađarska	679.600	1,89	1.286.200	2,4
Tanzanija	1.070.000	1,07	1.150.000	2,1
Svijet	29.257.983	1,85	54.285.949	

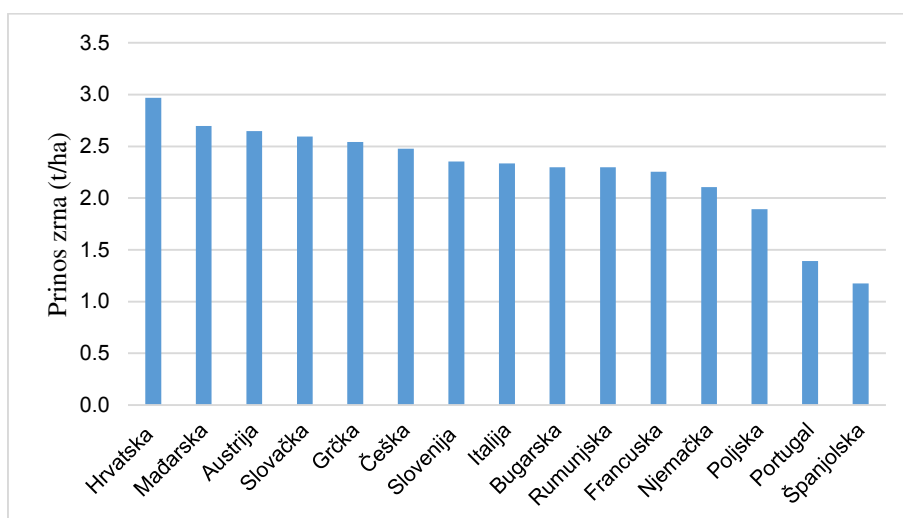
(FAO, 2024)

Prosječni prinosi zrna u svijetu jako variraju (FAO, 2024) pa su u 2022. godini iznosili od 0,30 t/ha (Mozambique) do 5,09 t/ha (Uzbekistan) i općenito su bili niski, u prosjeku 1,68 t/ha.

Značajan dio svjetske proizvodnje suncokreta je u Europskoj uniji. Na to ukazuju udjeli u površinama (16,9 %, 4.933.760 ha) i proizvodnji (17,2 %, 9.334.640 t) za 2022. godinu (FAO, 2024).



Slika 1.3. Proizvodnja suncokreta (t) u zemljama Europske unije u 2022. godini



Grafikon 1.2. Prosječan prinos zrna suncokreta u EU za razdoblje 2013. – 2022. godine

Najveću proizvodnju suncokreta u EU imaju Bugarska, Rumunjska, Francuska, Mađarska i Španjolska (Slika 1.3.) dok je, prema višegodišnjem prosjeku, Hrvatska prva zemlja po prinosu zrna u Europskoj uniji, a zatim Mađarska, Austrija, Slovačka i Grčka (Grafikon 1.2.).

1.3. PROIZVODNJA SUNCOKRETA U HRVATSKOJ

Od europskih država suncokret je iz Amerike najprije donešen u Španjolsku, a zatim se proširio cijelim kontinentom. Važno je napomenuti da se do 19. stoljeća uzgajao kao ukrasna biljka. U Hrvatsku je donešen iz Austrije. U većoj mjeri proizvodnja i prerada suncokreta se počela širiti tek izgradnjom tvornica ulja u Zagrebu i Čepinu (Slika 1.4.). U Zagrebu je 1916. osnovana „Prva hrvatska tvornica ulja, dioničko društvo“ koja je već 1917. proizvodila prve količine ulja. Proizvodnja je iz godine u godinu rasla da bi 1935. godine bilo proizvedeno 35 tona rafiniranog ulja (Zvizdić, 1986). Tvornica ulja u Čepinu izgrađena je 1940. godine s kapacitetom 20 tona suncokreta u 24 sata i proizvedenom količinom sirovog ulja od oko 4.000 kg (Marković, 1988).



Slika 1.4. Povijest prerade suncokreta u Hrvatskoj

Prema Krizmaniću (2012), do pojave ruskih sorti u sjetvi su se uglavnom koristile domaće sorte kreirane u institutima u Zagrebu i Novom Sadu (Botinečki 4, Novosadski 4, Novosadski 8 i Novosadski 18). Ove sorte je karakterizirala velika osjetljivost na biotske i abiotske stresove, a u skladu s tim i prinosi su bili raznoliki, uglavnom niski. Krajem 50-ih godina prošlog stoljeća, u sjetvu su uvedene sorte iz bivšeg SSSR-a: VNIIMK 6540, VNIIMK 8883, Smena, Peredovik, VNIIMK 8931, Armavirski 9343, Armavirski 9345, Pervenac, Jenisej, Majak itd. (Slika 1.5.), koje su pokazivale nešto veći prinos zrna i sadržaj ulja, ali je dominantan problem u tom periodu bio osjetljivost na bolesti, prije svega na plamenjaču i bijelu trulež, tako da su nakon početnog povećanja površina opet smanjene.

Tek uvođenjem hibrida, u drugoj polovici 70-ih godina prošlog stoljeća, proizvodnja suncokreta se stabilizirala. Prednosti hibrida u odnosu na sorte su: niža, tanja i čvršća stabljika, kraća vegetacija, veći prinos zrna i sadržaj ulja, bolja otpornost na

polijeganje, sušu, bolesti i štetnike, ali i ujednačeniji početak pojedinih fenofaza, a time i uspješnija primjena agrotehničkih mjera. Prvi hibridi su bili osjetljivi prema uzročniku bolesti *Diaporthe (Phomopsis) helianthi*, što su oplemenjivači riješili unošenjem genetske tolerantnosti prema navedenom uzročniku bolesti u nove hibride suncokreta (Vratarić, 2004).



Slika 1.5. Sorte suncokreta iz bivšeg SSSR-a

Kao što se može vidjeti u Tablici 1.2., u posljednjih pet desetljeća (1973. – 2022.), proizvodnju suncokreta u Hrvatskoj su karakterizirala variranja u pogledu posijanih površina i prinosa zrna.

Tablica 1.2. Požnjevene površine, prinosi zrna i proizvodnja suncokreta u Republici Hrvatskoj (1973. – 2022.) (Vratarić, 2004; FAO, 2024)

Godina	Požnjevena površina (ha)	Prinos zrna (t/ha)	Proizvodnja (t)
1973.	14.487	2,13	30.857
1974.	12.996	1,68	21.833
1975.	23.643	1,28	30.263
1976.	14.589	1,54	22.467
1977.	15.596	2,19	34.155
1978.	20.277	2,30	46.637
1979.	17.446	2,19	38.207
1980.	9.950	1,93	19.204
1981.	20.077	2,50	50.193
1982.	16.058	1,85	29.707
Prosjek (1973. – 1982.)	16.512	1,96	32.352
1983.	8.128	2,22	18.044
1984.	7.006	2,50	17.515

nastavak tablice

Godina	Požnjevena površina (ha)	Prinos zrna (t/ha)	Proizvodnja (t)
1985.	10.196	2,58	26.306
1986.	20.756	2,65	55.003
1987.	29.076	2,52	73.272
1988.	22.403	2,41	53.991
1989.	18.232	2,58	47.039
1990.	20.971	2,53	53.057
1991.	18.773	2,47	46.369
1992.	18.153	2,23	40.413
Prosjek (1983. – 1992.)	17.369	2,47	43.101
1993.	17.564	2,43	42.723
1994.	17.871	1,48	26.474
1995.	19.385	1,91	37.066
1996.	18.849	1,51	28.526
1997.	16.946	2,13	36.138
1998.	28.642	2,17	62.206
1999.	41.996	1,72	72.374
2000.	25.715	2,10	53.956
2001.	25.336	1,70	42.985
2002.	26.835	2,35	62.965
Prosjek (1993. – 2002.)	23.914	1,95	46.541
2003.	28.211	2,45	69.253
2004.	28.381	2,47	70.000
2005.	49.769	1,57	78.006
2006.	35.308	2,31	81.614
2007.	20.615	2,63	54.303
2008.	38.631	3,10	119.872
2009.	27.366	3,00	82.098
2010.	26.412	2,34	61.789
2011.	30.041	2,83	84.960
2012.	33.534	2,68	90.019
Prosjek (2003. – 2012.)	31.827	2,54	79.191
2013.	40.805	3,20	130.576
2014.	34.869	2,85	99.489
2015.	34.494	2,73	94.075
2016.	40.254	2,75	110.566
2017.	37.152	3,12	115.880
2018.	37.130	2,98	110.790
2019.	35.980	2,96	106.560
2020.	39.000	3,08	120.120
2021.	40.970	3,04	124.360
2022.	51.110	2,99	152.870
Prosjek (2013. – 2022.)	39.176	2,97	116.529
Prosjek (1973. – 2022.)	25.760	2,38	63.543
Minimum	7.006	1,28	17.515
Maksimum	51.110	3,20	152.870

Razlozi tome su bili višestruki, a primarno su se odnosili na: uvjete uzgoja u prethodnim vegetacijskim sezonama (nepovoljniji agroekološki uvjeti – manje površine iduće godine), cijene, sustav poticaja, primijenjenu tehnologiju, obučenost proizvođača itd. Analiziranjem desetogodišnjih prosjeka, u razdoblju 1973. – 2022., može se uočiti trend porasta površina i prinosa zrna. Tako se prosjek površina pod suncokretom u zadnjih deset godina, u odnosu na prvih deset godina, povećao za 137 %, a prosječan prinos zrna za 52 %.

U razdoblju 1973. – 1982., na najvećem dijelu površina bile su zastupljene sorte, znatno lošija opremljenost mehanizacijom, ekstenzivnije tehnološke mjere u proizvodnji, obučenost najvećeg dijela proizvođača na niskoj razini, nepovoljniji vremenski uvjeti i slično.

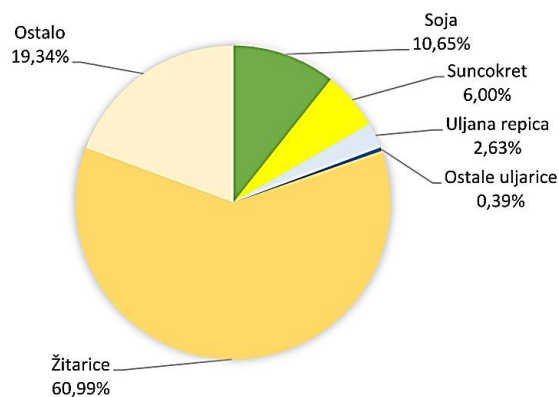


Slika 1.6. Dan polja suncokreta Tvornice ulja Čepin 2017. godine

Danas u proizvodnji dominira veliki broj hibrida najjačih, ne samo europskih, nego i svjetskih sjemenskih kuća (Slika 1.6.), opremljenost mehanizacijom je na znatno višem nivou kao i primjena tehnoloških mjera, proizvođači su uglavnom educirani što rezultira time da se nerijetko u povoljnim vegetacijskim sezonama postižu prinosi zrna iznad 4 pa i 5 t/ha.

Udio uljarica (19,67 %), pa tako i suncokreta (6,00 %), u površinama pod oranicama i vrtovima u Hrvatskoj je relativno nizak što ukazuje na veliki potencijal širenja uljarica pa i suncokreta (Grafikon 1.3.).

Pojava sve sušnijih vegetacijskih sezona, naglašeno ljeta s manjim količinama oborina, višim temperaturama i dnevnim temperaturnim maksimumima (Mijić i sur., 2017) idu u prilog potrebe povećanja površina pod suncokretom. Razlog leži u činjenici da se suncokret od svih ratarskih kultura najbolje prilagođava neželjenim stresnim uvjetima. Suncokret ima jak i razgranat korijen, jake upojne moći te specifičnu anatomsku građu stabljike i lista koja omogućava da u stresnim uvjetima postigne zadovoljavajuće prinose zrna i ulja.



Grafikon 1.3. Udio žitarica i uljarica u površinama pod oranicama i vrtovima u Hrvatskoj 2022. godine

Također treba istaknuti da se suncokret dominantno sije u istočnoj Hrvatskoj, odnosno Osječko-baranjskoj i Vukovarsko-srijemskoj županiji (Ilkić i sur., 2019; Mijić i sur., 2022). S obzirom na trend sve suših godina, kao i ostalih agroekoloških uvjeta te velikog izbora hibrida smatramo kako ne postoje razlozi da se suncokret u većoj mjeri ne sije i u ostalim područjima Republike Hrvatske, poglavito u preostale tri slavonske županije: Brodsko-posavskoj, Virovitičko-podravskoj i Požeško-slavonskoj županiji. Nadalje, velikom broju proizvođača ratarskih usjeva plodored stvara problem jer se uglavnom kulture uzgajaju u tropolju, nerijetko čak dvopolju. Izbor suncokreta, kao još jedne dodatne kulture u plodoredu, svakako bi pridonio boljoj učinkovitosti pojedinog proizvođača, uključujući i obiteljska poljoprivredna gospodarstva. Međimurec (2021), pored svih nabrojanih razloga za uvođenje suncokreta u područje sjeverozapadne Hrvatske, navodi i smanjenje broja stoke, odnosno manju potrebu za kukuruzom koji je namijenjen hranidbi stoke na vlastitom gospodarstvu. Suncokret rano napušta tlo i omogućava pravovremenu sjetvu ozimih usjeva, ostavlja tlo nezakorovljeno, dobrog fizičkog stanja, a proizvodnja suncokreta dobro se uklapa i u optimalno korištenje mehanizacije.

U prilog širenju površina pod suncokretom u Hrvatskoj svakako ide i činjenica da Tvornica ulja Čepin d.d., kao najvažnija tvrtka za otkup i preradu uljarica u Hrvatskoj, kontinuirano ulaže u modernizaciju postrojenja i proširenje kapaciteta što predstavlja garanciju otkupa ove važne uljarice u dužem razdoblju. U ovom trenutku, Tvornica ulja Čepin d.d. može otkupiti i preraditi cjelokupnu proizvodnju suncokreta u Hrvatskoj (Mijić i sur., 2021).

LITERATURA

1. Addis, M., Cabiddu, A., Decandia, M., Spada, S., Acciaro, M., Pirisi, A., Sitzia, M., Costa, E., Cannas, A., & Molle, G. (2009). Effects of different fat-enriched concentrates on fatty acid profile of cheese from grazing dairy sheep. *Italian Journal of Animal Science*, 8(2), 378-380. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s2.378>
2. Allman-Farinelli, M.A., Gomes, K., Favaloro, E.J., & Petocz, P. (2005). A diet rich in high-oleic-acid sunflower oil favorably alters low-density lipoprotein cholesterol, triglycerides, and factor VII coagulant activity. *Journal of the American Dietetic Association*, 105(7), 1071-1079. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2005.04.008>
3. Brouwer, I.A., Wanders, A.J., & Katan, M.B. (2010). Effect of animal and industrial *trans* fatty acids on HDL and LDL cholesterol levels in humans – a quantitative review. *PLoS One*. 5(10), e9434. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009434>
4. Cvejić, S., Jocić, S., Jocković, M., Dedić, B., Radeka, I., Radanović, A., Miladinović, D., Balalić, I., Gragovac, N., Stojanović, D., & Miklič, V. (2019). NS Sanol - novi visokooleinski hibrid suncokreta. U Savet tehnologa (ur.), *Zbornik radova 60. jubilarnog savetovanja "Proizvodnja i prerada uljarica" sa međunarodnim učešćem* (str. 41-47). Tehnološki fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, DOO "Industrijsko bilje" Novi Sad.
5. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske (2018). *Statistički ljetopis Republike Hrvatske 2018*. Preuzeto 4.5.2022. s <https://web.dzs.hr/arhiva.htm>
6. FAO (2024). *FAOSTAT Crops and livestock products*. Preuzeto 16.7.2024. s <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
7. Feng, J., Jan, C.C., & Seiler, G. (2022). Breeding, production, and supply chain of confection sunflower in China. *OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 29, 11. <https://doi.org/10.1051/ocl/2022004>
8. Gadžo, D., Đikić, M., & Mijić, A. (2011). *Industrijsko bilje* (str. 11-31). Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu.
9. Gagro, M. (1998). *Ratarstvo obiteljskog gospodarstva. Industrijsko i krmno bilje* (str. 24-39). Hrvatsko agronomsko društvo.
10. Grahovac, N., Sakač, Z., Jocić, S., Cvejić, S., & Miklič, V. (2019). Ispitivanje masnokiselinskog sastava u ulju semena suncokreta selekcije Instituta za ratarstvo i povrtarstvo. *Uljarstvo*, 50(1), 5-9. <https://www.tf.uns.ac.rs/download/nauka/publikacije/uljarstvo/uljarstvo-2019-vol-50-broj-1.pdf>
11. Hladni, N., Jocković, M., Jocić, S., Cvejić, S., Babec, B., Miklič, V., Radeka, I., Petrović, V., Marjanović-Jeromela, A., & Miladinović, D. (2021). Visokoproteinski hibridi suncokreta pogodni za različite namene. U Savet

tehnologa (ur.), *Zbornik radova 62. savetovanja "Proizvodnja i prerada uljarica" sa međunarodnim učešćem* (str. 39-45). Tehnološki fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, DOO "Industrijsko bilje" Novi Sad.

12. Hladni, N., Romanić, R., Babec, B., Jocić, S., Miklič, V., Petrović, V., & Miladinović, D. (2022). Confectionery sunflower in Serbia. In *Proceedings of the 20th International Sunflower Conference* (pp. 50-54). International Sunflower Association.
13. Iljkić, D., Kranjac, D., Zebec, V., Varga, I., Rastija, M., Antunović, M., & Kovačević, V. (2019). Stanje i perspektiva proizvodnje žitarica i uljarica u Republici Hrvatskoj. *Glasnik zaštite bilja*, 42(3), 62-71.
<https://doi.org/10.31727/gzb.42.3.9>
14. Jan, C.C. (2022). Confectionery sunflower as an emerging crop. In *Proceedings of the 20th International Sunflower Conference* (pp. 13-17). International Sunflower Association.
15. Jocić, S., Miladinović, D., & Yalcin, K. (2015). Breeding and genetics of sunflower. In E. Martínez-Force, N.T. Dunford, & J.J. Salas (eds.), *Sunflower: chemistry, production, processing, and utilization* (pp. 1-25). AOCS Press.
<https://doi.org/10.1016/C2015-0-00069-7>
16. Johnson, S., & Saikia, N. (2009). *Fatty acids profile of edible oils and fats in India*. Centre for Science and Environment, New Delhi, India.
17. Jovanović, D., & Stanojević, D. (1996). Oplemenjivanje suncokreta na povećani sadržaj proteina u semenu. U B. Berić (ur.), *Zbornik radova, 37. Savetovanje: Proizvodnja i prerada uljarica* (str. 223-241). Tehnološki fakultet Univerziteta u Novom Sadu.
18. Kaya, Y. (2022). Recent situation of confectionery sunflower production in Turkey. In *Proceedings of the 20th International Sunflower Conference* (pp. 55-58). International Sunflower Association.
19. Krizmanić, M. (2012). Suncokret. U V. Kozumlik, & I. Pejić (ur.), *Oplemenjivanje poljoprivrednog bilja u Hrvatskoj* (str. 77-80). Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
20. Krizmanić, M., Mijić, A., Liović, I., Sudarić, A., Sudar, R., Duvnjak, T., Krizmanić, G., & Bilandžić, M. (2013). Utjecaj okoline na sadržaj ulja i sastav masnih kiselina kod novih OS-hibridnih kombinacija suncokreta. *Poljoprivreda*, 19(1), 41-47. <https://hrcak.srce.hr/file/153285>
21. Lužaić, T., Romanić, R., Grahovac, N., Jocić, S., Cvejić, S., Hladni, N., & Pezo, L. (2021). Prediction of mechanical extraction oil yield of new sunflower hybrids: artificial neural network model. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(14), 5827-5833. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11234>
22. Marinković, R., Dozet, B., & Vasić, D. (2003). *Oplemenjivanje suncokreta:*

monografija (str. 9-15). Školska knjiga doo, Novi Sad.

23. Marković, P. (1988). *Razvoj uljarstva u Jugoslaviji*. Poslovna zajednica proizvođača biljnih ulja i masti Jugoslavije.
24. Markulj, A., Liović, I., Mijić, A., Sudarić, A., Josipović, A., & Matoša Kočar, M. (2014). Zašto proizvoditi suncokret? *Agronomski glasnik*, 76(3), 163-176.
<https://hrcak.srce.hr/file/201437>
25. Međimurec, T. (2021). Rezultati komparativnog pokusa suncokreta na lokacijama Koprivnica i Osijek. *Sjemenarstvo*, 32(1), 47-55.
<https://doi.org/10.33128/s1.32.1.5>
26. Mijić, A., Liović, I., & Markulj Kulundžić, A. (2022). Više suncokreta u sjetvi 2022. godine. *Doseg*, 2, 40-44.
27. Mijić, A., Liović, I., Sudarić, A., Duvnjak, T., Jug, D., Kranjac, D., Jovović, Z., & Markulj Kulundžić, A. (2021). Status and perspectives of sunflower production in Croatia. *Agriculture and Forestry*, 67(1), 35-45.
<https://doi.org/10.17707/AgricultForest.67.1.03>
28. Mijić, A., Liović, I., Sudarić, A., Gadžo, D., Jovović, Z., Jankulovska, M., Markulj Kulundžić, A., & Duvnjak, T. (2017). The effect of environment on the phenotypic expression of grain yield, oil content and oil yield in sunflower hybrids. *Agriculture and Forestry*, 63(1), 309-318.
<https://doi.org/10.17707/AgricultForest.63.1.32>
29. Ministarstvo poljoprivrede (2023). *Godišnje izvješće o stanju poljoprivrede u 2022*. Preuzeto 29.2.2024. s
https://poljoprivreda.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/poljoprivredna_politika/zeleno_izvjesce/2023_11_16%20Zeleno%20izvje%C5%A1%C4%87e%202022%20web.pdf
30. Ortiz, V., Gomez Cabrera, A., & Mena, Y. (1998). Use of sunflower seeds (normal and high oleic acid content) in nutrition of dairy cows. *Investigacion Agraria, Produccion y Sanidad Animales*, 13(1-3), 5-12.
31. Palomer, X., Pizarro-Delgado, J., Barroso, E., & Vázquez-Carrera, M. (2018). Palmitic and oleic acid: the yin and yang of fatty acids in type 2 diabetes mellitus. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 29(3), 178-190.
<https://doi.org/10.1016/j.tem.2017.11.009>
32. Pavičić, Ž. (2021). *Uljarice u hranidbi domaćih životinja*. Gospodarski list. Preuzeto 16.2.2021. s <https://gospodarski.hr/rubrike/ratarstvo-rubrike/uljarice-u-hranidbi-domacih-zivotinja/>
33. Pilorgé, E. (2020). Sunflower in the global vegetable oil system: situation, specificities and perspectives. *OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 27, 34. <https://doi.org/10.1051/ocl/2020028>
34. Pintiћ, V., Vukobratović, M., Pintiћ Pukey, M., Jelen, T., Marenčić, D. (2009). Postrni krmni međusjjevi u proizvodnji mesa i mlijeka, suncokret (*Helianthus*

annuus L.) i hibridni sirak (*Sorghum* sp.). *Krmiva*, 4, 199-206.

35. Puškadija, Z., Mijić, A., Florijančić, T., Ozimec, S., & Opačak, A. (2009). Influence of biotic and abiotic environmental conditions on sunflower (*Helianthus annuus* L.) grain yield. *Cereal Research Communications*, 37(Suppl 1), 105-108.
36. Puškadija, Z., Ozimec, S., Jelkić, D., Mijić, A., & Lužaić, R. (2010). Oprašivanje suncokreta (*Helianthus annuus* L.) medonosnom pčelom (*Apis mellifera carnica*) kao agrotehnička mjera. U B. Katalinić (ur.), *Zbornik radova 2. međunarodne konferencije „Vallis Aurea“* (str. 1205-1209). Veleučilište u Požegi, Danube Adria Association for Automation and Manufacturing, Beč.
37. Rosa, R., Zaniewicz-Bajkowska, A., Kosterna, E., & Franczuk, J. (2013). The secondary effect of sunflower (*Helianthus annuus* L.) catch crop in sweet corn (*Zea mays* L. var. *saccharata*) cultivation. *Folia Horticulturae*, 22(2), 15-23. <https://doi.org/10.2478/fhort-2013-0154>
38. Roche, J., Alignan, M., Bouniols, A., Cerny, M., Vear, F., Mouloungui, Z., & Merah, O. (2010). Sterol content in sunflower seeds (*Helianthus annuus* L.) as affected by genotypes and environmental conditions. *Food Chemistry*, 121, 990-995. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.036>
39. Todorović, J., Lazić, B., & Komljenović, I. (2003). *Ratarsko-povrtarski priručnik* (str. 340-350). Grafomark, Laktaši.
40. Vannozzi, G.P. (2006). The perspectives of use of high oleic sunflower for oleochemistry and energy raws. *Helia*, 29(44), 1-24. <https://doi.org/10.2298/HEL0644001V>
41. Varga, I., Barišić-Jaman, Ž., Tadić, V., Ravnjak, B., & Stošić, M. (2021). Agrotehnika i prinos sjemena suncokreta u ekološkoj proizvodnji. *Sjemenarstvo*, 32(2), 97-104. <https://doi.org/10.33128/s1.32.2.4>
42. VNIIMK (1985). *Katalog rajoniziranih sorti i hibrida suncokreta selekcije VNIIMK-a* [Brošura]. Urednički i izdavački odjel Odjela za izdavaštvo, tisak i knjižarstvo Izvršnog odbora Krasnodarske regije, Krasnodar.
43. Vratarić, M. (2004). Značaj suncokreta kao kulture i proizvodnja suncokreta u svijetu i u Republici Hrvatskoj. U M. Vratarić (ur.), *Suncokret Helianthus annuus* L. (str. 1-14). Poljoprivredni institut Osijek.
44. Vrebalov, T., Škorić, D. (1989). Površine, prinosi i privredni značaj suncokreta u svetu i našoj zemlji. U M. Stambolić (ur.), *Suncokret* (str. 7-15). Nolit Beograd.
45. Yin, F., Ga, E., Liu R., Yu, L., Lu, S., & Qi, Z. (2009). Effects of seeds of different oil plants on fatty acid in ruminal fluid, blood plasma and milk CLA of lactating cows. *Scientia Agricultura Sinica*, 42(3), 1039-1046. <https://doi.org/10.3864/j.issn.0578-1752.2009.03.036>
46. Zhang, R. H., Mustafa, A. F., & Zhao, X. (2006). Effects of feeding oilseeds rich in linoleic and linolenic fatty acids to lactating ewes on cheese yield and on fatty

acid composition of milk and cheese. *Animal Feed Science and Technology*, 127(3-4), 220-233. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.09.001>

47. Zvizdić, S. (1986). *Tvornica ulja – Zagreb 1916 - 1986*. “Spektar” Zagreb, Tvornica ulja Zagreb.

2. PODRIJETLO I BOTANIČKA KLASIFIKACIJA

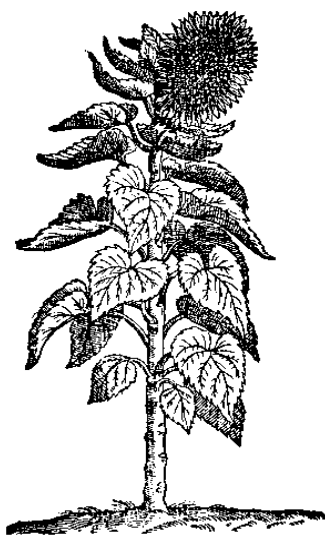
*Anto Mijić
Drena Gadžo*

2.1. PODRIJETLO SUNCOKRETA

Suncokret potječe iz Sjeverne Amerike, gdje se kao samonikla biljka javlja na širokim prostorima kontinenta, a teorija nekih znanstvenika o podrijetlu ove kulture iz Srednje Amerike nije do sada potvrđena (Marinković i sur., 2003). Arheološki nalazi upućuju da su ga sjevernoamerički Indijanci koristili 3.000 godina prije Krista na području Arizone i Novog Meksika (Putt, 1997) dok su iskopavanjima na jugoistoku SAD-a (Hayes, Teennessy) pronađene sjemenke suncokreta *Helianthus annuus* var. *macrocarpus* Ckll. koje datiraju iz 4.265 ± 60 B.P. (Crites, 1993). Whiting (1939) ističe da je suncokret možda udomaćen prije kukuruza (*Zea mays* L.). Indijanci su ga konzumirali u svježem stanju, mljeli i koristili kao brašno, za zaštitu od sunca, njegu kose, dobivanje boje te kao lijek ili ukras u obredima.

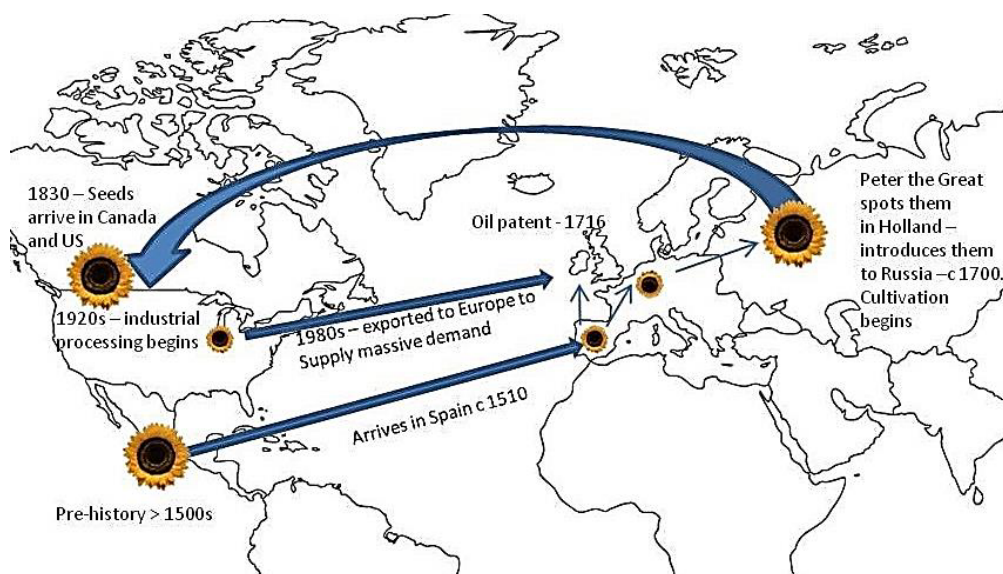
Početkom 16. stoljeća španjolski misionari su donijeli suncokret u Europu, a prvi put je posijan u botaničkom vrtu u Madridu. Prvi opis suncokreta napravio je 1568. godine flamanski botaničar Rembert Dodonaeus (Heiser, 1976). Radilo se o monoglavom suncokretu, a s obzirom da se pretpostavljalo da je porijeklom iz Perua, nazvao ga je *Chrysanthemum peruvianum* (Slika 2.1.). Bio je sličan suncokretu koji se i danas sije. U početku su u Europu dolazile uglavnom ukrasne, vrtne forme, a kasnije za hranu. Koristio se također u manjoj mjeri kao lijek. U Europi se suncokret brzo širio, prvo u Francuskoj i Italiji.

Iako postoje podaci da je prva ekstrakcija ulja iz sjemena suncokreta napravljena 1716. u Engleskoj (Slika 2.2.), ipak se može reći da se tek širenjem suncokreta krajem 18-og i početkom 19-og stoljeća u Rusiji



Slika 2.1. *Chrysanthemum peruvianum*

značajnije prepoznaje i kao uljna kultura. Razlog leži u činjenici da je suncokret bio jedna od rijetkih biljnih vrsta u tadašnjoj carskoj Rusiji koja nije bila zabranjena u vrijeme posta. Ruski seljaci su bili prvi oplemenjivači suncokreta, budući da su odabirali biljke kraće vegetacije, prilagođene domaćim ekološkim uvjetima (Pospišil, 2013).



Slika 2.2. Putovanje suncokreta

U drugoj polovini 19. stoljeća migranti iz Rusije šire suncokret u Kanadu, SAD i Argentinu. Uzgajali su populacije Ruski mamut i Ruski gigant, koje su koristili za ljudsku prehranu, proizvodnju silaže i hranidbu peradi. U Argentini je 1892. godine posijano 350 hektara suncokreta, a prva ekstrakcija ulja iz sjemena suncokreta u Kanadi veže se uz 1926. godinu (Jocić i sur., 2015).

Prvi službeni podaci o suncokretu u Africi govore da je 1924./1925. u Rodeziji (Zimbabve) posijano oko 2.400 ha. U Australiji prvi značajniji interes za suncokret javlja se početkom 20. stoljeća i to za primjenu suncokreta kao silaže, a kao uljni u velikoj mjeri postaje interesantan 1963. kada iz SSSR-a dolaze prve visokouljne sorte (Putt, 1997).

2.2. BOTANIČKA KLASIFIKACIJA SUNCOKRETA

Latinsko ime roda *Helianthus* potječe od grčke riječi helios (sunce) i anthos (cvijet), a ime vrste *annuus* znači jednogodišnji. Na engleskom se suncokret naziva *common sunflower*, njemačkom *Sonnenblume*, na ruskom *подсолнух* (*podsolnuh*), na francuskom *tournesol*, *heliotrope*, na talijanskom *girasole comune*, španjolskom

girasol, *mirasol*, slovenskom *sončnica* itd. Kulturni suncokret pripada porodici *Asteraceae*, rodu *Helianthus* i vrsti *Helianthus annuus* L.

Rod *Helianthus* obuhvaća jednogodišnje i višegodišnje cvjetnice. Osim tri južnoameričke vrste roda *Helianthus*, ostale vode porijeklo iz Sjeverne i Srednje Amerike. Uobičajeni nazivi "suncokret" i "obični suncokret" obično se odnose na jednogodišnju vrstu *Helianthus annuus* L., čije okrugle cvjetne glave u kombinaciji s jezičastim cvjetovima izgledaju poput sunca. Nekoliko višegodišnjih vrsta roda *Helianthus* uzgaja se u vrtovima, koje imaju tendenciju brzog širenja i mogu postati agresivne.

Porodica *Asteraceae* (*Compositae*) ili glavočika, s oko 23.600 vrsta raspodijeljenih u oko 1.620 rodova, jedna je od najvećih biljnih porodica (Stevens, 2001, cit. Panero i Crozier, 2012). Vrste ove porodice su rasprostranjene po cijelom svijetu osim na Antarktici te su posebno raznolike u tropskim i subtropskim područjima Sjeverne Amerike, Andama, istočnom Brazilu, južnoj Africi, Mediteranu, središnjoj Aziji i jugozapadnoj Kini. Većina vrsta su zeljaste biljke, dok je nešto manji dio drvenastih grmova prisutan u tropskim područjima. Mnoge vrste glavočika su ruderalne i posebno raširene u područjima pod čovjekovim utjecajem. Osim toga, značajan je broj endemičnih vrsta u tropskim planinskim područjima (Panero i Crozier, 2012).

U bazi podataka Flora Croatica Database, Nikolić (2010, cit. Salkić, 2010) je klasificirao porodicu *Asteraceae* na slijedeći način:

Carstvo: *Plantae*
Odjeljak: *Magnoliophyta*
Pododjeljak: *Magnoliophytina* (*Angiospermae*)
Razred: *Magnoliopsida*
Podrazred: *Asteridae*
Red: *Asterales*
Porodica: *Asteraceae*
Rod: *Helianthus*

Vencelović (1941, cit. Škorić i Atlagić, 1989) razlikuje dvije osnovne vrste suncokreta:

1. Divlji suncokret – *Helianthus annuus ruderalis* Wenzl. – karakterizira ga izražena granatost, sitne glave i sitno sjeme. Veličina centralne i bočnih glava nije ista. Nalazi se na području SAD-a i Meksika. Indijanci su ga koristili za hranidbu stoke. Sjeme mu se jako osipa, a iz njega je nastao kulturni suncokret.
2. Kulturni suncokret – *Helianthus annuus cultus* Wenzl. – odlikuje se obično jednom dobro razvijenom glavom, a ako ima više glava jedna od njih ima znatno veći promjer od drugih (1,5 do 3 puta). Sjeme je uglavnom krupno i manje se osipa nego kod divljeg suncokreta.

Kulturni suncokret ima dvije podvrste:

1. *Helianthus annuus cultus* ssp. *sativus* Wenzl. – obični suncokret
2. *Helianthus annuus cultus* ssp. *ornamentalis* Wenzl. – ukrasni suncokret.

2.2.1. PODJELA RODA *HELIANTHUS*

Rod *Helianthus* se odlikuje velikim polimorfizmom i obuhvaća više jednogodišnjih, dvogodišnjih i višegodišnjih vrsta (Gadžo i sur., 2011). Osnovni broj kromosoma je $n = 17$, a rod čini poliploidni kompleks koji se sastoji od diploidnih $2n = 2x = 34$, tetraploidnih $2n = 4x = 68$ i heksaploidnih $2n = 6x = 102$ vrsta (Jan, 1997).

Prema OECD (The Organisation for Economic Co-operation and Development, 2006), rod *Helianthus* se može podijeliti u četiri sekcije (Tablica 2.1.):

1. Sekcija *Helianthus*

Ova sekcija obuhvaća 12 vrsta, uključujući kultivirani suncokret *H. annuus*. Ove vrste su diploidne ($2n = 34$), jednogodišnje i mogu se međusobno križati. Nalaze se u srednjoj i zapadnoj Sjevernoj Americi i dobro su prilagođene sušnim područjima s pjeskovitim tlima. Široko rasprostranjena vrsta *H. annuus* L. (Heiser i sur., 1969) uključuje biljke koje se uzgajaju za sjeme ili stočnu hranu kao *H. annuus* var. *macrocarpus* (D.C), kao ukrasno bilje (*H. annuus* subsp. *annuus*) i kao nekultivirane divlje i korovne biljke (*H. annuus* subsp. *lenticularis*, *H. annuus* subsp. *Texanus*).

Listovi su obično naizmjenični, jajasti i s dugom peteljkom. Cvjetne glave sastoje se od cjevastih i jezičastih cvjetova koji mogu biti tamnoljubičasti, crveni ili žuti.

2. Sekcija *Agrestes*

Ova sekcija uključuje samo jednogodišnju vrstu *H. agrestis* ($2n = 34$) kod koje su listovi nasuprotni i lancetasti (Bonjean, 1993, cit. OECD, 2006), stabljika gola, a cvjetovi crvenkasti. U odnosu na druge vrste razlikuje se samokompatibilnošću (Heiser i sur., 1969).

3. Sekcija *Ciliares*

Sekciju *Ciliares* čine dvije serije:

Ciliares čine tri vrste s moćnim sekundarnim korijenom (adventivno korijenje). Listovi su obično nasuprotni, plavkaste boje, gotovo goli i s vrlo kratkim drškama. Sve vrste u ovoj seriji su diploidne, s iznimkom *H. ciliaris*, koja uključuje tetraploidne ($2n = 68$) i heksaploidne ($2n = 102$) populacije.

Pumili čine diploidne vrste ($2n = 34$) s nasuprotnim dlakavim listovima.

4. Sekcija *Atrorubens*

Ova sekcija uključuje trideset vrsta podijeljenih u četiri serije. Rasprostranjene su uglavnom u istočnim i središnjim djelovima SAD-a, osim *H. nuttallii* i *H. californicus* koje su nađene samo na zapadu SAD-a.

Corona-solis sadrži vrste s gomoljastim ili rizomnim korijenom. U nekim slučajevima, listovi su naizmjenični, veliki i brojni (*H. giganteus*, *H. grossesserratus*, *H. nuttallii* i dr.) ili nasuprotni, lancetasti s tri glavne žile (*H. divaricatus*, *H. mollis*). Sedam je diploidnih vrsta. *H. strumosus* i *H. decapetalus* mogu se naći u tetraploidnim i heksaploidnim oblicima. *H. hirsutus* je tetraploid. Šest vrsta su heksaploidne.

U ovu sekciju ubraja se i *H. tuberosus* L. (čičoka, jeruzalemska artičoka) koja pored *Helianthus annuus* L. ima i gospodarski značaj (Slika 2.3.). Korijen joj je vretenast, dobro razvijen i prodire duboko u tlo. Podzemne stabljike čičoke su gomolji jajolikog ili nepravilnog oblika s jasno izraženim okcima i žutom, crvenom ili bijelom bojom pokožice. Imaju blag, slatkast okus i koriste se svježi (okus nezrelog lješnjaka) ili kao kuhani ili pečeni, kada imaju okus artičoke. Nadzemna stabljika je jednogodišnja, poludrvenasta, uspravna, visine od jednog do pet metara. Listovi su jajasti, lancetasti ili srcoliki i na donjem dijelu stabljike nasuprotni, a na gornjem naizmjenično raspoređeni. Cvat je glava, koja se nalazi na vrhu stabljike, promjera 2 – 8 cm. Jezičasti, neplodni cvjetovi su žuti i raspoređeni po obodu glave, dok su cjevasti, plodni cvjetovi smeđe boje i smješteni u unutrašnjosti. Plod je ahenija (Gadžo i sur., 2017).



Slika 2.3. Čičoka (*Helianthus tuberosus* L.)

Jezičasti, neplodni cvjetovi su žuti i raspoređeni po obodu glave, dok su cjevasti, plodni cvjetovi smeđe boje i smješteni u unutrašnjosti. Plod je ahenija (Gadžo i sur., 2017).

Atrorubentes čine četiri višegodišnje vrste s jugozapada SAD-a. Obično su bez rizoma, s vlaknastim korijenjem i prolaze kroz vrlo izražen stadij rozete. Ove vrste su ranije bile uključene u seriju *Divaricati* u Heiserovoj klasifikaciji.

Microcephali uključuje četiri vrste koje imaju vlaknasto korijenje ili malo rizomno, te malu glavu. Stabljike su im prekrivene voskom, a listovi su uglavnom naizmjenični. *H. porteri* je jednogodišnja vrsta koja se može naći samo u SAD-u, u saveznoj državi Georgia.

Tablica 2.1. Klasifikacija roda *Helianthus* (Schilling i Heiser, 1981, cit. Seiler i Rieseberg, 1997)

Sekcija	Serije	Vrste	Ploidnost
<i>Helianthus</i>	-	<i>H. annuus</i> L.*	2n = 34
		<i>H. anomalus</i> Blake*	2n = 34
		<i>H. agrophyllus</i> T.&G.*	2n = 34
		<i>H. bolanderi</i> A. Gray*	2n = 34
		<i>H. debilis</i> Nutt.*	2n = 34
		<i>H. deserticola</i> Heiser*	2n = 34
		<i>H. exilis</i> A. Gray*	2n = 34
		<i>H. neglectus</i> Heiser*	2n = 34
		<i>H. niveus</i> (Benth.) Brandege*	2n = 34
		<i>H. paradoxus</i> Heiser*	2n = 34
		<i>H. petiolaris</i> Nutt.*	2n = 34
		<i>H. praecox</i> Engelm. & A. Gray*	2n = 34

Sekcija	Serijske	Vrste	Ploidnost
<i>Agrestes</i>	-	<i>H. agrestis</i> Pollard*	2n = 34
<i>Ciliares</i>	<i>Ciliares</i>	<i>H. arizonensis</i> R. Jackson	2n = 34
		<i>H. ciliaris</i> DC.	2n = 68,102
		<i>H. laciniatus</i> A. Gray	2n = 34
	<i>Pumili</i>	<i>H. cusickii</i> A. Gray	2n = 34
		<i>H. gracilentus</i> A. Gray	2n = 34
		<i>H. pumilus</i> Nutt.	2n = 34
<i>Atrorubens</i>	<i>Corona-solis</i>	<i>H. californicus</i> DC.	2n = 102
		<i>H. decapetalus</i> L.	2n = 68,102
		<i>H. divaricatus</i> L.	2n = 34
		<i>H. eggertii</i> Small	2n = 102
		<i>H. giganteus</i> L.	2n = 34
		<i>H. grosseserratus</i> Martens	2n = 34
		<i>H. hirsutus</i> Raf.	2n = 68
		<i>H. maximiliani</i> Schrader	2n = 34
		<i>H. mollis</i> Lam.	2n = 34
		<i>H. nuttallii</i> T.&G.	2n = 34
		<i>H. resinosus</i> Small	2n = 102
		<i>H. salicifolius</i> Dietr.	2n = 34
		<i>H. schweinitzii</i> T.&G.	2n = 102
		<i>H. strumosus</i> L.	2n = 68,102
		<i>H. tuberosus</i> L.	2n = 102
	<i>Microcephali</i>	<i>H. glaucophyllus</i> Smith	2n = 34
		<i>H. laevigatus</i> T.&G.	2n = 68
		<i>H. microcephalus</i> T.&G.	2n = 34
		<i>H. smithii</i> Heiser	2n = 68
	<i>Atrorubentes</i>	<i>H. atrorubens</i> L.	2n = 34
		<i>H. occidentalis</i> Riddell	2n = 34
		<i>H. pauciflorus</i> Nutt.	2n = 102
		<i>H. silphioides</i> Nutt.	2n = 34
	<i>Angustifolii</i>	<i>H. angustifolius</i> L.	2n = 34
		<i>H. carnosus</i> Small	2n = 34
		<i>H. floridanus</i> A. Gray ex Chapman	2n = 34
		<i>H. heterophyllus</i> Nutt.	2n = 34
		<i>H. longifolius</i> Pursh	2n = 34
		<i>H. radula</i> (Pursh) T.&G.	2n = 34
		<i>H. simulans</i> E.E. Wats.	2n = 34

* jednogodišnje vrste, ostale su višegodišnje

Angustifolii obuhvaća diploidne vrste smještene uglavnom u jugozapadnom dijelu SAD-a. Stabljika je dlakava, a listovi obično naizmjenični, kopljasti i s lisnom plojkom koja se može uvijati prema unutrašnjosti. Koriijen im je vlaknast, debeo ili s rizomima.

LITERATURA

1. Crites, G.D. (1993). Domesticated sunflower in fifth millennium B.P. temporal context: new evidence from middle Tennessee. *American Antiquity*, 58(1), 146-148. <https://doi.org/10.2307/281459>
2. Gadžo, D., Đikić, M., Jovović, Z., & Mijić, A. (2017). *Alternativni ratarski usjevi*. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu.
3. Gadžo, D., Đikić, M., & Mijić, A. (2011). *Industrijsko bilje* (str. 11-31). Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu.
4. Heiser, C.B. (1976). *The Sunflower*. The University of Oklahoma Press.
5. Heiser, C.B., Smith, D.M., Clevenger, S.B. & Martin, W.C. (1969). The North American sunflowers (*Helianthus*). *Memoirs of the Torrey Botanical Club*, 22(3), 1-218.
6. Jan, C.C. 1997. Cytology and interspecific hybridization. In A.A. Schneiter (ed.), *Sunflower Technology and Production* (pp. 497-558). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America.
7. Jocić, S., Miladinović, D., & Yalcin, K. (2015). Breeding and genetics of sunflower. In E. Martinez-Force, N.T. Dunford, & J.J. Salas (eds.), *Sunflower: chemistry, production, processing, and utilization* (pp. 1-25). AOCS Press. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-00069-7>
8. Marinković, R., Dozet, B., & Vasić, D. (2003). *Oplemenjivanje suncokreta: monografija* (str. 16-28). Školska knjiga doo, Novi Sad.
9. OECD (2006). Section 9 – Sunflower (*Helianthus annuus* L.). In *Safety assessment of transgenic organisms, Volume 1: OECD Consensus documents* (pp. 197-226). OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/9789264095380-12-en>
10. Panero, J.L., & Crozier, B.S. (2012). *Asteraceae. Sunflowers, daisies*. The Tree of Life Web Project. Preuzeto 4.11.2021. s <http://tolweb.org/Asteraceae/20780>
11. Pospišil, M. (2013). *Ratarstvo II dio – Industrijsko bilje* (str. 1-14). Zrinski d.d., Čakovec.
12. Putt, E.D. (1997). Sunflower Early History. In A.A. Schneiter (ed.), *Sunflower Technology and Production* (pp. 1-19). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America.
13. Salkić, B. (2010). *Najčešće korovne vrste glavočika (Asteraceae L.) kontinentalne Hrvatske* [Završni rad, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu]. Repozitorij Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
14. Seiler, G.J., & Rieseberg, L.H. (1997). Systematics, origin, and germplasm

- resources of the wild and domesticated sunflower. In A.A. Schneiter (ed.), *Sunflower Technology and Production* (pp. 21-65). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America.
15. Škorić, D. & Atlagić, J. (1989). Taksonomija, najvažnije osobine vrste roda *Helianthus* i poreklo kulturnog suncokreta. U S. Milošević (ur.), *Suncokret* (str. 17-30). Nolit, Beograd.
 16. Whiting, A. F. (1939). *Ethnobotany of the Hopi*. Museum of Northern Arizona Bulletin Series: No 15. Northern Arizona Society of Science & Art, 1st edition. Flagstaff: Northern Arizona Society of Science and Art.

3. MORFOLOŠKA SVOJSTVA SUNCOKRETA

*Anto Mijić
Drena Gadžo
Ivica Liović*

3.1. KORIJENOV SUSTAV

Kao i kod drugih biljnih vrsta, uloga korijena kod suncokreta je najviše vezana uz učvršćivanje biljke u tlu, upijanje vode s otopljenim mineralnim tvarima, provođenje vode i asimilata u stabljiku i pohranjivanje pričuvnih tvari. Isto tako, u korijenu se vrši sinteza mnogih tvari neophodnih za život biljke te počinju procesi prerade hranivih tvari usvojenih iz tla. Korijenov sustav također posreduje u ekološkim procesima u rizosferi putem izlučivanja organskih spojeva (Bowsher i sur., 2015). Apsorptivna sposobnost korijena vezana je uz opseg i razvoj korijenovog sustava, plodnost, vlagu, aeraciju i strukturu tla, pozicioniranje hraniva te eventualni utjecaj bolesti (Gotlin, 1963). Zahvaljujući razvijenom korijenu velike apsorptivne moći, suncokret je odličan usjev za bioremedijaciju tla onečišćenog teškim metalima, a posebno dobro usvaja Co, Cr, Zn, Pb i Cd (Milčić i sur., 2019).



Slika 3.1. Korijen suncokreta

Korijen suncokreta je vretenast i dobro razvijen (Slika 3.1.), razgranat i prodire duboko u tlo. Već pojavom kotiledona razvija oko 10 bočnih korjenčića. Ovo postrano korijenje u početku raste paralelno s površinom tla ili prodire pod malim kutom, a zatim se grana dajući gustu mrežu tankih korijenovih žila, naročito u gornjem sloju. Iako korijen suncokreta može prodirati duboko u tlo (i preko 3 m) ipak se glavna masa korijena nalazi na dubini do 40 cm (Čupina i Sakač, 1989). Rast korijena u širinu može biti i do 120 cm kod pojedinačnih, izoliranih biljaka. Ipak, suncokret raste i razvija se u sklopu s drugim biljkama, njihovo korijenje se

međusobno isprepliće, a rast korijena u širinu je znatno manji. Dubina prodiranja korijena je različita i ovisi o mnogo faktora (Pospíšil i Vratarić, 2004). U prvom redu, ovisi o tipu tla pa će tako u zbijenijim i težim tlima s nepropusnim horizontima, glavna

masa korijena biti u površinskom sloju. Ako se radi o lakšim i pjeskovitim tlima, obično će dubina korijena biti veća uz manje bočno grananje. Na plodnim i dobro strukturiranim tlima, dubina i razvijenost korijena je veća. Pravovremeno i kvalitetno provedeno jesensko oranje značajno će utjecati na povoljnu strukturu tla te time omogućiti dobro pozicioniranje korijena u tlu. Osim navedenog, vremenski uvjeti određuju dubinu prodiranja i masu korijena. Poznato je da suncokret dobro reagira na zalihe zimske vlage, ali i da velike količine oborina u proljeće nepovoljno utječu na formiranje jačeg korijenovog sustava (Gadžo i sur., 2011).

Temperatura tla ima značajan utjecaj na rast i razvoj korijena. Optimalne temperature za rast primarnog i bočnog korijena, gustoću grananja korijena te njegovu svježiu masu su 25 – 30 °C. Niže i više temperature usporavaju rast korijena (Seiler, 1998).

Ne treba zaboraviti niti izbor hibrida jer su istraživanja pokazala da neki hibridi formiraju jači, a neki slabiji korijenov sustav (Angadi i Entz, 2002).

Korijen najintenzivnije raste u razdoblju od pojave butona do cvatnje (Ćupina i Sakač, 1989). Korijen suncokreta raste tijekom cijele vegetacije, a maksimalnu dubinu dostiže u vrijeme nalijevanja zrna. U početku vegetacije raste znatno brže nego stabljika, tako da je u fazi 2 prava lista duži od stabljike 2,8 puta, u fazi 4 prava lista 2,9 puta, u cvatnji 1,2 puta, a zatim intenzivnije raste i u nalijevanju zrna kada je taj odnos 1,5 do 1,8 puta u korist korijena (Tablica 3.1.). U vrijeme formiranja glave korijen dnevno naraste i do 10 cm. Ukupna masa korijena na kraju vegetacije je od 10 do 13 % ukupne mase biljke (Gagro, 1998).

Tablica 3.1. Dinamika rasta korijenovog sustava i nadzemnog dijela biljke po fenološkim fazama (Stanačev, 1973, cit. Ćupina i Sakač, 1989)

Fenološka faza	Prosječna visina biljke (cm)	Dubina korijena (cm)		Porast korijena za 5 dana (cm)	Dužina korijena / visina biljke
		Srednja	Maksimalna		
Kotiledone	5	14	15	8,5	2,7
2 prava lista	7	20	21	6	2,8
4 prava lista	9	26	28	6	2,9
12 pravih listova	28	51	58	7	1,8
Pojava glave	70	100	122	25	1,4
Puna cvatnja	138	167	246	17	1,2
Početak zriobe	143	225	280	0	1,9
Zrioba	145	190	265	Odumiranje	1,8

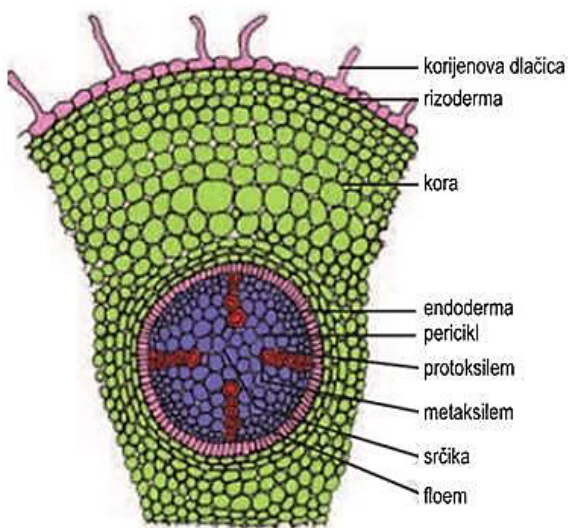
Zbog moćnog i razvijenog korijenovog sustava suncokret je tolerantan prema suši. Budući da je posljednjih desetljeća rad na oplemenjivanju suncokreta značajno doprinio povećanju prinosa, otpornosti na štetočine, poboljšanom sastavu masnih kiselina, izazov za oplemenjivače je poboljšanje građe korijena koji u periodu klimatskih promjena treba imati veću otpornost na stresne uvjete proizvodnje (Slika 3.2.).



Slika 3.2. Usjev suncokreta nakon olujnog nevremena praćenog ledotučom

3.1.1. GRAĐA KORIJENA

Filogenetski, korijen se smatra primitivnijim od stabljike, ali anatomska građa u primarnoj fazi rasta ukazuje na tri jednaka tkiva kao i kod stabljike: rizodermu (epidermu), koru i centralni cilindar (Slika 3.3.).



Slika 3.3. Poprečni presjek korijena dikotiledonih biljaka u koje se ubraja i suncokret

Rizoderma obavija korijen izvana. Sastoji se od jednog sloja gusto poredanih stanica od kojih se mogu razviti korijenove dlačice. Nema kutikule niti puči i to je razlikuje od epiderme koja prekriva druge biljne organe. Vanjske su stijenke tanke što omogućava ulaženje vode i otopljenih mineralnih tvari iz tla, što je glavna funkcija primarnog korijena. Korijenove dlačice obično odumiru na starijim dijelovima korijena, ali neke mogu ostati i tada postaju kutinizirane.

Tijekom vremena rizoderma odumire, a zamjenjuje ju egzoderma (prvi dio primarne

kore) koja preuzima ulogu zaštitnog sloja. Središnji dio primarne kore je mezoderma koju čine parenhimske stanice između kojih su intercelularni prostori s dosta škrobnih zrnaca. Endoderma čini unutarnji sloj primarne kore, a uloga joj je provođenje vode i mineralnih tvari u horizontalnom smjeru od korijenovih dlačica do ksilema žile.

Odmah ispod endoderme nalazi se sloj međusobno gusto zbijenih, parenhimskih stanica nepravilnog oblika i tankih staničnih stijenki koji se naziva pericikl. Obično je jednoslojan i obavlja radijalnu žilu koja se nalazi u središnjem dijelu centralnog cilindra, a čine ga zrakasto postavljeni elementi ksilema i floema. Ksilem tvori čvrstu jezgru s izbočinama poput grebena, koja se proteže prema periciklu, između kojih je smješten floem. Takav raspored ksilema i floema se naziva tetraarhni (tetraarhna žila) (Seiler, 1997). Središnji dio centralnog cilindra ispunjavaju parenhimske stanice zadebljanih i ligniziranih staničnih stijenki koje imaju ulogu mehaničkog tkiva.

3.1.1.1. Sekundarna građa korijena

Sekundarni rast podrazumijeva širenje korijena, sekundarni razvoj provodnog tkiva, ljuštenje kore i zamjenu kore plutastim tkivom, odnosno peridermom. Provodno tkivo (s ksilemom iznutra i floemom izvana) razvija se iz kambija, odnosno iniciraju ga prokambijalne stanice između primarnog floema i primarnog ksilema. Kambij korijena ima iste funkcije kao i kambij stabljike (Esau, 1977). Kora ne podliježe povećanju opsega, već puca i ljušti se s rizodermom i s vremenom odumire i otpada.

Stanice koje pluteni kambij stvara prema van tvore sekundarno kožno tkivo pluto ili felem, a prema unutra tkivo slično osnovnom tkivu primarne kore, felodermu. Stanice felema odumiru u zriobi, a prekrivene su izvana suberinom. Felem, felogen i feloderma čine peridermu.

3.2. NADZEMNI DIO BILJKE

3.2.1. STABLJICA

Stabljika se razvija iz vegetacijskog vrha i predstavlja oslonac za ostale dijelove biljke kao što su listovi, cvjetovi i dr., a služi prijenosu vode i hranjivih tvari između korijena i nadzemnih dijelova biljke, u njoj se skladište hranjive tvari i izgrađuje novo, živo biljno tkivo. Razvija se iz klicinog pupoljka (*plumula*). Suncokret ima jaku stabljiku koja je na površini hrapava i prekrivena izraslinama, koje mogu biti krupne i zašiljene ili sitne (četkaste). U početku vegetacije stabljika je tanka, sočna i dosta nježna, a starenjem odeblja, ogrubi i odrveni.

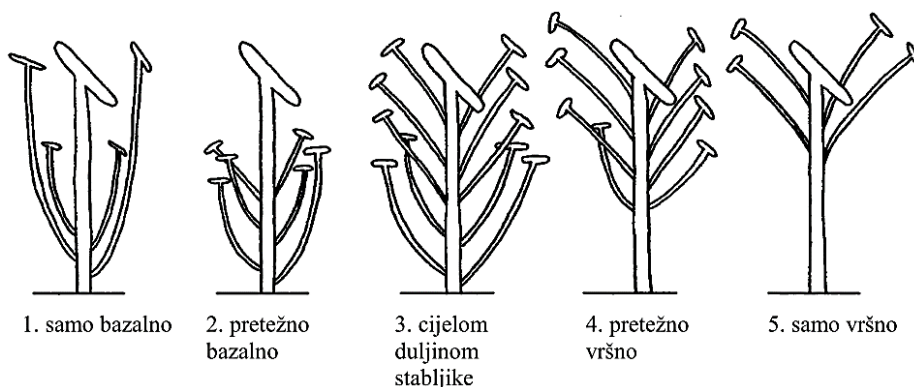
Kultivirani suncokret ima uspravnu i nerazgranatu stabljiku (Pospíšil, 2013) koja je ispunjena parenhimom i na poprečnom presjeku je okrugla. Iznimno, oštećenjem ili uništenjem vršnog dijela stabljike (glave) dolazi do grananja i ta se pojava naziva apikalna dominacija. Visina i debljina stabljike uvjetovana je genotipom, ali i čimbenicima okoline. Tako će u kasnijim rokovima sjetve stabljike obično biti kraće nego u ranijim, u uvjetima nedostatka vlage u tlu i zraku te visoke insolacije dolazi do skraćivanja stabljike, hibridi kraće vegetacije su niži, a stabljike u pregustom sklopu su više. Visina komercijalnih kultivara suncokreta u svijetu varira od 50 do 500 cm, s promjerom stabljike od 1 do 10 cm (Seiler, 1997), a u agroekološkim uvjetima Hrvatske i s postojećim sortimentom, visina je obično od 160 do 220 cm, s debljinom stabljike u donjem dijelu od 3 do 6 cm, a u gornjem od 2 do 3 cm. Pojedini kultivari

moгу biti visoki i preko 3 m (Slika 3.4.). Visina stabljike je od velikog značaja pri stvaranju novih hibrida suncokreta. Tako Krizmanić i sur. (2008) ističu da hibridi suncokreta s visokom i snažnom stabljikom nisu prikladni za područja visoke rodnosti, povoljne vlage i dobrog gospodarenja jer razvijaju veliku zelenu masu, što za posljedicu može imati polijeganje usjeva te manji prinos zrna i ulja. Iznimku čine hibridi koji se ciljano siju za proizvodnju stočne hrane kod kojih je poželjna viša stabljika i veća količina zelene mase.



Slika 3.4. Dr. sc. Miroslav Krizmanić, oplemenjivač suncokreta Poljoprivrednog instituta Osijek, na lokalitetu Petrijevcu (blizu Osijeka). Visina suncokreta je preko 3 m.

Kod divljih i ukrasnih formi stabljika je uglavnom niža i razgranata. Isto tako, stabljika je razgranata i kod restorer linija koje predstavljaju očinsku komponentu u proizvodnji hibrida (Liović i sur., 2006). Ove linije posjeduju recesivne gene za grananje, a upravo granatost omogućava restorer linijama dužu polinaciju, a time i



Slika 3.5. Tipovi grananja stabljike suncokreta

bolju oplodnju majčinske komponente suncokreta, što povećava uspjeh sjemenske proizvodnje F_1 generacije i čini ju znatno sigurnijom. Postoji pet tipova grananja stabljike kod restorer linija suncokreta (Slika 3.5.). Visina ovih linija suncokreta je u širokom rasponu, od najnižih oko 30 cm do najviših preko 300 cm. Različiti tipovi restorer linija suncokreta iz oplemenjivačkog programa Poljoprivrednog instituta Osijek prikazani su na Slici 3.6.



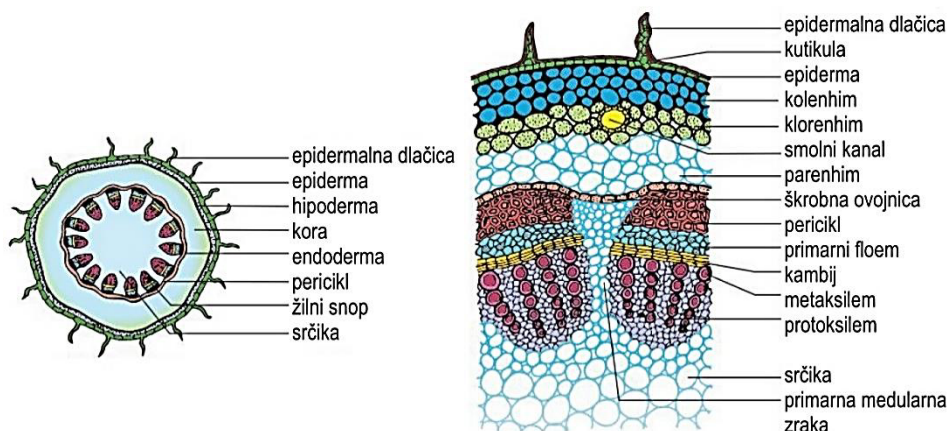
Slika 3.6. Različiti tipovi grananja restorer linija suncokreta iz oplemenjivačkog programa Poljoprivrednog instituta Osijek

3.2.1.1. Građa stabljike

Na poprečnom presjeku stabljike suncokreta razlikujemo: epidermu, koru i centralni cilindar (Slika 3.7.).

Epiderma je vanjski sloj stabljike i čini ju sloj produljenih stanica, kompaktno raspoređenih, bez međustaničnih prostora. Vanjski sloj epiderme je kutikula koju čini voštana tvar kutin. U kutikuli su smještene stome ili puči, koje imaju značajnu ulogu

u transpiraciji. Epidermalne stanice su žive stanice bez klorofila. Na epidermi se javlja veliki broj epidermalnih dlačica. Općenito, uloga epiderme je zaštitna.



Slika 3.7. Poprečni presjek stabljike suncokreta

Kora se nalazi ispod epiderme, a čine ju hipoderma i endoderma. Hipodermu čini nekoliko slojeva stanica kolenhima koje daju stabljici mehaničku čvrstoću, nekoliko slojeva stanica klorenhima koje obavljaju fotosintezu i nekoliko slojeva stanica parenhima u kojima se pohranjuju hranjive tvari. Unutar klorenhima se nalaze kanali smole. Unutarnji sloj kore naziva se endoderma, a stanice ovog sloja su bačvastog oblika i kompaktno raspoređene, bez međustaničnih prostora. Budući da je u stanicama obilje škrobnih zrnaca, ovaj sloj je također poznat kao škrobni ovoj i morfološki je jednak endodermi koja se nalazi u korijenu.

Centralni cilindar čini središnji dio stabljike, a sastoji se od pericikla, provodnih snopića koji su prstenasto raspoređeni i srčike.

Pericikl čine slojevi stanica koji se nalaze između endoderme i provodnih snopića. U svakom provodnom snopiću postoji nekoliko slojeva stanica sklerenhima koje su u nakupinama izvan floema. Ovaj dio stanica sklerenhima naziva se kapica snopa. Kapice snopa i stanice parenhima između njih čine pericikl.

Provodni snopovi se sastoje od ksilema, floema i kambija. Ksilem i floem su zajedno u stabljici i tvore provodni cilindar. Ovi provodni snopovi su klinastog oblika i raspoređeni u obliku prstena, a svaki provodni snop je spojen i otvoren. Floem se sastoji od sitastih cijevi, stanica pratilica, stanica likovnica i floemskog parenhima, a uloga mu je prijenos organskih tvari od listova u druge dijelove biljke. Ksilem se sastoji od traheida, traheja i stanica drvenčica koje čine mrtvi dio, dok su parenhimske stanice i parenhimske zrake srčike živi dio ksilema. Ksilem provodi vodu i minerale od korijena do ostalih dijelova biljke. Kambij čine meristematske stanice tankih stijenki koje su sposobne stvarati nove stanice tijekom sekundarnog rasta.

Središnji dio stabljike naziva se srčika. Sastoji se od stanica parenhima s

međustaničnim prostorima koje služe za skladištenje hranjivih tvari.

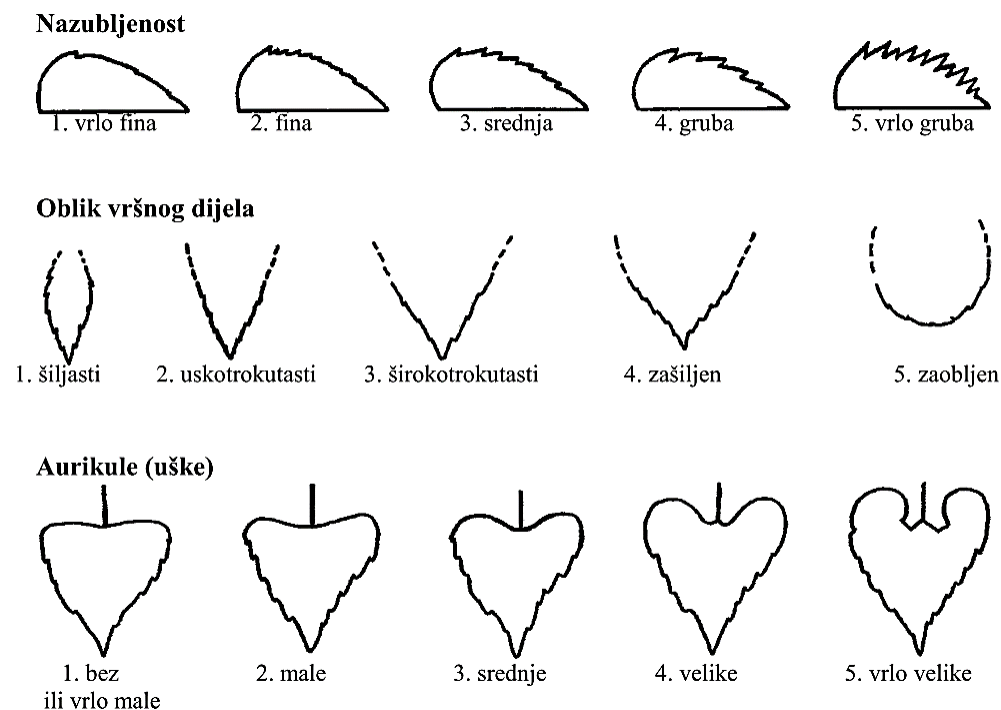
3.2.2. LIST

Kao i kod drugih biljnih vrsta, uloga lista suncokreta prvenstveno se ogleda kroz asimilaciju, transpiraciju i disanje. List suncokreta je jednostavne građe, a sastoji se od peteljke i plojke. Peteljka je duga i debela, relativno gruba i dlakava, a na poprečnom presjeku okrugla. Plojka je krupna, srcolika, na kraju zašiljena, a može biti po obodu blago nazubljena (Rapčan, 2014). Peteljka je dužine i do 45 cm, a plojka je tanka, dužine od 10 do 40 cm, obično nazubljena. Žile koje prolaze kroz plojku su deblje i s naličja lista izdignute. Veličina plojke ovisi o položaju lista na stabljici, dužini vegetacije, tipu suncokreta te uvjetima uzgoja.

Prvih dva do šest listova su nasuprotno postavljeni na stabljici dok su ostali poredani naizmjenično.

Veličina i oblik listova zavisi od njihovog položaja na stabljici. Donji i vršni listovi su sitniji, uži i više zašiljeni, dok su listovi u središnjem dijelu stabljike krupniji, manje zašiljeni i ovalni (Ritz, 1970). Kao i stabljika, listovi su obrasli dlačicama.

Različita nazubljenost, oblik vršnog dijela i aurikule lista suncokreta prikazani su na Slici 3.8.



Slika 3.8. Nazubljenost, oblik vršnog dijela i aurikule lista suncokreta

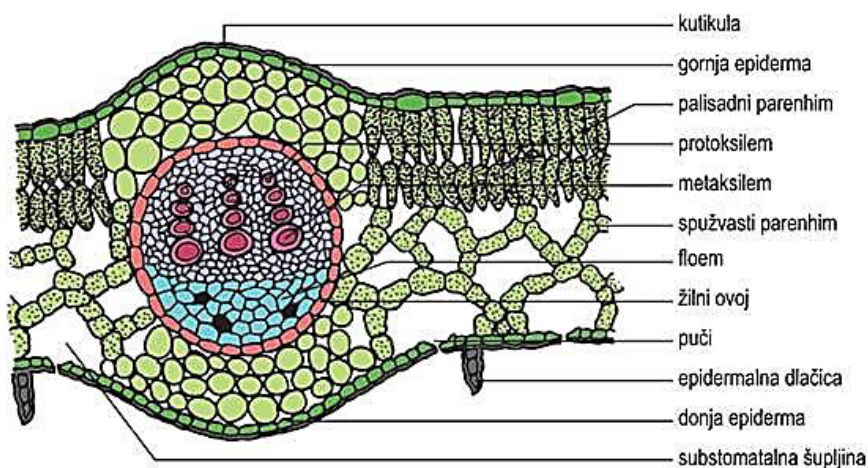
Broj listova na biljci je od 20 do 32, a zavisi o tipu suncokreta, hibridu, agroekološkim uvjetima proizvodnje itd. Sazrijevanjem biljke, listovi se suše i otpadaju.

Listovi su u početnim fazama rasta nježni, mekani i elastični, a pri kraju zriobe ogrubljuju i postaju krhki te se broj listova smanjuje, kako zbog bolesti tako i zbog prirodnog tijeka vegetacije.

Važnost asimilacijske površine se vidi kroz pozitivnu korelaciju s prinosom zrna (Hladni i sur., 2010) i kod današnjih uljnih hibrida iznosi od 30.000 do 40.000 m²/ha. Najznačajniji su listovi u sredini stabljike jer im je asimilacijska površina najveća, a nešto manje značajni su donji i vršni listovi koji imaju manju asimilacijsku površinu. Glavna zadaća donjih listova je formiranje nadzemnog dijela biljke i korijena. Upravo zbog važnosti asimilacijske površine u rastu i razvoju suncokreta nastoji se izborom hibrida, ali i primijenjenim agrotehničkim mjerama osigurati što duže trajanje lisne površine (*Leaf Area Duration*, LAD).

3.2.2.1. Građa lista

Na poprečnom presjeku lista suncokreta razlikuje se epiderma, mezofil i provodna tkiva (Slika 3.9.). List je dorziventralan, odnosno razlikuju se gornja i donja strana lista na kojima se nalaze gornja i donja epiderma. Epiderma se sastoji od jednog sloja pločastih stanica između kojih nema međustaničnih prostora. Kutikula na gornjoj epidermi je deblja.



Slika 3.9. Poprečni presjek lista suncokreta

Puči je više na donjoj nego na gornjoj epidermi. Stanice zapornice su bubrežastog oblika, a okružuju ih stanice epiderme donekle različite od uobičajenih epidermalnih stanica. Nazivaju se stanice susjednice ili stanice pratilice. Ispod puči se nalaze tzv. substomatalne šupljine. Stanice zapornice sadrže kloroplaste, dok ih druge epidermalne stanice ne sadrže. Glavna funkcija epiderme je zaštita unutarnjeg tkiva.

Tkivo između gornje i donje epiderme naziva se mezofil, a dijeli se na palisadni i spužvasti parenhim. Stanice palisadnog parenhima su okomito izdužene, cilindrične, u jednom ili više slojeva. Zbijeno su raspoređene, bez međustaničnih prostora, a funkcija im je primarno vezana uz fotosintezu. Spužvasti parenhim sadrži stanice nepravilnog oblika s brojnim zračnim prostorima koji omogućavaju lakšu izmjenu plinova. Zračni prostor koji se nalazi uz puči naziva se respiratorna šupljina ili substomatalna šupljina.

Provodna tkiva čine spojeni, kolateralni i zatvoreni snopovi. Ksilem je okrenut prema gornjoj epidermi, a floem prema donjoj. Provodni snopovi okruženi su kompaktnim slojem mehaničkog tkiva.

Ksilem čine protoksilemski i metaksilemski elementi, a floem sitaste cijevi, stanice pratilice i floemski parenhim. Nema floemskih vlakana.

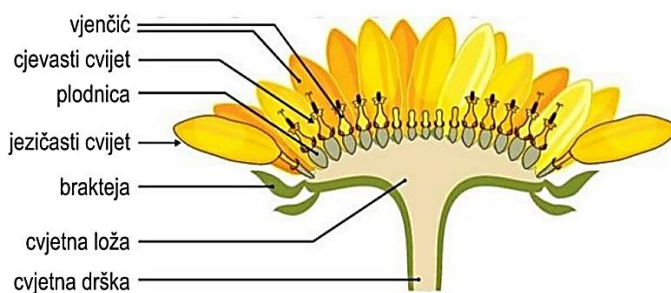
3.2.3. CVAT I CVJETOVI

Botanički, suncokret formira cvat glavu (*capitulum*) koja se sastoji od osnove ili lože cvati, koju od početka njenog rasta obavijaju sitni trokutasti zeleni listići, a na osnovu veličine tj. dužine, širine i oblika listića, osobito vrha listića, mogu se razlikovati pojedini genotipovi.

U cvati suncokreta se nalaze dva tipa cvjetova i to jezičasti (neplodni) cvjetovi i cjevasti (plodni) cvjetovi.

Jezičasti cvjetovi se nalaze na obodu glave u dva do tri reda, žute su boje i funkcija im je da bojom i mirisom privuku kukce radi oprašivanja. Imaju jako razvijenu krunicu koja se sastoji od pet kruničnih listova koji su međusobno srasli po 4 šava, podsjećaju na jezičac pa im otuda naziv.

Cjevasti cvjetovi su raspoređeni u koncentričnim krugovima, ispunjavaju unutrašnjost glave i izgledaju poput pčelinjeg saća (Slika 3.10.). Cvijet se sastoji od pricvjetnog lista (*bractea*) koji na vrhu završava s 1 do 3 zupčasta izraštaja. Pricvjetni list poslije oplodnje očvršne i sprječava osipanje sjemena. Čašku (*calyx*) čine dva reducirana listića, lapa (*sepalum*) u obliku roščića, koji nakon oplodnje otpadnu. Latice (*petalum*) su na vrhu nazubljene i srasle u vjenčić (*corolla*).



Slika 3.10. Cvat suncokreta

Na donjem dijelu vjenčića nalaze se nektariji u obliku prstena koji izlučuju nektar. Unutar vjenčića je pet prašnika (*stamen*). Prašničke niti (*filamentum*) su slobodne, a prašnice (*anthere*) su srasle u prsten koji okružuje vrat tučka iznad vjenčića. Polenova zrnca (*pollen*) su okrugla, s bodljama na površini, žuto narančaste boje, promjera oko 40 mikrona. Tučak (*pistillum*) se sastoji od plodnice (*ovarium*), vrata (*stylus*) i dvodijelne njuške (*stigma*) (Slika 3.11.).

Sjemeni zametak (*ovulum*) sastoji se iz subepidermalnog sloja, citoplazme, jajne stanice, sekundarne jezgre, sinergide i antipode. Latice i prašnici su smješteni na vrhu plodnice.



Slika 3.11. Jezičasti i cjevasti cvijet suncokreta

U jednom cvijetu suncokreta nalaze se i ženski i muški spolni organi i ta se pojava naziva hermafroditizam, ali oni sazrijevaju u različito vrijeme i to najčešće muški spolni organi sazrijevaju prvi (protandrija) (Kolpak, 1997).

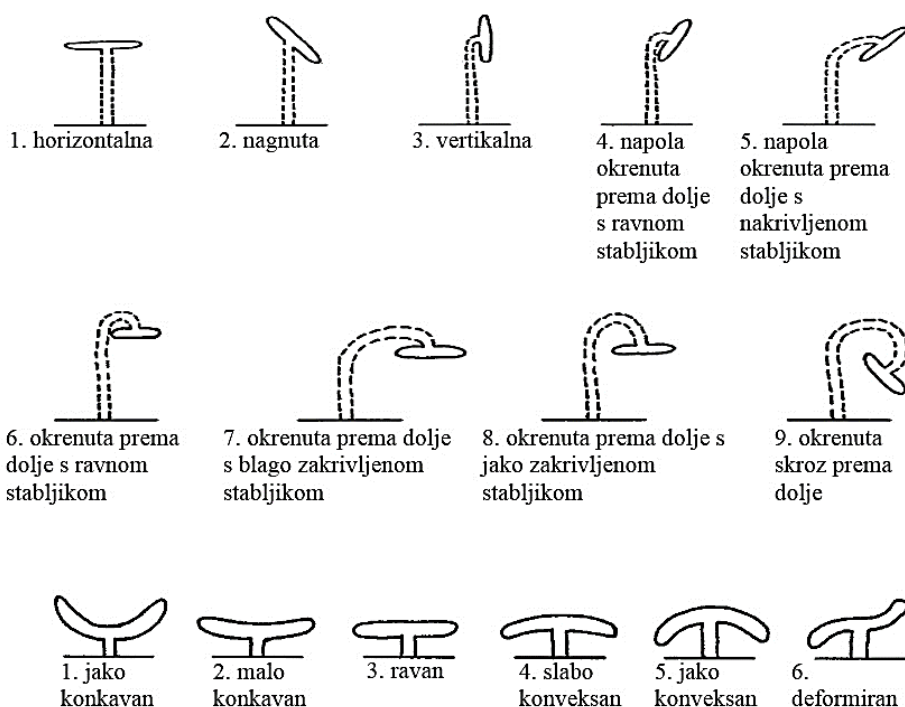
Broj cjevastih cvjetova kreće se od nekoliko stotina pa do nekoliko tisuća. Tako kod sorte Gigant VNIIMK iznosi oko 8.000 (Rosić i Bajić, 1989). Ipak se može reći da je kod komercijalnih hibrida suncokreta najčešće od 600 do 1.500 cvjetova.

Kada je riječ o hibridima suncokreta, razvija se uglavnom jedna glava po biljci promjera 15 – 25 cm, dok se kod linija suncokreta u majčinskoj komponenti također razvija jedna glava promjera 13 – 20 cm, a u očinskoj više glava promjera 5 – 15 cm.

3.2.3.1. Položaj glave

Poznato je da je suncokret biljka koja je u većoj ili manjoj mjeri osjetljiva na napad različitih uzročnika bolesti, koji u pojedinim godinama i u pojedinim područjima, znatno umanjuju prinose zrna i ulja. Neophodan preduvjet za razvoj većine bolesti je i prisustvo vode (vlage), a veliku ulogu pri tome ima položaj i oblik glave (Slika 3.12.).

Po obliku strane glave gdje se nalazi zrno, glava može biti konveksna i konkavna. Konveksan (ispupčen) oblik glave je povoljniji zbog boljeg rasporeda cvjetova unutar nje, uspješnije oplodnje i nemogućnosti zadržavanja vode u njoj.



Slika 3.12. Položaj glave u odnosu na stabljiku i oblik strane glave gdje je zrno

U agroekološkim uvjetima Hrvatske kao najpoželjniji položaj glave mogao bi se smatrati onaj kada je glava napola okrenuta prema dolje s ravnom stabljikom (položaj 4). Konkavan oblik glave suncokreta omogućava zadržavanje vode, a time i bitnu pretpostavku za intenzivniji napad bolesti, u prvom redu sive plijesni suncokreta (uzročnik *Botrytis cinerea* Pers. Fr.) i bijele truleži na glavi (uzročnik *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary).

3.2.3.2. Biologija cvatnje

Cvatnja suncokreta počinje nakon završetka faze intenzivnog porasta i razvijenih 9 – 10 parova listova, a obično traje desetak dana (Slika 3.13.). Najprije cvjetaju jezičasti (neplodni) cvjetovi, a nakon njih cjevasti (plodni). Plodni cvjetovi suncokreta otvaraju se po zonama, kružno od periferije prema centru glave. Svaka zona obično sadrži 2 – 4 reda cvjetova koji se otvaraju tijekom jednog dana. Sam postupak počinje otvaranjem cvjetova u ranim jutarnjim satima pucanjem opne koja štiti prašnike. Nakon 30-tak minuta otvaraju se antere i polen se počinje širiti. Istog dana, predveče, kod istih cvjetova iznad prašnika izrasta tučak čija se njuška nakon sat do dva dijeli u dva dijela i tada je cvijet spreman za oprašivanje (Todorović i sur., 2003).

Najpogodnija temperatura za klijanje polena je 20 – 25 °C, uz što veću vlagu zraka. U uvjetima visokih temperatura (iznad 30 °C) i niske relativne vlage zraka, vrijeme cvatnje se znatno skraćuje, što za posljedicu ima manje uspješnu cvatnju. Pošto je

suncokret izrazito stranooplodna biljka, glavni oprašivači su kukci (pčele i bumbari), a manje vjetar. Intenzivne oborine tijekom cvatnje, ali i pojava jačih vjetrova, onemogućava let kukaca, a time umanjuje i uspješnost oprašivanja. Prema tome, ekološki faktori imaju veliki utjecaj na visinu prinosa zrna i ulja.

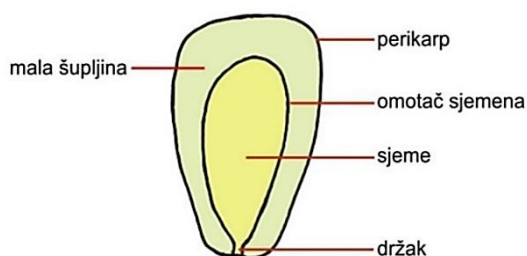


Slika 3.13. Suncokret u cvatnji

Zahvaljujući biljnom hormonu auksinu, koji se nalazi na strani stabljike suprotno Suncu, suncokret se okreće tijekom dana prema Suncu (prateći ga od istoka prema zapadu), a tijekom noći se vraća u prvobitan položaj (Shell i Lang, 1976). Ova pojava je poznata pod imenom heliotropizam, svojstvena je mladim biljkama, a prestaje kada biljke završe cvatnju.

3.2.4. PLOD

Plod suncokreta je roška (*ahenija*) s papusom od dvije do četiri ljuskice koje rano otpadnu. Jajolikog je ili klinastog oblika (Slika 3.14.). Boja sjemene lupine može biti crna, crna s bijelim prugama, siva ili bijela (Slika 3.15.). Sjemeni lupina se sastoji od epiderme, plutastog i sklerenhimskog tkiva.

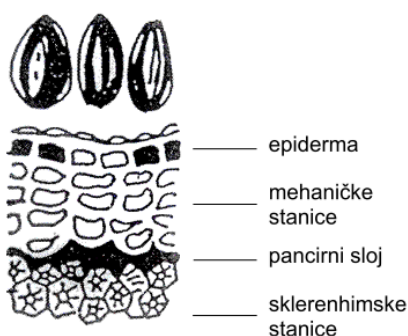


Slika 3.14. Građa ploda suncokreta

Između plutastog i sklerenhimskog tkiva postoji tzv. pancirni sloj crne boje (Slika 3.16.), s velikim udjelom ugljika, koji ima zaštitnu ulogu od suncokretovog moljca i mehaničkih oštećenja. Selekcija hibrida s pancirnim slojem je najefikasnija zaštita od moljca, jednog od najopasnijih štetnika koji napada suncokret.



Slika 3.15. Različite boje i oblici sjemenki suncokreta



Slika 3.16. Poprečni presjek ljuske suncokreta

Sjemena lupina ploda je slobodna od unutrašnjeg perikarpa. Ima visoki energetska potencijal i kao takva vrlo je vrijedna sirovina za proizvodnju energije u usporedbi s nekim drugim poljoprivrednim sirovinama (Matin i sur., 2019). Prema Gagro (1998) 2,5 kg sjemene lupine može zamijeniti 1 kg mazuta. Stoga se u prerađbenim pogonima, gdje ostaje dosta sjemene lupine, ona može koristiti za loženje umjesto mazuta i time riješiti odvoz sjemene lupine i

zamijeniti skupi mazut.

Krupnoća i masa sjemena obično opada od rubnih prema centralnim zonama. Kod konkavnih glava centralna zona sadrži uglavnom neispunjene „štur“ sjemenke, dok kod konveksnih glava centralna zona sadrži male, ali uglavnom ispunjene sjemenke.

U sjemenu komercijalnih uljnih hibrida, koji se uglavnom danas siju, nalazi se u prosjeku od 45 do 55 % ulja. Bjelančevine su zastupljene s oko 15 – 25 % od ukupne mase sjemena i u obrnutom su odnosu sa sadržajem ulja. Celuloznih tvari ima od 12 do 30 % od ukupne mase ploda, a njihova količina zavisi od krupnoće ploda i debljine ljuske.

Postoje i proteinski ili konzumni hibridi suncokreta gdje udio bjelančevina varira od 13 do 28 % (Jovanović i Stanojević, 1996). Zrno proteinskih hibrida je uglavnom

krupnije, sivo-crne boje s prugama, za razliku od uljnog suncokreta koji je sitniji i obično crne boje. Prednost korištenja bjelančevina iz sjemena suncokreta u odnosu na bjelančevine iz sjemena soje je da se oni ne moraju obrađivati posebnim postupkom nego se mogu koristiti izravno u pripremanju raznih jela i slastica. Isto tako, treba naglasiti da je energetska vrijednost jezgre velika (100 grama ima 500 energetskih jedinica).

LITERATURA

1. Angadi, S.V., & Entz, M.H. (2002). Root system and water use patterns of different height sunflower cultivars. *Agronomy Journal*, 94(1), 136-145. <https://doi.org/10.2134/agronj2002.1360>
2. Bowsher, A.W., Rifhat, A., Harding, S.A., Tsai, Ch. J., & Donovan, L.A. (2015). Analysis of wild sunflower (*Helianthus annuus* L.) root exudates using gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 178(5), 776–786. <https://doi.org/10.1002/jpln.201400521>
3. Čupina, T., & Sakač, Z. (1989). Morfologija, anatomija, biologija cvjetanja i oplodnja suncokreta. U S. Milošević (ur.), *Suncokret* (str. 55-74). Nolit, Beograd.
4. Esau, K. (1977). *Anatomy of seed plants* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc., New York.
5. Gadžo, D., Đikić, M., & Mijić, A. (2011). *Industrijsko bilje* (str. 11-31). Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu.
6. Gagro, M. (1998). *Ratarstvo obiteljskog gospodarstva. Industrijsko i krmno bilje* (str. 24-39). Hrvatsko agronomsko društvo.
7. Gotlin, J. (1963). Uloga i značaj korijenova sistema u agrotehnici kukuruza. *Agronomski glasnik*, 13(4-5), 284-293.
8. Hladni, N., Jocić, S., Miklič, V., Mijić, A., Saftić-Panković, D., & Škorić, D. (2010). Effect of morphological and physiological traits on seed yield and oil content in sunflower. *Helia*, 33(53), 101-116. <https://doi.org/10.2298/hel1053101h>
9. Jovanović D., & Stanojević D. (1996). Oplemenjivanje suncokreta na povećani sadržaj proteina u semenu. U Savet tehnologa (ur.) *Zbornik radova 37. savetovanja "Proizvodnja i prerada uljarica" sa međunarodnim učešćem* (str. 223-241). Tehnološki fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, „Industrijsko bilje” doo Novi Sad.
10. Kolak, I. (1997). *Pojmovnik sjemenarstva*. Hrvatsko agronomsko društvo i Gening d.o.o. Zagreb.
11. Krizmanić, M., Mijić, A., Cupić, T., Duvnjak, V., & Puškadija, Z. (2008). Biplot

- analysis of sunflower plant height on different soils and precipitations. *Cereal Research Communications*, 36(Suppl.), 1331-1334.
12. Liović, I., Popović, R., Krizmanić, M., Bilandžić, M., Ivanišić, I., Mijić, A., Šimić, B., & Krizmanić, G. (2006). Utjecaj zakidanja bočnih grana restorer linija suncokreta na urod i kakvoću sjemena. *Sjemenarstvo*, 23(4), 317-328. <https://hrcak.srce.hr/file/6974>
 13. Matin, A., Majdak, T., Krička, T., & Grubor, M. (2019). Valorization of sunflower husk after seeds convection drying for solid fuel production. *Journal of Central European Agriculture*, 20(1), 389-401. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/20.1.2018>
 14. Milčić, N., Findrik Blažević, Z., & Vuković Domanovac, M. (2019). Fitoremedijacija – pregled stanja i perspektiva. *Kemija u industriji*, 68(9-10), 447-456. <https://doi.org/10.15255/KUI.2019.033>
 15. Pospišil, M. (2013). *Ratarstvo II dio - Industrijsko bilje* (str. 3-45). Zrinski d.d., Čakovec.
 16. Pospišil, M., & Vratarić, M. (2004). Morfološka svojstva suncokreta. U M. Vratarić (ur.), *Suncokret Helianthus annuus L.* (str. 23-41). Poljoprivredni institut Osijek.
 17. Rapčan I. (2014). *Bilinogojstvo - Sistematika, morfologija i agroekologija važnijih ratarskih kultura*. Priručnik. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
 18. Ritz, J. (1970). Suncokret *Helianthus annuus L.* (2. izdanje, str. 17-41). Magisterij iz oblasti „Specijalna proizvodnja bilja“ Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
 19. Rosić, K., & Bajić, N. (1989). *Ratarstvo - proizvodnja ratarskih biljaka*. Agronomski fakultet, Čačak.
 20. Seiler, J.G. (1997). Anatomy and morphology of sunflower. In A.A. Schneiter (ed.), *Sunflower Tehnology and Production* (pp. 67-111). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America.
 21. Seiler, J.G. (1998). Influence of temperature on primary and lateral root growth of sunflower seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 40(2), 135-46.
 22. Shell, G.S.G., & Lang, A.R.G. (1976). Movements of sunflower leaves over a 24 h. *Agricultural Meteorology*, 16(2), 161-170.
 23. Todorović, J., Lazić, B., & Komljenović, I. (2003). *Ratarsko-povrtarski priručnik* (str. 340-350). Grafomark, Laktaši.
 24. UPOV (2000). *Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability - Sunflower*. International union for the protection of new varieties of plants. Preuzeto 9.11.2021. s <https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg081.pdf>

4. FAZE RASTA I RAZVOJA SUNCOKRETA

*Anto Mijić
Drena Gadžo*

Fenološki razvoj, između sjetve i fiziološke zrelosti biljaka, podrazumijeva niz odvojenih fenofaza koje je moguće identificirati (Connor i Hall, 1997). Trajanje pojedinih faza rasta i razvoja biljaka može biti kraće ili dulje, a ovisno je o genotipu, grupi zriobe, roku sjetve, uvjetima uspijevanja te primijenjenoj agrotehnici. Stoga, kako bi se izbjegli problemi pri određivanju pojedinih faza rasta i razvoja i izbjegli nesporazumi između znanstvenika, stručnjaka, predstavnika agroindustrije i širokog kruga proizvođača, nastojalo se definirati jedinstvenu terminologiju (Miladinović i Đorđević, 2008). Kada je riječ o suncokretu, u literaturi se spominju različite podjele i opisi pojedinih faza. Ovdje ćemo iznijeti neke opće spoznaje o pojedinim fazama rasta i razvoja, podjelu prema BBCH skali (Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie) (Weber i Bleiholder, 1990; Lancashire i sur., 1991) te podjele prema Schneiter i Miller (1981) i Kuperman (1962).

4.1. FENOLOŠKE FAZE I ČIMBENICI OKOLIŠA

1. Klijanje i nicanje – pored vode u ovoj fazi dominantnu ulogu imaju temperatura i dubina sjetve. Suma efektivnih temperatura za klijanje i nicanje je 112 – 124 °C. Minimalna temperatura za klijanje suncokreta je 2 – 4 °C, a za brzo i jednoliko nicanje dovoljno je da srednja temperatura tla na dubini sjetve bude oko 15 °C. Optimalna temperatura za klijanje je 20 – 22 °C, a maksimalna 35 °C. Intenzivno klijanje sjemena nastupa kada sjeme upije 35 % vode od svoje mase u suhom stanju. U povoljnim uvjetima topline, vlažnosti i ako je sjeme posijano na optimalnu dubinu, klijanje i nicanje traje 6 – 10 dana. U procesu nicanja suncokreta kotiledoni izlaze iznad površine tla, a kada se razdvoje, to je kraj faze klijanja i nicanja.

2. Ukorjenjivanje ili faza ranog porasta – traje 25 – 35 dana, odnosno do formiranja 18 – 20 listova, kada se na vrhu stabljike sasvim jasno, kao pupoljak, diferencira začetak glave. Nasuprot stabljici, u ovoj fazi korijen raste vrlo intenzivno u dubinu (više od 2 cm dnevno). Optimalne temperature u ovoj fazi su 15 – 18 °C, a mlade biljčice suncokreta sposobne su podnijeti temperature do -7 °C. Na temperaturi od -10 °C i niže smrznut će oko 33 % biljaka. U ovoj fazi (Slika 4.1.), uz dužinu dana vezan je i broj listova, tako da je u dužem danu rast usporeniji, ali se formira više listova (Vratarić, 2004).

3. Faza intenzivnog porasta – počinje obično tjedan dana od pojave glave, a odlikuje

se ubrzanim porastom stabljike, koji iznosi od 3,5 do 6 cm dnevno (Slika 4.2.). Naglo se povećava masa suhe tvari tako da se za vrijeme ove faze stvori oko 50 % od ukupne količine suhe tvari stabljike, lista i glave. Tada se stvara i najveći dio fotosintetskog aparata. Usporedno teče, ali usporeno i formiranje cvati. Ova faza traje 20 do 30 dana, optimalna temperatura je od 20 do 22 °C, a temperature ispod 16 °C je znatno usporavaju. U ovoj fazi iznimno je važno da je biljka suncokreta dobro opskrbljena vodom i hranivima.



Slika 4.1. Rani porast



Slika 4.2. Početak intenzivnog porasta

4. Cvatnja – početkom cvatnje prestaje rast stabljike i počinje intenzivan rast glave koji traje do pojave žute nijanse na njezinom naličju. Ovo je najkritičnija faza (Gadžo i sur., 2011). Cvatnja počinje otvaranjem jezičastih cvjetova, a cjevasti cvjetovi prve zone cvjetaju sljedeći dan (Slika 4.3.). Optimalni vremenski uvjeti u ovoj fazi su sunčan dan, umjerena temperatura i relativna vlaga zraka te nazočnost polinatora. Dobra potentnost biljke, koja proistječe iz dobre opskrbljenosti vodom, optimalne gnojidbe, odgovarajućeg sklopa itd., dovodi do povećane količine nektara, a time i uspjeha cvatnje i oplodnje. Optimalna temperatura za cvatnju je od 20 do 27 °C.



Slika 4.3. Cvatnja



Slika 4.4. Završetak zriobe

Temperature zraka preko 30 °C negativno se odražavaju na vijabilnost polena, ali i let kukaca (Vratarić, 2004). Isto tako, dani koji obiluju oborinama smanjuju uspjeh oplodnje. Cvatnja jedne glave traje od 5 do 14 dana, ovisno o genetskim svojstvima i vremenskim prilikama (Pospišil, 2013).

5. Formiranje i sazrijevanje ploda – neposredno poslije oplodnje intenzivno se formira ljuska, a tek nakon 10-ak dana počinje intenzivno povećanje zrna. Zatim slijedi akumulacija ulja u zrnu, koja je u početku vrlo intenzivna, da bi se nakon 20 – 24 dana jako usporila. U ovoj fazi važno je da ima dovoljno vlage u tlu i zraku te da temperature nisu iznad 25 °C. Nepovoljni uvjeti u prvom dijelu ove faze održavaju se na niži sadržaj ulja i šturost zrna, a u drugom dijelu na masu zrna (Slika 4.4.).

4.2. FAZE RASTA I RAZVOJA SUNCOKRETA

Detaljan opis faza rasta i razvoja suncokreta napravili su Weber i Bleiholder (1990) te Lancashire i sur. (1991) putem BBCH skale (Tablica 4.1.). Navedena skala se koristi za identifikaciju fenoloških faza biljaka i počinje s oznakom 00, koja predstavlja suho sjeme, a završava s oznakom 99, koja predstavlja požeti plod (sjeme).

Tablica 4.1. Faze rasta i razvoja suncokreta (*Helianthus annuus* L.) prema BBCH skali

BBCH OZNAKA	OPIS
GLAVNA FAZA RASTA 0: KLIJANJE	
00	Suho sjeme (<i>achenium</i>)
01	Početak bubrenja sjemena ili početak upijanja vode
03	Završeno bubrenje sjemena
05	Pojava korjenčića (<i>radicula</i>) izvan sjemena
06	Izduživanje korjenčića, razvoj korijenovih dlačica
07	Pojava hipokotila s kotiledonima izvan sjemena
08	Hipokotil s kotiledonima raste prema površini tla
09	Nicanje: kotiledoni izlaze na površinu tla
GLAVNA FAZA RASTA 1: RAZVOJ LISTOVA	
10	Kotiledoni potpuno otvoreni
12	Razvijena 2 lista (prvi par)
14	Razvijena 4 lista (drugi par)
15	Razvijeno 5 listova
16	Razvijeno 6 listova
17	Razvijeno 7 listova
18	Razvijeno 8 listova
19	Razvijeno 9 ili više listova
GLAVNA FAZA RASTA 3: IZDUŽIVANJE STABLJIKE	
30	Početak izduživanja stabljike
31	Vidljiv jedan izduženi internodij
32	Vidljiva 2 izdužena internodija
33	Vidljiva 3 izdužena internodija
3...	Faze se nastavljaju do ...

BBCH OZNAKA	OPIS
39	Vidljivo 9 ili više izduženih internodija
<i>GLAVNA FAZA RASTA 5: POJAVA CVATI</i>	
51	Cvat tek vidljiva između najmlađih listova
53	Cvat odvojena od najmlađih listova, brakteje se razlikuju od najmlađih listova
55	Cvat odvojena od najmlađih listova
57	Cvat jasno odvojena od listova
59	Jezičasti cvjetovi vidljivi između brakteja, cvat još uvijek zatvorena
<i>GLAVNA FAZA RASTA 6: CVATNJA</i>	
61	Početak cvatnje: jezičasti cvjetovi rašireni, cjevasti cvjetovi vidljivi u vanjskoj trećini cvata
63	Cjevasti cvjetovi u vanjskoj trećini cvata u cvatnji (vidljivi prašnici i tučak)
65	Puna cvatnja: cjevasti cvjetovi u srednjoj trećini cvata u cvatnji (vidljivi prašnici i tučak)
67	Smanjivanje cvatnje: cjevasti cvjetovi u unutrašnjoj trećini cvata u cvatnji (vidljivi prašnici i tučak)
69	Kraj cvatnje: većina cjevastih cvjetova završila je cvatnju, jezičasti cvjetovi se suše ili otpadaju
<i>GLAVNA FAZA RASTA 7: RAZVOJ PLODA</i>	
71	Plod (sjeme) na vanjskom rubu cvata je siv i dostigao je konačnu veličinu
73	Plod (sjeme) u vanjskoj trećini cvata je siv i dostigao je konačnu veličinu
75	Plod (sjeme) u srednjoj trećini cvata je siv i dostigao je konačnu veličinu
79	Plod (sjeme) u unutrašnjoj trećini cvata je siv i dostigao je konačnu veličinu
<i>GLAVNA FAZA RASTA 8: ZRIOBA</i>	
80	Početak zriobe: sjeme u vanjskoj trećini glave crno i tvrdo; stražnja strana glave još uvijek zelena
81	Sjeme u vanjskoj trećini glave tamno i tvrdo; stražnja strana glave još uvijek zelena
83	Stražnja strana glave žuto-zelena, brakteje još uvijek zelene; sjeme sadrži oko 50 % suhe tvari
85	Sjeme u srednjoj trećini glave tamno i tvrdo; stražnja strana glave žuta, brakteje imaju smeđe rubove; sjeme ima oko 60 % suhe tvari
87	Fiziološka zrioba: stražnja strana glave žuta; brakteje mramorno smeđe; sjeme sadrži 75 – 80 % suhe tvari
89	Puna zrioba: sjeme u unutrašnjoj trećini glave tamno i tvrdo; stražnja strana glave smeđa; brakteje smeđe; sjeme sadrži oko 85 % suhe tvari
<i>GLAVNA FAZA RASTA 9: ODUMIRANJE</i>	
92	Prezrelost, sjeme sadrži više od 90 % suhe tvari
97	Biljka mrtva i suha
99	Požeti proizvod: plod (sjeme)

Prema BBCH skali, glavne faze rasta su: klijanje, razvoj listova, izduživanje stabljike, pojava cvati, cvatnja, razvoj ploda, zrioba i odumiranje.

Kada je riječ o razvoju suncokreta detaljan opis vegetativne i reproduktivne faze razvoja suncokreta dali su Schneiter i Miller (1981) (Tablica 4.2.). Ispod tablice su prikazane slike navedenih faza razvoja (Schneiter i sur., 2019).

Tablica 4.2. Faze razvoja suncokreta

Faze	Opis faze
VEGETATIVNE	
VE (nicanje)	Klica se pojavljuje i prvi par pravih listića nakon kotiledona je manji od 4 cm.
V (broj) vegetativne faze	Ove faze su određene brojem pravih listova koji su dužine najmanje 4 cm, počevši od V1, V2, V3, V4 itd. Ako je prisutno starenje nižih listova, uzima se mjesto koljenca (ožiljak od listova) (isključivši koljenca od kotiledona) i to određuje stvarnu fazu.
V1	
V2	
V3 itd.	
REPRODUKTIVNE	
R1	Vršni pup formira sitnu cvjetnu glavu prije nego skupinu listova. Gledano direktno od gore, nerazvijena forma brakteja nalikuje zvijezdi.
R2	Udaljenost nezrelog butona produžava se od 0,5 do 2 cm do gornjeg najbližeg lista na stabljici. Ne broje se listovi spojeni direktno na stražnjem donjem dijelu butona.
R3	Udaljenost butona od najbližeg lista je veća od 2 cm.
R4	Cvat se počinje otvarati. Gledano od gore, vidljivi su dijelovi jezičastih cvjetova.
R5	U ovoj fazi započinje razvoj antera. Faza se može podijeliti u podfaze ovisno o postotku površine glave (cvjetni disk) na kojem se razvijaju cvjetovi i antere u krugovima, npr. R5.3 (30 %), R5.8 (80 %) itd.
R5.1	
R5.2	
R5.3 itd.	
R6	Cvatnja i oplodnja su završeni i jezičasti cvjetovi venu.
R7	Rubni dio glave počinje mijenjati blijedožutu boju.
R8	Rubni dio glave je žut, ali su brakteje još zelene.
R9	Brakteje postaju žute i smeđe. Ova faza se uzima kao fiziološka zrioba.

Vegetativne faze razvoja



V-E



V-2



V-4

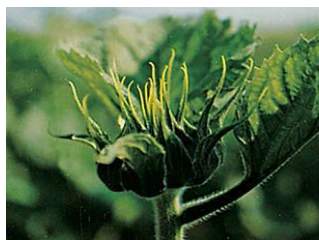
Reproduktivne faze razvoja



R-1



R-2



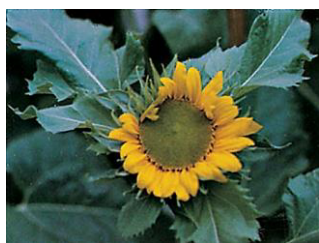
R-3



R-3



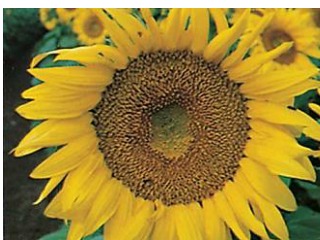
R-4



R-5.1



R-5.5



R-5.9



R-6



R-7



R-8



R-9

4.3. FAZE ONTOGENEZE SUNCOKRETA

Prema Kuperman (1962), suncokret, kao i ostale kritosjemenjače, u svojoj ontogenezi prolazi 12 osnovnih etapa organogeneze generativnih organa.

I. etapa – suncokret ovu etapu prolazi u stadiju klice, neposredno nakon nicanja. Konus rasta je nediferenciran, vrlo malen i slabo uočljiv.

II. etapa – s izlaskom kotiledona, suncokret prelazi u II. etapu organogeneze. U toj etapi na konusu rasta formiraju se začeci vegetativnih organa – stabljike i listova. Kod divljih i ukrasnih vrsta suncokreta, čije stabljike jako granaju, u ovoj etapi se u pazusima listova formiraju tzv. pazušni pupovi, odnosno konusi rasta drugog reda iz kojih se kasnije razvijaju sekundarni izdanci – grane suncokreta. Kod kultiviranih vrsta, koje su selekcionirane tako da daju samo jednu stabljiku i glavu, pazušni pupovi se vrlo rano, već na početku ove etape, reduciraju. U početku etape, na konusu rasta se sporo, u određenim vremenskim razmacima, počinju pojavljivati ispupčenja koja predstavljaju zametke listova. Kako se konus rasta povećava, tako se začeci listova pojavljuju u sve manjim razmacima, pa se na kraju etape na konusu rasta istodobno mogu vidjeti zametci listova u raznim stadijima razvoja. Broj listova zametnutih na konusu rasta je svojstvo genotipa koje ovisi o uvjetima uzgoja i primijenjenoj agrotehnici (prvenstveno mineralnoj ishrani). Ako su povoljni uvjeti, formirat će se više lisnih začeta i obrnuto.

III. etapa – ova etapa nastupa nakon formiranja svih začeta lisnog aparata i u njoj se formira skraćena os cvata – buduća glava. Konus rasta jako se povećava. S donje strane buduće glave stvaraju se ovojni listići, koji potpuno pokrivaju cvjetnu ložu, osim uzvišenja u sredini. Na kraju etape formiraju se cilindri (udubljenja) u čijim pazusima će se u sljedećoj etapi formirati začeci cjevastih cvjetova. Kod hibrida koji se nalaze u proizvodnji, u toj etapi je formirano 3 – 5 pari listova.

IV. etapa – prolazi vrlo brzo, a tijekom ove etape formiraju se začeci cjevastih cvjetova. Njihovo formiranje odvija se od ruba prema sredini buduće glave.

V. etapa – u ovoj etapi formiraju se pokrovni i generativni organi cvijeta. Cvjetni pup se diferencira na donji i gornji dio. Iz donjeg dijela formira se plodnica, a iz gornjeg cvjetni vjenčić. Cvjetni začeci se najprije diferenciraju u rubnoj zoni glave, zatim u srednjoj i na kraju u centralnoj. Vanjski cvjetni pupovi formiraju jezičaste cvjetove, a ostali cjevaste. Tako je ujedno formirana i glava, koja se postupno povećava. Na kraju etape svi organi cvijeta gotovo su potpuno razvijeni, a glava poprima svoj oblik.

VI. etapa – tijekom ove etape u anterama se formiraju polenova zrnca, a u plodnici jajna stanica. U to vrijeme promjer glave iznosi 2,5 – 3 cm. Ova etapa organogeneze fenološki odgovara fazi butonizacije. Krajem etape maksimalni porast dostižu 19. i 20. list.

VII. etapa – tijekom ove etape intenzivno rastu jezičasti i cjevasti cvjetovi u dužinu te prašničke niti i tučak. Pri kraju etape jezičasti cvjetovi i prašnici dobivaju žutu boju. U ovoj etapi brzo rastu vršni listovi.

VIII. etapa – za vrijeme ove etape završava se formiranje gameta, a glava i cvjetovi dostižu svoju normalnu veličinu. Snažno se izdužuju jezičasti cvjetovi, otvaraju se listovi koji su zatvarali glavu. Pri kraju ove etape svi listovi završavaju s porastom, donja 4 lista odumiru, a iz cvjetnog vjenčića cjevastih cvjetova počinju se pojavljivati prašnici.

IX. etapa – ova etapa karakterizira se cvatnjom i oplodnjom. U ovoj etapi počinju žutjeti gornji listovi.

X. etapa – formiranje sjemena. U ovoj etapi plod dostiže konačnu veličinu, ali mu je ljuska još bijela i mekana.

XI. etapa – obuhvaća razdoblje od konačnog formiranja sjemena do mliječne zriobe. Sjemenke su već formirane, a od zrelog sjemena razlikuju se po svojoj konzistenciji i niskom sadržaju ulja. To je razdoblje u kojem se odvija intenzivna sinteza ulja.

XII. etapa – u ovoj etapi odvija se daljnje povećanje sadržaja ulja u sjemenu, ali je intenzitet sinteze ulja slabiji nego u prethodnoj etapi. Etapa obuhvaća razdoblje od mliječne zriobe do završetka pretvorbe organskih tvari u pričuvne tvari sjemena, odnosno do pune zriobe. U punoj zriobi još samo srednji listovi normalno funkcioniraju, oni su fotosintetski najduže aktivni. Nakon završetka pune zriobe, glava i srednji listovi počinju polako žutjeti, a čitava biljka odumirati.

LITERATURA

1. Connor, D.J., & Hall, A.J. (1997). Sunflower physiology. In A.A. Schneiter (ed.), *Sunflower Technology and Production* (pp. 113-182). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America.
2. Gadžo, D., Đikić, M., & Mijić, A. (2011). *Industrijsko bilje* (str. 11-31). Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu.
3. Kuperman, F.M. (1962). Biologičeski kontrol v sel'skom khoziâistve. *Izd-vo Moskovskogo universiteta*.
4. Lancashire, P.D., Bleiholder, H., van den Boom, T., Langeluddecke, P., Stauss, R., Weber, E., & Witzenger, A. (1991). A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology*, 119(3), 561–601. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1991.tb04895.x>
5. Miladinović, J., & Đorđević, V. (2008). Morfologija i faze razvoja soje. U J. Miladinović, M. Hrustić & M. Vidić (ur.), *Soja* (str. 44-69). Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Sojaprotein Bečej.
6. Pospišil, M. (2013). *Ratarstvo II dio – Industrijsko bilje* (str. 3-45). Zrinski d.d., Čakovec.
7. Schneiter, A.A., & Miller, J.F. (1981). Description of sunflower growth stages. *Crop Science*, 21(6), 901-903. <https://doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060024x>

8. Schneiter, A.A., Miller, J.F., & Berglund, D.R. (2019). Stages of sunflower development. North Dakota State University. Preuzeto 6.12.2021. s <https://www.ndsu.edu/agriculture/sites/default/files/2022-08/a1145.pdf>
9. Vratarić, M. (2004). Faze razvoja suncokreta. U M. Vratarić (ur.), *Suncokret Helianthus annuus* L. (str. 43-52). Poljoprivredni institut Osijek.
10. Weber, E., & Bleiholder, H. (1990). Erläuterungen zu den BBCH-Dezimal-Codes für die Entwicklungsstadien von Mais, Raps, Faba-Bohne, Sonnenblume und Erbse - mit Abbildungen. *Gesunde Pflanzen*, 42, 308-321.

5. EKOLOŠKI UVJETI U PROIZVODNJI SUNCOKRETA

*Anto Mijić
Drena Gadžo
Antonela Markulj Kulundžić*

Fenotipska ekspresija najvažnijih agronomskih svojstava suncokreta određena je genotipom (sortom/linijom/hibridom), okolinskim uvjetima i složenim odnosima genotipa i okoline te je stoga predmet mnogih istraživanja (Krizmanić i sur., 2012; Jukić i sur., 2017; Liović i sur., 2017, 2021; Mijić i sur., 2017, 2022; Jug i sur., 2018). Od okolinskih čimbenika dominantan utjecaj na rast i razvoj suncokreta imaju toplina, voda, tlo, svjetlost, a uvjetno se može govoriti i o alelopatiji. Za uspješnu proizvodnju suncokreta potrebno je poznavati način djelovanja svakog od ovih čimbenika pojedinačno, minimalne, optimalne i maksimalne vrijednosti, odnosno kakav je njihov utjecaj na biljke suncokreta u pojedinim fazama rasta i razvoja, ali isto tako i ne manje važno njihovo sinergijsko djelovanje. Samo cjelovito poznavanje djelovanja okolinskih čimbenika predstavlja osnovu za kvalitetnu primjenu agrotehničkih mjera uzgoja i izbor genotipa te uz educiranog proizvođača dovodi do uspješne proizvodnje ove važne uljarice.

5.1. TOPLINA

Suncokret je biljka sunca te mu je za razvoj potrebna velika količina topline. Prema različitim klasifikacijama, svrstava se u grupu suptropskih ili tropskih kulturnih biljaka. Suma temperatura koju suncokret zahtjeva je od 2.000 do 3.000 °C (Gadžo i sur., 2011; Pospišil, 2013). Kao i kod drugih biljnih vrsta, temperatura ima izniman značaj u rastu i razvoju suncokreta (Krizmanić i sur., 2008). To se ogleda u aktivnosti stanica i procesima koji se u njima odvijaju. Isto tako, o temperaturi ovisi apsorpcija vode i mineralnih tvari preko korijena, cirkulacija metabolita u nadzemnom dijelu biljke, usvajanje CO₂, transpiracija itd. Važno je napomenuti da temperatura nije jednaka u svim stanicama biljke i često je limitirana temperaturom okoline koja okružuje određeni dio biljke (ta razlika je obično nekoliko °C), apsorpcijom i emisijom zračenja, potrošnjom ili oslobađanjem latentne topline na dijelu biljke itd.

Kod mladih biljaka važna je temperatura površinskog sloja tla. U pravilu, sjetvu treba obaviti kada je temperatura tla na 5 cm dubine iznad 8 °C, a za sjemensku proizvodnju iznad 10 °C. Vremenski razmak od sjetve do nicanja mijenja se ovisno o temperaturi tla, tako da toplije tlo omogućava sjemenu brže upijanje vode (bubrenje) i nicanje. Najniža temperatura za bubrenje je 2 °C, a za nicanje 5 °C. Tek iznikle biljke podnose

temperature i do -5 °C, dok na -7 °C izmrzava konus rasta. Važna je i brzina snižavanja temperature. Ako temperatura naglo padne, doći će do većeg oštećenja biljaka suncokreta pri čemu su mlade biljke osjetljivije na promjene temperature.

Temperature zraka i tla te relativna vlaga zraka su od izuzetne važnosti u daljnjoj vegetaciji. Poželjno je da temperature u fazama porasta, butonizacije, cvatnje i sinteze ulja ne prelaze 30 °C, dok su optimalne između 20 i 25 °C. Previsoke temperature skraćuju vrijeme cvatnje, smanjuju uspjeh oplodnje, nalijevanje sjemena je manje intenzivno i skraćuje se vegetacija (Markulj Kulundžić i sur., 2021). Isto tako, treba naglasiti i dnevne temperaturne maksimume koji su u posljednjih nekoliko godina sve češći, kao i velika kolebanja temperatura na dnevnoj razini. Razlike između pojedinih godina, ali i razlike za isti mjesec u različitim godinama za prosječne mjesečne temperature mogu se vidjeti u Tablici 5.1.

Tablica 5.1. Prosječne temperature zraka (°C) u razdoblju 2015. – 2024. po mjesecima (IV. – IX. mjesec) za lokalitet Osijek – Klisa zračna luka

Godina	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	IV. – IX.
2015.	12,3	18,2	21,4	25,0	24,4	18,4	20,0
2016.	13,6	17,1	21,6	23,1	21,1	18,5	19,2
2017.	11,6	18,3	23,4	23,9	24,2	16,5	19,7
2018.	17,0	20,6	21,7	22,5	24,3	18,3	20,7
2019.	13,2	14,6	23,6	23,3	24,0	18,0	19,5
2020.	13,0	16,1	20,7	22,8	23,8	19,4	19,3
2021.	9,7	15,6	23,6	25,3	22,0	17,7	19,0
2022.	10,9	19,1	23,4	24,4	23,8	17,0	19,8
2023.	10,9	17,3	21,3	24,2	23,3	21,0	19,7
2024.	14,5	18,7	23,5	26,0	26,8	18,6	21,4
Prosjek	12,7	17,6	22,4	24,1	23,8	18,3	19,8
Minimum	9,7	14,6	20,7	22,5	21,1	16,5	19,0
Maksimum	17,0	20,6	23,6	26,0	26,8	21,0	21,4
Raspon	7,3	6,0	2,9	3,5	5,7	4,5	2,4

(Državni hidrometeorološki zavod, 2024)

S obzirom da je suncokret izrazito stranooplodna entomofilna biljka, značaj temperatura se ogleda i kroz njen utjecaj na polinatore. Plavšin i Nedić (2015) ističu da na temperaturi preko 12,7 °C pčele radilice izlaze iz košnice i njihov broj se povećava do temperature od oko 32 °C. Medonosna pčela smanjuje aktivnost pri hladnom, kišovitom, maglovitom i vjetrovitom vremenu. Hladnije vrijeme utječe i na proces oplodnje kod biljaka. Na visokim temperaturama smanjuje se broj radilica izvan košnice, jer one tada reguliraju mikroklimu u košnici. Vjetar nepovoljno djeluje na izlet pčela iz košnica jer po vjetrovitom vremenu pčele troše više energije za let. Ako brzina vjetra dostigne 32 do 40 km/h prestaje aktivnost pčela. Po lošem vremenu pčele smanjuju udaljenost do koje lete u potrazi za hranom i koncentriraju se na biljke u blizini svoje košnice (obično do 150 m). Puškadija i sur. (2009), na osnovu provedenog istraživanja u istočnoj Hrvatskoj (Baranja), su zaključili da je najveća aktivnost pčela zabilježena kod temperatura zraka 23 – 26 °C te kod relativne vlage

zraka 65 – 75 % u danima kada nije padala kiša. Povećanim oprašivanjem povećava se i prinos zrna što pokazuje da je uvođenje mjere oprašivanja medonosnom pčelom ekonomski opravdano.

5.2. VODA

Unatoč tome što je jedan od najčešćih i najrasprostranjenijih spojeva na Zemljinoj površini, voda je nejednako raspoređena i često limitirajući faktor biljne proizvodnje. Prema Ahluwalia i sur. (2021) suša je svake godine prisutna u mnogim dijelovima svijeta predstavljajući glavni ograničavajući čimbenik biljne proizvodnje s jako lošim učincima na produktivnost. Stoga je kreiranje tolerantnih kultivara na sušu i dalje jedan od najvažnijih ciljeva u programima oplemenjivanja (Mijić i sur., 2022; Markulj Kulundžić i sur., 2022b).

Uloga vode u biljnom organizmu je višestruka. Ona se može smatrati biljnim hranivom jer snabdijeva biljku vodikovim atomima i kisikom, koji se oslobađaju cijepanjem vode pri fotosintezi (fotoliza vode), a potrebni su za tvorbu svih organskih spojeva. Voda je neophodna za proces fotosinteze, iako se za taj proces troši samo 0,01 % od ukupne količine vode koju biljka koristi. Bez vode ne može doći do transporta i raspodjele hraniva i metabolita u biljci. Ona omogućava premještanje hraniva iz korijena u nadzemne dijelove biljke te premještanje stvorenih asimilata iz listova u druge organe biljke. Sve biokemijske i fiziološke reakcije u biljci odvijaju se uz prisutnost vode. Voda u vakuoli je potrebna za održavanje turgescenosti biljnih stanica. Također je potrebna za klijanje sjemena jer pomoću nje dolazi do bubrenja organske tvari u sjemenu i do aktivacije enzima. Voda u biljci omogućava otapanje organskih i anorganskih soli i šećera te ovlažuje stanične stijenke i omogućava njihovu propusnost (Ćosić i Karažija, 2013).

U biljci razlikujemo nekoliko vrsta vode:

- transpiracijska ili slobodna voda koja struji od korijena do nadzemnih dijelova biljke (listova i cvjetova), isparava primarno preko lista, a služi za hlađenje, odnosno reguliranje topline biljke kao i za translokaciju tvari iz korijena u nadzemne organe biljke putem ksilema: u stanici ne mijenja svoja fizikalno-kemijska svojstva i utječe na intenzitet fizioloških procesa
- imbibiciona voda koja ulazi u kapilarne prostore staničnih stijenki i drugih dijelova stanica (važna je kod bubrenja sjemena i aktivacije enzima)
- metabolička ili vezana voda koja ima izmijenjena svojstva zbog različitih oblika veza i povezuju je sa stupnjem otpornosti na nepovoljne uvjete, vezana je u organskim spojevima (Anić, 1991; Vukadinović i sur., 2014).

Kada je riječ o suncokretu, odlikuje ga umjerena tolerantnost na stres izazvan nedostatkom vode, ali na njegovu proizvodnju suša ipak utječe (Pasda i Diepenbrock, 1991; Krizmanić i sur., 2004; Markulj Kulundžić i sur., 2016a). Izloženost suši tijekom vegetativne faze, cvatnje i zriobe uzrokuje i do 50 % smanjenja prinosa zrna i sadržaja ulja (Hussain i sur., 2008; Ibrahim i sur., 2016). Biljke mogu povećati toleranciju na nedostatak vode raznim mehanizmima: smanjenjem lisne površine,

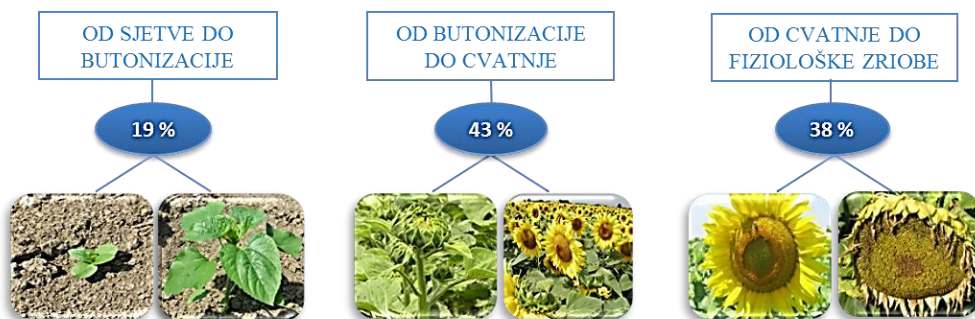
zatvaranjem puči, debljom kutikulom, razvijenijim korijenom, povećanom brzinom stvaranja pojedinih bjelančevina, smanjenjem stope fotosinteze, brzine disanja i reguliranjem osmotskih uvjeta (Mullet i Whitsitt, 1996; Pinheiro i sur., 2004).

S druge pak strane, višak vode koji se sve rjeđe javlja, odmah nakon sjetve i nakon nicanja značajno je štetniji za biljke suncokreta nego u kasnijim fazama jer utječe na nicanje, sklop, lisnu površinu, kao i sadržaj suhe tvari mladih biljaka i korijena. U slučaju viška vode javlja se sekundarno ili adventivno korijenje u površinskom dijelu tla. U takvim uvjetima redukcija sklopa je izraženija ako je praćena visokim temperaturama (Loose i sur., 2017).

Voda je jedan od ključnih faktora za rast i razvoj svake biljke pa tako i suncokreta. U prilog tome ide i činjenica da je sadržaj vode u biljci suncokreta dominantan (85 – 90 %), dok je udio organske i mineralne tvari znatno manji. Sadržaj vode u biljci mijenja se ovisno o biljnoj vrsti, organu, starosti, temperaturi, vlažnosti zraka i tla, mineralnoj ishrani itd. Mlade biljke u pravilu imaju više vode, nerijetko preko 90 %.

Potrebe suncokreta za vodom su velike (transpiracijski koeficijent je od 370 do 460), ali je to istovremeno kultura koja vrlo dobro podnosi sušu zahvaljujući moćnom korjenovom sustavu koji u stresnim uvjetima može biljku snabdijevati vodom i mineralnim hranivima iz dubljih slojeva tla. Bez obzira na svojstva korijena, u područjima u kojima nedostaje voda, treba kao pretkulture izbjegavati one koje u znatnoj mjeri isušuju tlo kao npr. šećerna repa ili lucerna.

U vegetaciji, suncokret treba najviše vode od butonizacije do cvatnje (oko 43 %), a od cvatnje do fiziološke zriobe oko 38 % (Slika 5.1.). To su ujedno i kritične faze za vodu. Nedostatak vode, ali i njen suvišak, dovode do slabije cvatnje i nalijevanja zrna. Suvišak vode u ovim fazama inicirat će pojavu bolesti, a nedostatak slabiji uspjeh oplodnje (polen nije viabilan), slabiju sintezu ulja, manji sadržaj ulja, kraću vegetaciju, a time i manji prinos zrna i ulja.



Slika 5.1. Potrebe suncokreta za vodom tijekom vegetacije

Općenito se može reći da je pored ukupne količine oborina jako važna i njena raspodjela, a pogotovu u kritičnim fazama rasta i razvoja (Mijić i sur., 2012). Velike razlike između pojedinih godina, ali i razlike za isti mjesec u različitim godinama mogu se vidjeti u Tablici 5.2.

Tablica 5.2. Količine oborina (mm) u razdoblju 2015. – 2024. po mjesecima (I. – IX. mjesec) za lokalitet Osijek – Klisa zračna luka

Godina	(I. – III.)	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	(IV. – IX.)
2015.	197	14	106	26	25	39	40	250
2016.	205	38	40	165	114	49	38	444
2017.	145	55	51	36	60	24	65	291
2018.	202	25	78	103	89	46	106	447
2019.	73	75	119	106	57	83	62	502
2020.	79	15	38	102	53	50	22	280
2021.	156	56	70	11	78	88	22	325
2022.	37	49	55	61	14	31	122	332
2023.	147	76	99	52	56	49	32	364
2024.	82	16	132	74	47	2	115	386
Prosjek	132	42	79	74	59	46	62	362
Minimum	37	14	38	11	14	2	22	250
Maksimum	205	76	132	165	114	88	122	502
Raspon	168	63	94	153	100	86	100	252

(Državni hidrometeorološki zavod, 2024)

Tolerantnost suncokreta prema suši zavisi od njegovih morfoloških, strukturnih i fizioloških svojstava. Iz ovih razloga jedan od glavnih mehanizama otpornosti prema suši realizira se izmjenom određenih fizioloških i morfoloških parametara što omogućava racionalnije korištenje zaliha vode u vrijeme stresnog razdoblja. Prema Vranceanu (2000), Škoriću i sur. (2002) i de la Vega i sur. (2011) vrlo djelotvornim se pokazalo korištenje svojstva “stay green” u selekciji na otpornost prema suši tla i



Slika 5.2. Testiranje linija suncokreta na nedostatak vode

zraka. Izbor genotipova s ovim svojstvom ne dovodi samo do povećanja tolerantnosti prema suši, već i prema *Phomopsis* i *Macrophomina phaseoli*. Brojni istraživači u svijetu koriste različite tehnike (Slika 5.2.) i parametre pri testiranju tolerantnosti genotipova suncokreta na sušu (Ludlow i Muchow, 1990; Razi i Assad, 1999; Krizmanić i sur., 2008; Abdi i sur., 2013).

Ekstreman primjer oborina predstavlja ledotuča koja se u našim uvjetima javlja rijetko, obično u kasno proljeće i tijekom ljeta. Razvija se u vlagom bogatim oblacima kumulonimbusima, a led je najčešće promjera od 5 do 20 mm (iznimno i do 50 mm). Posljedice ledotuče su velika oštećenja glave i stabljike (Slika 5.3.) uz gotovo potpunu defolijaciju listova.



Slika 5.3. Polje suncokreta nakon ledotuče

5.3. TLO

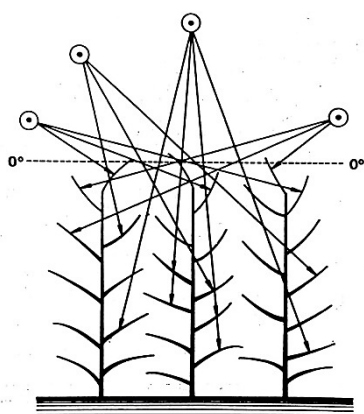
Pored vremenskih prilika, tlo se ubraja u najvažnije čimbenike poljoprivredne proizvodnje (Corwin i sur., 2003; Xiao i sur., 2015; Paixão i sur., 2020). Tlo je izvor vode i mineralnih tvari. Ujedno je medij u kojem žive mikroorganizmi i drugi organizmi te je iznimno važno u biljnoj proizvodnji pa tako i u proizvodnji suncokreta. Od iznimne je važnosti pravilno i kontinuirano gospodarenje tlom kako bi se održao, a poželjno i povećao kapacitet tla za biljnu proizvodnju u smislu čuvanja organske tvari, smanjila erozija, povećala bioraznolikost, očuvala dobra struktura i tekstura te vodozračni odnosi itd.

Suncokret tijekom vegetacije stvara veliku količinu suhe tvari (oko 10 t/ha) za koju je neophodno trošenje velike količine vode i hraniva (Vrebalov, 1989). To podrazumijeva da su za uzgoj suncokreta najbolja plodna tla, povoljnih fizičkih svojstava i dubokog humusnog sloja (černozemi, livadske crnice i aluvijalna tla). Međutim, suncokret se može uzgajati i na lošijim tlima (zaslanjena, pjeskovita, slabo kisela tla), ali se shodno tome moraju primijeniti i odgovarajuće agrotehničke mjere, prije svih obrada tla i primjerena dobro izbalansirana gnojidba, a u uvjetima suše, pogotovu na lakšim tlima primijeniti i navodnjavanje. Suncokret sigurno nije ekstenzivna biljna vrsta te bi stoga svakako trebalo izbjegavati tla plitkog oraničnog i podoraničnog sloja, zabarena i tla s povećanim sadržajem vapna. Najpovoljnija pH reakcija tla za suncokret je od 7 do 7,2.

Obzirom da u sjetvi možemo koristiti iznimno veliki broj hibrida, u proizvodnji je jako važno izabrati hibrid shodno svojstvima površine na koju će taj hibrid biti posijan.

5.4. SVJETLOST

Pored topline, vlage i tla, svjetlost ima veliki utjecaj na rast i razvoj suncokreta. Poznato je da prirodna dnevna svjetlost potječe od energije Sunčeva zračenja i predstavlja vidljivi dio spektra valnih duljina od 380 do 750 nm. Zahvaljujući Sunčevoj energiji, kao i drugi fotoautotrofni organizmi, suncokret u procesu fotosinteze od anorganskih tvari iz okoline sintetizira organske, stvarajući kemijsku energiju neophodnu za život. Energija pohranjena u organskim molekulama koristi se u brojnim, životno važnim procesima koji se zbivaju u stanicama biljaka i služi kao izvor energije za sve poznate oblike života (Pevalek-Kozlina, 2003). Različiti dijelovi suncokreta različito apsorbiraju svjetlost (Slika 5.4.) pa tako najviše svjetlosti apsorbiraju listovi, dok stabljika i peteljke u ukupnoj apsorpciji sudjeluju s manje od 5 %. Utvrđena je značajna razlika u broju listova po biljci ovisno o dužini vegetacije. Raniji genotipovi imaju manji broj listova po biljci, dok genotipovi s duljom vegetacijom imaju veći broj listova po biljci (Marinković i sur., 2003). Apsorpcija je povezana i s pozicijom dijela biljke, ali i dijelom dana i stupnjem oblačnosti pa tako Horvath i sur. (2020) ističu da cvat suncokreta najviše svjetlosne energije apsorbira ako je okrenuta prema istoku te da su poslijepodneva oblačnija od jutra u područjima istraživanja u Italiji i Mađarskoj.



Slika 5.4. Osvjetljenje pojedinih listova u usjevu tijekom dana

Isto tako, količina svjetla povezana je i s temperaturom biljke, odnosno temperaturom pojedinog dijela biljke. Utvrđeno je kako veća količina svjetla koju prima glava suncokreta dovodi do povećavanja temperature što ubrzava njen razvoj, posebice povećanje krupnoće sjemena (Dosio i sur., 2003; Guilioni i Lhomme, 2006).

Uz količinu potrebnog svjetla vrlo je bitna i njegova kvaliteta. S obzirom na to da je suncokret biljka kratkog dana, ako dođe do skraćivanja dnevnog svjetla biljke razvijaju manji broj listova, skraćuju stabljiku te ujedno ranije ulaze u fazu cvatnje. Ako se dan produži, biljke razvijaju veći broj listova i kasnije cvatu. Međutim, prilikom značajnijeg nedostatka

Sunčeve svjetlosti stabljike etioliraju, formiraju sitnije glave i plodove što u konačnici smanjuje prinos zrna i sadržaj ulja u zrnu. Sve navedene promjene u biljkama ukazuju na to da su biljke u prirodi izložene i svjetlosnom stresu jer su intenzitet i spektar svjetlosti podložni promjenama (Markulj Kulundžić, 2019). Biljke posjeduju sposobnost prilagodbe na svjetlost (Yamori i sur., 2014) koja je najvažniji čimbenik tijekom rasta i razvoja biljaka. U mnogim slučajevima biljke su izložene vrlo intenzivnoj svjetlosti koju ne mogu iskoristiti. Povećanje intenziteta svjetlosti postupno može izazvati povećanje fotosinteze, što je pri nižem intenzitetu svjetlosti uglavnom linearno. Zasićenost poljoprivrednih kultura sa svjetlosti je različita unutar i između vrsta. Suncokret posjeduje vrlo visok nivo zasićenja Sunčevom svjetlosti

(oko 10.000 luksa) i svako daljnje povećanje intenziteta ne utječe na povećanje fotosinteze (Ćupina i Kovačević, 1989) ili je ono negativno (Melis, 1999; Kouřil i sur., 2012). Kada je intenzitet svjetlosti veći od mogućnosti biljaka za njenim iskorištavanjem u procesu fotosinteze, dolazi do stvaranja relativnih kisikovih jedinki i fotooksidativnog stresa koji mogu u biljkama izazvati fotoreakciju toplinske disipacije energije (Alter i sur., 2012; Pospíšil, 2016), odnosno izazvati redukciju u prijenosu elektrona. Prevelik intenzitet svjetlosti uzrok je brojnih poremećaja u funkciji biljnog sustava koji se ogledaju kroz fotooštećenja, fotoaktivaciju, fotoinhibiciju i degradaciju fotosintetskih bjelančevina (Vukadinović i sur., 2014). Međutim, biljke posjeduju sposobnost oporavka nakon nastanka fotoinhibicije zbog toga što je fotoinhibicija reverzibilni proces.

Fotosintetski aparat pri svjetlosnom stresu ima sposobnost regeneracije procesa pri različitom intenzitetu osvjetljenja. Treba naglasiti da se gustoćom sjetve i rasporedom biljaka u redovima može utjecati na osvjetljenost i treba težiti da ona bude optimalna.

Kao što je već naglašeno, suncokret u procesu fotosinteze iz anorganskih tvari okoline sintetizira organske tvari, pri čemu će se svaka promjena okolinskih uvjeta, u vidu promjene vremenskih prilika, očitovati na strukturi i funkciji membrana, bjelančevinskom kompleksu i molekulama uključenim u fotokemijske procese fotosinteze (Vidaković-Cifrek i Tkalec, 2023).

Prema klasifikaciji fotosinteze, suncokret pripada C3 tipu (20 mg CO₂ dm²/sat), ali ga se može svrstati i u C4 tip zbog neto fotosinteze koja je jednaka ili veća od 40 mg CO₂ dm²/sat što je karakteristika C4 biljaka. Općenito, C3 biljke posjeduju veću sposobnost prilagodbe fotosinteze na široki raspon temperatura, dok su C4 biljke prilagođenije toplijem okruženju (Markulj Kulundžić, 2019). Biljke suncokreta odlikuje visok fotosintetski potencijal koji se očituje većom propusnošću tkiva za difuziju CO₂ i visokom aktivnošću RuBisCO koji su rezultat prisutnosti puči s obje strane lista (Killi i sur., 2017).

Fotosinteza je složen proces mnoštva kemijskih reakcija, koje se odvijaju u dvije faze, primarnoj (svjetlosne reakcije) i sekundarnoj fazi (reakcije u tami ili Calvinov ciklus). Apsorbirana svjetlosna energija u primarnim reakcijama se koristi za stvaranje ATP-a i NADPH koji se potom koriste pri sekundarnim reakcijama kako bi stvorile šećere iz CO₂. Pretvorba svjetlosne energije u kemijsku se odvija uz pomoć nekoliko bjelančevinskih kompleksa – fotosustava I (PSI) i II (PSII), citokrom bf kompleksa i ATP-sintaze. Fotosustavi su kompleksi bjelančevina i fotosintetskih pigmenata koji se sastoje od reakcijskog središta i antena kompleksa. Apsorpciju svjetlosne energije vrše pigmenti kloroplasta, klorofili i karotenoidi koji su smješteni na tilakoidnim membranama. Prilikom apsorbancije svjetlosti klorofil iz osnovnog stanja prelazi u pobuđeno stanje čime se mijenja raspored elektrona. To pobuđeno stanje traje svega nekoliko nanosekundi. Postoji više mogućnosti za oslobađanje energije klorofila pri povratku iz pobuđenog u osnovno stanje, a to su: putem topline (gubitak dijela energije u obliku topline pri prelasku u osnovno stanje), prijenosom energije na neku drugu molekulu, fotokemijskim reakcijama i putem fluorescencije.

Određivanjem fluorescencije klorofila *a* dobiju se informacije o promjenama

učinkovitosti fotokemijskih procesa i disipaciji energije u obliku topline. Već je rečeno da pri apsorpciji, prijenosu i pretvorbi Sunčeve energije vrlo bitnu ulogu imaju fotosustav I i fotosustav II. Kao glavno mjesto oštećenja fotosintetskog sustava biljaka pri utjecaju okolišnog stresa navodi se fotosustav II koji je odgovoran za transport elektrona (Hankamer i sur., 1997). Porast intenziteta fluorescencije nastaje radi zatvaranja reakcijskih središta fotosustava II, što za posljedicu ima smanjenje učinkovitosti pretvorbe energije, drugim riječima smanjenje učinkovitosti procesa fotosinteze (Maxwell i Johnson, 2000). Iz tog razloga, mnoga recentnija istraživanja su usmjerena na određivanje fluorescencije klorofila *a* koja služi kao indikator utjecaja okolinskih uvjeta na primarne fotosintetske reakcije i daje uvid u vitalnost biljke (Markulj Kulundžić i sur., 2022a, 2022d, 2023a).

Mnogobrojna istraživanja se svode na ispitivanje učinka stresnih pojava u vidu niskih/visokih temperatura, suše, saliniteta, prisutnosti teških metala i drugih okolinskih uvjeta na funkciju fotosintetskog aparata s ciljem utvrđivanja fiziološkog i genetskog odgovora biljaka na nastanak stresnih okolinskih uvjeta bilo u kontroliranim ili poljskim uvjetima. Parametri fluorescencije klorofila *a* se uvelike koriste za fiziološki uvid na prilagodbu pojedinih testiranih genotipova na okolinske uvjete (Slika 5.5.).



Slika 5.5. Mjerenje parametara fotosinteze

Stoga mnogobrojna istraživanja za cilj upravo imaju detekciju tolerancije testiranog materijala na okolinske stresore u svrhu utvrđivanja genotipa od interesa, odnosno tolerantnog genotipa na date uvjete (Markulj i sur., 2014; Markulj Kulundžić i sur., 2016b, 2022c; Matoša Kočar i sur., 2022). Zaključno tome, tolerantniji genotipovi imaju manje oštećenje fotosintetske strukture pri izloženosti stresu čime zadržavaju normalnu funkciju fotosintetskog aparata jer imaju manje promjene u prijenosu energije, uspijevaju kontrolirati protok fotona, što je suprotno kod osjetljivih genotipova (Markulj Kulundžić i sur., 2023b).

LITERATURA

1. Abdi, N., Darvishzadeh, R., & Hatami Maleki, H. (2013). Effective selection criteria for screening drought tolerant recombinant inbred lines of sunflower. *Genetika*, 45(1), 153-166. <https://doi.org/10.2298/GENSR1301153A>
2. Ahluwalia, O., Singh, P.C., & Bhatia, R. (2021). A review on drought stress in plants: Implications, mitigation and the role of plant growth promoting rhizobacteria. *Resources, Environment and Sustainability*, 5, 100032. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2021.100032>
3. Alter, P., Dreissen, A., Luo, F.L., & Matsubara, S. (2012). Acclimatory responses of *Arabidopsis* to fluctuating light environment: comparison of different sunfleck regimes and accessions. *Photosynthesis Research*, 13, 221-237. <https://doi.org/10.1007/s11120-012-9757-2>
4. Anić, J. (1991). *Voda u sistemu tlo – biljka – atmosfera*. Zagreb.
5. Corwin, D.L., Lesch, S.M., Shouse, P.J., Soppe, R., & Ayars, J.E. (2003). Identifying soil properties that influence cotton yield using soil sampling directed by apparent soil electrical conductivity. *Agronomy Journal*, 95(2), 352-364. <https://doi.org/10.2134/agronj2003.0352>
6. Ćosić, T., & Karažija, T. (2013). Utjecaj ekstremnih vremenskih prilika na pritjecanje hraniva do korijena biljke i njihovo premještanje iz korijena u nadzemne dijelove. U V. Vučetić (ur.), *Zbornik radova Agrometeorologija u službi korisnika "Klimatske promjene i poljoprivreda"* (str. 15-16). Hrvatsko agrometeorološko društvo.
7. Ćupina, T., & Kovačević, M. (1989). Fiziološke osobine suncokreta. U S. Milošević (ur.), *Suncokret* (str. 103-232). Nolit, Beograd.
8. De la Vega, A.J., Cantore, M.A., Sposaro, M.M., Trapani, N., Lopez Pereira, M., & Hall, A.J. (2011). Canopy stay-green and yield in non-stressed sunflower. *Field Crops Research*, 121, 175-185. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.12.015>
9. Dosio, G.A.A., Rey, H., Lecoœur, J., Izquierdo, N.G., Aquirrezabal, L.A.N., Tardieu, F., & Turc, O. (2003). A whole-plant analysis of the dynamics of expansion of individual leaves of two sunflower hybrids. *Journal of Experimental Botany*, 54(392), 2541-2552. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg279>
10. Gadžo, D., Đikić, M., & Mijić, A. (2011). *Industrijsko bilje* (str. 11-31). Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu.
11. Guilioni, L., & Lhomme, J.P. (2006). Modelling the daily course of capitulum temperature in a sunflower canopy. *Agricultural and Forest Meteorology*, 138(1-4), 258-272. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.05.010>
12. Hankamer, B., Barber, J., & Boekema, E.J. (1997). Structure and membrane organization of photosystem II in green plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 48, 641-671.

<https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.48.1.641>

13. Horváth, G., Slíz-Balogh, J., Horváth, Á., Egri, A., Viragh, B., Horváth, D., & Jánosi, I.M. (2020). Sunflower inflorescences absorb maximum light energy if they face east and afternoons are cloudier than mornings. *Scientific Reports*, 10, 21597. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78243-z>
14. Hussain, M., Malik, M.A., Farooq, M., Ashraf, M.Y., & Cheema, M.A. (2008). Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194, 193-199. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00305.x>
15. Ibrahim, M.F.M., Faisal, A., & Shehata, S.A. (2016) Calcium chloride alleviates water stress in sunflower plants through modifying some physio-biochemical parameters. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 16(4), 677-693. <https://doi.org/10.5829/idosi.aejaes.2016.16.4.12907>
16. Jug, D., Jug, I., Brozović, B., Vukadinović, V., Stipešević, B., & Đurđević, B. (2018). The role of conservation agriculture in mitigation and adaptation to climate change. *Poljoprivreda*, 24(1), 35-44. <https://doi.org/10.18047/poljo.24.1.5>
17. Jukić, G., Mijić, Z., Šunjić, K., Varnica, I., & Mijić, E. (2017). Utjecaj lokacije i godine na prinos ulja novijih hibrida suncokreta. *Sjemenarstvo*, 30(1-2), 5-10. <https://doi.org/10.33128/s1.30.1-2.1>
18. Killi, D., Busotti, F., Raschiban, A., Haworth, M. (2017). Adaptation to high temperature mitigates the impact of water deficit during combined heat and drought stress in C3 sunflower and C4 maize varieties with contrasting drought tolerance. *Physiologia Plantarum*, 159, 130-147. <https://doi.org/10.1111/ppl.12490>
19. Kouřil, R., Dekker, J.P., & Boekema, E.J. (2012). Supramolecular organization of photosystem II in green plants. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1817(1), 2-12. <https://doi.org/10.1016/j.bbabo.2011.05.024>
20. Krizmanić, M., Liović, I., Mijić, A., & Bilandžić, M. (2004). Influence of drought and hailstorm on the yield and yield components of sunflower. In G. J. Seiler (ed.), *Proceedings of the 16th International Sunflower Conference* (pp. 257-260). International Sunflower Association.
21. Krizmanić, M., Liović, I., Mijić, A., Bilandžić, M., & Duvnjak, T. (2008). Nova generacija OS hibrida suncokreta tolerantnih na sušu i visoke temperature. U M. Pospišil (ur.), *Zbornik radova 43. hrvatskog i 3. međunarodnog simpozija agronoma* (str. 299-303). Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
22. Krizmanić, M., Liović, I., Mijić, A., Krizmanić, G., Šimić, B., Duvnjak, T., Bilandžić, M., Marinković, R., Gadžo, D., & Markulj, A. (2012). Utjecaj okolina na kvantitativna svojstva novih OS-hibrida suncokreta. *Sjemenarstvo*, 29(3-4), 121-135.

23. Liović, I., Horvat, D., Mijić, A., Sudarić, A., Duvnjak, T., & Markulj Kulundžić, A. (2021). Procjena stabilnosti uroda zrna i sadržaja ulja hibrida suncokreta AMMI analizom. *Poljoprivreda*, 27(1), 3-10. <https://doi.org/10.18047/poljo.27.1.1>
24. Liović, I., Mijić, A., Markulj Kulundžić, A., Duvnjak, T., Gadžo, D. (2017). Utjecaj vremenskih uvjeta na urod zrna, sadržaj ulja i urod ulja novih OS hibrida suncokreta. *Poljoprivreda*, 23(1), 34-39. <https://doi.org/10.18047/poljo.23.1.6>
25. Loose, L.H., Heldwein, A.B., Lucas, D.D.P., Hinnah, F.D., & Bortoluzzi, M.P. (2017). Sunflower emergence and initial growth in soil with water excess. *Engenharia Agricola*, 37(4), 644-655. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n4p644-655/2017>
26. Ludlow, M.M., & Muchow, R.C. (1990). A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. *Advances in Agronomy*, 43, 107-153. [http://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60477-0](http://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60477-0)
27. Marinković, R., Dozet, B., & Vasić, D. (2003). *Oplemenjivanje suncokreta: monografija*. DOO „Školska knjiga“, Novi Sad.
28. Markulj, A., Viljevac Vuletić, M., Kovačević, J., Josipović, A., Liović, I., Mijić, A., Sudarić, A., & Matoša Kočar, M. (2014). Water deficiency effects on photosynthetic performance in leaves of sunflower plants at developmental stage of butonisation. In M. Baban, & B. Đurđević (ed.), *7th international scientific/professional conference "Agriculture in nature and environment protection"* (pp. 191-195). Glas Slavonije d.d., Osijek, Croatia.
29. Markulj Kulundžić, A. (2019). *Biokemijski mehanizmi regulacije učinkovitosti fotosustava II u listovima suncokreta pod utjecajem okolišnog stresa* [Doktorska disertacija, Poslijediplomski interdisciplinarni sveučilišni studij Molekularne bioznanosti u Osijeku]. http://mobi.unios.hr/wp-content/uploads/završeni_doktorati/antonela.markulj.kulundzic.pdf
30. Markulj Kulundžić, A., Iljkić, D., Antunović, M., Sudarić, A., & Varga, I. (2023a). The relationship between chlorophyll a fluorescence parameters and yield components in sunflower hybrids. *Botanica Serbica*, 47(1), 103-111. <https://doi.org/10.2298/BOTSERB2301103M>
31. Markulj Kulundžić, A., Josipović, A., Matoša Kočar, M., Viljevac Vuletić, M., Antunović Dunić, J., Varga, I., Cesar, V., Sudarić, A., & Lepeduš, H. (2022a). Physiological insights on soybean response to drought. *Agricultural Water Management*, 268, 107620. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107620>
32. Markulj Kulundžić, A., Kovačević, J., Viljevac Vuletić, M., Josipović, A., Liović, I., Mijić, A., Lepeduš, H., & Matoša Kočar, M. (2016a). Impact of abiotic stress on photosynthetic efficiency and leaf temperature in sunflower. *Poljoprivreda*, 22(2), 17-22. <https://doi.org/10.18047/poljo.22.2.3>
33. Markulj Kulundžić, A., Mijić, A., Liović, I., Varga, I., & Viljevac Vuletić, M. (2023b). Insight into the physiological mechanism of sunflower plants from the

aspect of chlorophyll a fluorescence. In H. Lepeduš, M. Viljevac Vuletić, & Z. Zdunić (eds.), *Chlorophyll a fluorescence measurements in Croatia - first twenty years* (pp. 115-125). Agricultural Institute Osijek.

34. Markulj Kulundžić, A., Sudarić, A., Matoša Kočar, M., Mijić, A., Liović, I., Viljevac Vuletić, M., Varga, I., Cesar, V., & Lepeduš, H. (2022b). Sunflower agronomic traits in field irrigation conditions. *Genetika-Belgrade*, 54(1), 473-489. <https://doi.org/10.2298/GENSR2201473K>
35. Markulj Kulundžić, A., Viljevac Vuletić, M., Jocić, S., Cvejić, S., Matoša Kočar, M., Mijić, A., Liović, I., Sudarić, A., Lepeduš, H., Kovačević, J., & Josipović, A. (2016b). Effect of different soil water content effect on genotype expression in photosynthetic efficiency and leaf temperature in sunflower. *Genetika*, 48(3), 971-982. <https://doi.org/10.2298/GENSR1603971M>
36. Markulj Kulundžić, A., Viljevac Vuletić, M., Matoša Kočar, M., Antunović Dunić, J., Varga, I., Zdunić, Z., Sudarić, A., Cesar, V., & Lepeduš, H. (2022c). Effect of elevated temperature and excess light on photosynthetic efficiency, pigments, and proteins in the field-grown sunflower during afternoon. *Horticulturae*, 8(5), 392. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8050392>
37. Markulj Kulundžić, A., Viljevac Vuletić, M., Matoša Kočar, M., Mijić, A., Varga, I., Sudarić, A., Cesar, V., & Lepeduš, H. (2021). The combination of increased temperatures and high irradiation causes changes in photosynthetic efficiency. *Plants*, 10, 2076, 14. <https://doi.org/10.3390/plants10102076>
38. Markulj Kulundžić, A., Viljevac Vuletić, M., Sudarić, A., Varga, I., & Matoša Kočar, M. (2022d). Does the water content affect the performance index in the sunflower grain filling stage? In I. Majić, & Z. Antunović (eds.), *Proceedings of the 57th Croatian & 17th International Symposium on Agriculture* (pp. 220-224). Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, J.J. Strossmayer University of Osijek.
39. Matoša Kočar, M., Josipović, A., Sudarić, A., Duvnjak, T., Viljevac Vuletić, M., Marković, M., & Markulj Kulundžić, A. (2022). Chlorophyll a fluorescence as tool in breeding drought stress-tolerant soybean. *Journal of Central European Agriculture*, 23(2), 305-317. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/23.2.3437>
40. Maxwell, K., & Johnson, G.N. (2000). Chlorophyll fluorescence - a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51(345), 659-668. <https://doi.org/10.1093/jxb/51.345.659>
41. Melis, A. (1999). Photosystem-II damage and repair cycle in chloroplasts: what modulates the rate of photodamage in vivo? *Trends in Plant Science*, 4(4), 130-135. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(99\)01387-4](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(99)01387-4)
42. Mijić, A., Liović, I., Kovačević, V., & Pepo, P. (2012). Impact of weather conditions on variability in sunflower yield over years in eastern parts of Croatia and Hungary. *Acta Agronomica Hungarica*, 60(4), 397-405.
43. Mijić, A., Liović, I., Sudarić, A., Duvnjak, T., Šimić, B., & Markulj Kulundžić,

- A. (2022). Makropokusi kao važan čimbenik u procjeni agronomskih svojstava hibrida suncokreta. *Poljoprivreda*, 28(1), 24-31. <https://doi.org/10.18047/poljo.28.1.4>
44. Mijić, A., Liović, I., Sudarić, A., Gadžo, D., Jovović Z., Jankulovska, M., Markulj Kulundžić, A., & Duvnjak, T. (2017). The effect of environment on the phenotypic expression of grain yield, oil content and oil yield in sunflower hybrids. *Agriculture and Forestry*, 63(1), 309-318. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.63.1.32>
 45. Mullet, J.E., & Whitsitt, M.S. (1996). Plant cellular response to water deficit. *Plant Growth Regulation*, 20, 119-124. <https://doi.org/10.1007/BF00024008>
 46. Paixao, J., Casaroli, D., Battisti, R., Pêgo, E.J., & Mesquita, M. (2020). Characterizing sugarcane production areas using actual yield and edaphoclimatic condition data for the State of Goiás, Brazil. *International Journal of Plant Production*, 14, 511-520. <https://doi.org/10.1007/s42106-020-00101-9>
 47. Pasda, G., & Diepenbrock, W. (1991). The physiological yield analysis of sunflower. Part II. Climate factors. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 93(5), 155-168. <https://doi.org/10.1002/lipi.19910930501>
 48. Pevalek-Kozlina, B. (2003). *Fiziologija bilja*. Profil, Zagreb.
 49. Pinheiro, A.H., DaMatta Fabio, M., Chaves Agnaldo, R.M., Fontes Elizabeth, P.B., & Loureiro Marcelo, E. (2004). Drought tolerance in relation to protection against oxidative stress in clone of *Coffea canephora* subjected to long-term drought. *Plant Science*, 167(6), 1307-1314. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.06.027>
 50. Plavšin, N., & Nedić, N. (2015). *Praktikum iz pčelarstva*. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu.
 51. Pospišil, M. (2013). *Ratarstvo II dio - Industrijsko bilje* (str. 3-45). Zrinski d.d., Čakovec
 52. Pospišil, P. (2016). Production of reactive oxygen species by photosystem II as a response to light and temperature stress. *Frontiers in Plant Sciences*, 7, 1950. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01950>
 53. Puškadija, Z., Mijić, A., Zdunić, Z., Gadžo, D., Štefanić, E., Đikić, M., Opačak, A., & Florijančić, T. (2009). Utjecaj oprašivanja medonosnom pčelom (*Apis mellifera carnica* L.) na agronomska svojstva suncokreta. *Radovi Poljoprivredno-prehrambenog fakulteta Univerziteta u Sarajevu*, 59(2), 181-187.
 54. Razi, H., & Assad, M.T. (1999). Comparison of selection criteria in normal and limited irrigation in sunflower. *Euphytica*, 105, 83-90. <https://doi.org/10.1023/A:1003472212917>
 55. Šugljin, I. A. (1967). Spektralno rasporedjenje prjamoj solnečnoj radiaciji v tečenje sutok dja različnih širót zemlji kak faktor morfogeneza rastenij.

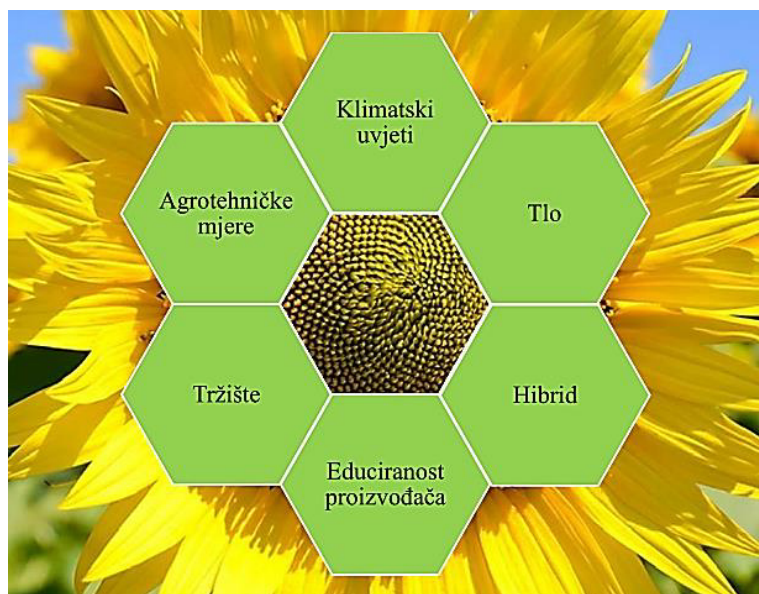
Fitomeričeskie isledovanija rastitelnogo pokrova. Izd. Vaglus, Talin.

56. Škorić, D., Marinković, R., Jocić, S., Jovanović, D., & Hladni, N. (2002). Dostignuća i dalji pravci u oplemenjivanju suncokreta i izbor hibrida za setvu u 2002. godini. U D. Miladinović (ur.), *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* (36, str. 147-160). Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
57. Vidaković-Cifrek, Ž., & Tkalec, M. (2023). Chlorophyll a fluorescence in evaluation of plant responses to environmental signal. In H. Lepeduš, M. Viljevac Vuletić, & Z. Zdunić (eds.), *Chlorophyll a fluorescence measurements in Croatia - first twenty years* (pp. 19-27). Agricultural Institute Osijek.
58. Vranceanu, A.V. (2000). *Floarea-soarelui hibrida*. Editura Ceres.
59. Vrebalov, T. (1989). Ekologija i gajenje suncokreta. U S. Milošević (ur.), *Suncokret* (str. 31-54). Nolit, Beograd.
60. Vukadinović, V., Jug, I., & Đurđević, B. (2014). *Ekofiziologija bilja*. Neformalna savjetodavna služba.
61. Xiao, D., Moiwo, J.P., Tao, F., Yang, Y., Shen, Y., Xu, Q., Liu, J., Zhang, H., & Liu, F. (2015). Spatiotemporal variability of winter wheat phenology in response to weather and climate variability in China. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20(7), 1191-1202.
<https://doi.org/10.1007/s11027-013-9531-6>
62. Yamori, W., Hikosaka, K., & Way, D.A. (2014). Temperature response of photosynthesis in C3, C4, and CAM plants: temperature acclimation and temperature adaptation. *Photosynthesis Research*, 119(1-2), 101-117.
<https://doi.org/10.1007/s11120-013-9874-6>

6. AGROTEHNIČKE MJERE UZGOJA SUNCOKRETA

*Anto Mijić
Drena Gadžo
Ivica Liović
Anamarija Banaj*

Glavni cilj svakog proizvođača suncokreta je ostvariti što veći prinos ulja ili bjelanchovina po jedinici površine. U realizaciji ovog cilja od iznimne važnosti su genetski čimbenici s jedne strane, okolinski s druge strane te njihova interakcija (Slika 6.1.). Okolinski čimbenici često limitiraju proizvodnju suncokreta, a od njih treba istaknuti klimu, odnosno vrijeme, tlo te agrotehniku (tehnologiju uzgoja). Agrotehnika predstavlja skup mehaničkih, fizikalnih, kemijskih i bioloških zahvata na poljoprivrednom zemljištu s ciljem povećanja ili održavanja trenutne plodnosti zemljišta (Pravilnik o agrotehničkim mjerama, NN 22/2019), odnosno skup agrotehničkih mjera kojima se postojeći agroekološki uvjeti prilagođavaju biološkim zahtjevima kulture u cilju što boljeg iskorištavanja njenog genetskog potencijala. Dakle, uloga agrotehnike je omogućiti optimalan rast i razvoj kulturnih biljaka, uz postizanje maksimalnog prinosa u količini i kakvoći, prema uloženom radu i



Slika 6.1. Čimbenici uspješnosti proizvodnje suncokreta

sredstvima uz očuvanje plodnosti tla. Također je važno naglasiti da se agrotehnikom ne mogu u potpunosti neutralizirati neželjeni učinci abiotskog i biotskog stresa na biljku, ali ih se može svesti na najmanju moguću mjeru. Naime, agrotehničkim mjerama “pomažemo” biljci da se prilagodi na nepovoljne uvjete uz minimalno smanjenje vrijednosti najvažnijih agronomskih svojstava (Mijić i sur., 2020). Intenzivnija i sveobuhvatnija tehnologija u znatnoj mjeri umanjuje negativan učinak vremenskih prilika na prinos. Imajući u vidu pojavu sve sušnijih vegetacijskih sezona, ljeta s manjim količinama oborina, višim temperaturama i iznimno visokim dnevnim temperaturnim maksimumima, ali i fluktuacije vremenskih parametara u kratkom razdoblju (Jug i sur., 2018), uloga agrotehničkih mjera je još više naglašena.

6.1. PLODORED

Plodored ili plodosmjena predstavlja temelj biljne proizvodnje koji održava ravnotežu u korištenju prirodnih resursa s ciljem ostvarivanja maksimalnih i kvalitetnih prinosa uz očuvanje plodnosti tla i povećanja bioraznolikosti (D. Jug i sur., 2022). To je najracionalniji oblik korištenja tla u ratarskoj proizvodnji (Kussul i sur., 2022) i jedna je od iznimno učinkovitih mjera borbe protiv bolesti i štetnika. Predstavlja organizacijsko-ekonomsku, ali i fitosanitetsku mjeru te je stoga izuzetno važan u biljnoj proizvodnji općenito. Primjena plodoreda doprinosi sigurnosti i povećanju prinosa, usklađenosti proizvodnih djelatnosti, kao i odnosa pojedinih usjeva, sustava obrade, gnojidbe i drugih agrotehničkih i ekonomskih mjera, a istovremeno i očuvanju životne sredine (Gadžo, 2014).

Dobre predkulture za suncokret su strne žitarice (pšenica, ječam, zob) jer napuštaju tlo relativno rano (Varga i sur., 2021). Suncokret ne bi trebalo sijati iza mahunarki. Soja, suncokret i uljana repica imaju neke zajedničke bolesti pa se ne bi trebale uzgajati jedna iza druge (Pospišil, 2013). Poznato je da uzgoj u monokulturi dovodi do povećanog broja štetnih mikroorganizama, kukaca, ali i korova. Isto tako, monokultura podrazumijeva jednostrano iskorištavanje organskih i mineralnih hraniva i vode, korijen biljke je uvijek na istoj dubini što dovodi do iscrpljivanja tla na toj dubini itd. S obzirom na naglašenu osjetljivost suncokreta, prije svega na uzročnike biljnih bolesti, ali i druge navedene razloge, plodored je obvezna mjera pri uzgoju suncokreta (Gadžo i sur., 2011; Mijić, 2020). Svako narušavanje plodoreda povećava rizik proizvodnje.

Kao proljetna okopavina, suncokret se dobro uklapa u plodored, posebno s kukuruzom i pšenicom (Zaniewicz-Bajkowska i sur., 2010), ali i ječmom, uz napomenu da se kod kukuruza obrati pozornost na primijenjene herbicide zbog pojave fitotoksičnosti. Istraživanja pokazuju kako je suncokret bolji predusjev za pšenicu od kukuruza. U sušnim područjima loši predusjevi su lucerna, sirak i šećerna repa jer crpe vodu iz dubljih slojeva tla. Isto tako treba znati da leguminoze ostavljaju značajne količine dušika u tlu zbog čega suncokret kao slijedeći usjev treba pažljivije gnojiti. Previše dušika znači i osjetljivije biljke na napad bolesti, ali nerijetko rezultira i polijeganjem usjeva. Velika prednost suncokreta ogleda se u činjenici što rano napušta tlo te

omogućava pravovremenu sjetvu jesenskih (ozimih) usjeva.

6.2. OBRADA TLA

Prema Jugu i sur. (2023), obrada tla predstavlja svaki mehanički zahvat u pedosferu (tlo) koji ima sljedeće ciljeve i zadaće: formiranje antropogenog (kulturnog) sloja tla, formiranje povoljnih vodozračnih odnosa, manipulaciju biljnim ostacima, kontrolu bolesti, štetočina i korova, inkorporaciju gnojiva u tlo, korigiranje klime (akumulacija, konzervacija, odvodnja) te popravljjanje fizikalnog, kemijskog i biološkog kompleksa tla.

Pravilna obrada tla je najefikasniji način za povećanje plodnosti, a plodnost je najvažnije svojstvo tla kao prirodnog resursa. Kvalitetno obavljena obrada tla prvi je uvjet za potpunu realizaciju genetskog potencijala kultivara i učinkovite primjene svih ostalih agrotehničkih mjera (Đikić, 2014).

Obrada tla za suncokret podrazumijeva pripremu sjetvenog i korijenskog sloja, što znači da ju, prema klasičnom tipu, čine osnovna i predsjetvena (dopunska ili površinska) obrada, a obavlja se po sustavu obrade za jare usjeve. Cilj obrade je da se tlo ostavi u istom stanju ili da se popravi njegova plodnost radi osiguranja optimalnih uvjeta za rast i razvoj narednog usjeva.

Obrada tla je određena zahtjevima usjeva prema fizičkom stanju tla, klimom, predusjevom, nivoom osiguranih hraniva u tlu, kao i tehničkom opremljenosti proizvođača (obiteljskog poljoprivrednog gospodarstva ili poduzeća).

U osnovi postoje tri sustava obrade tla (I. Jug i sur., 2022):

- konvencionalna
- reducirana
- konzervacijska.

Konvencionalni sustav obrade podrazumijeva duboko oranje u jesen kao nezamjenjivu radnu operaciju koja se doskoro standardno koristila kod većine poljoprivrednih proizvođača širom svijeta, pa tako i u Hrvatskoj, s naglaskom na područja koja imaju teška, glinom bogata tla i zime s niskim temperaturama. Oranje je potrebno obaviti što ranije, odnosno čim uvjeti dozvole. Na taj način omogućava se duža izloženost tla oborinama, ali i mrazu.

Ukoliko su predusjev bile strne žitarice, odmah po žetvi treba napraviti prašenje strništa na dubinu 10 – 15 cm s ciljem smanjenja gubitka vode, provociranja rasta korova i zaoravanja žetvenih ostataka. Prednosti se ogledaju i kroz stvaranje organske tvari, tj. humusa i zaliha hranjivih tvari, poboljšanja strukture tla i vodozračnog režima te dreniranosti. U tu svrhu najčešće se koriste kombinirana oruđa sastavljena od tanjurače, drljače, valjaka i drugih radnih elemenata u raznim izvedbama (Slika 6.2.).

Ako se radi o kasnom predusjevu, onda se odmah izvodi oranje na punu dubinu, uz zaoravanje žetvenih ostataka. Ukoliko je predusjev bila leguminoza preporuka je napraviti dva oranja, jedno pliće s ciljem prekida vegetacije predusjeva, a zatim oranje

na punu dubinu (Slika 6.3.). S povećanjem dubine raste i akumulacija veće količine vlage u tlu. Obično se duboko oranje izvodi na 25 do 30 cm dubine. U nekim godinama, proljetno oranje dovodi do smanjenja prinosa i do 30 % (Crnobarac i sur., 2005), a primjenjuje se uglavnom na lakim i pjeskovitim tlima.



Slika 6.2. Plitka obrada kombiniranim oruđem



Slika 6.3. Osnovna obrada tla s plugom premetnjakom

Kada je riječ o preciznoj poljoprivredi treba naglasiti da moderni plugovi koriste senzore za precizno određivanje dubine rada, a svaka promjena dubine rada utječe na

troškove oranja. Isto tako, u posljednje vrijeme precizna poljoprivreda je omogućila i oranje s traktorom čiji kotači gaze po nepooranom dijelu tla ili „on-land“ rad. Ovakav način rada omogućava da traktor ide po ravnoj podlozi, nema gaženja pooranog tla, što omogućava jednolik raspored sila na lijevom i desnom kotaču, a time i veću vučnu silu traktora. Osim toga kvalitetnije je spajanje prohoda, ista visina i struktura pooranog tla na cijeloj parceli, a traktor može imati udvojene kotače, široke gume ili čak gusjenice. Treba napomenuti kako „on-land“ način oranja podrazumijeva automatsko upravljanje traktora s visokom razinom točnosti pozicioniranja i potrebno je koristiti baznu stanicu za korekciju satelitskog signala.

Kada je riječ o oranju, postoji mišljenje da duboko oranje u dužem vremenskom periodu narušava strukturu tla, smanjuje vodopropusnost, negativno utječe na vodozračne odnose, povećava evaporaciju, stvara „taban pluga“ i u cijelosti smanjuje plodnost tla tako da sve veći broj proizvođača izostavlja oranje.

Preostala dva sustava obrade tla (reducirana i konzervacijska) imaju svoje specifičnosti koje proizlaze iz različitih ekoloških uvjeta, ali i objektivnih mogućnosti za prihvaćanje novih znanstvenih spoznaja i tehnoloških inovacija, a dijelom i različitih koncepcija u području obrade tla (Butorac i sur., 2006). Nastala su kao odgovor na problem erozije, evidentno sve češće suše, povećane troškove energije i općenito inputa u proizvodnji, nebrigu za okolinu i zdravlje tla itd.

Reduciranom obradom je smanjen broj radnih operacija pri čemu se obično izostavlja oranje. Ovom obradom se smanjuje gaženje i zbijanje tla čime je omogućena bolja infiltracija i aeracija dubljih slojeva tla. U odnosu na konvencionalnu obradu tla, troškovi reducirane obrade su znatno manji, a tlo se čuva od daljnje degradacije fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava (I. Jug i sur., 2022).

Konzervacijskom obradom se ne preokreću slojevi tla, a nakon svih provedenih operacija na površini ostaje najmanje 30 % žetvenih ostataka predusjeva koji štite usjev od erozije i prekomjerne evaporacije. Dopunskom obradom se žetveni ostaci izmiješaju s površinskim slojem tla do 10 cm dubine (Košutić, 2004). U svijetu postoje ogromna područja kod kojih se sjetva suncokreta odvija bez konvencionalne obrade tla. Primjer je Argentina koja takvu sjetvu obavlja na 2 milijuna ha. U europskim zemljama također dolazi do znatnog povećanja površina pod konzervacijskom obradom, kao i izbora strojeva za konzervacijsku obradu (Kassam i sur., 2018).

Primarni cilj dopunske obrade je ravnanje i rastresanje tla s ciljem podizanja temperature tla, očuvanja vlage, odnosno poboljšanja vodnih i toplinskih prilika u sjetvenom sloju, uništavanje tek izniklih korova i unošenje gnojiva. Kvaliteta takve obrade uvjetovana je vremenom i kvalitetom osnovne obrade, ali i tipom tla. Treba ju obaviti pri optimalnoj vlazi tla. Cilj je osigurati kvalitetan sjetveni sloj, tj. tvrdu posteljicu tako da se stvori dobar kontakt s vlagom iz dubljih slojeva i „mek“ pokrivač koji omogućava jednaku dubinu sjetve, ujednačenu pokrivenost sjemena, brzo i ujednačeno klijanje i nicanje, a time i ravnomjerniji početak ostalih fenofaza rasta i razvoja biljke.

Uobičajeno, dopunska obrada se izvodi u dva navrata. Prvi put se obavlja što ranije u

proljeće s ciljem zatvaranja brazde. Obavlja se najčešće drljačom ili rotodrljačom. Drugi put tlo se priprema neposredno ili nekoliko dana pred sjetvu radi osiguranja optimalnih uvjeta za ujednačeno nicanje, ali i djelovanje herbicida (Slika 6.4.). Dubina rada treba biti takva da se osigura 5 – 7 cm rastresitog površinskog sloja (Pospišil, 2013). Treba izbjegavati teška dopunska oruđa i nepotrebne prohode strojevima. Iznimno se, u slučaju jače zakorovljenosti ili na teškim zbijenim tlima koriste tanjurače.



Slika 6.4. Kombinirano oruđe koje u sebi ima elemente sjetvospremača

Razvoj tehnologije utjecao je i na napredak u predsjetvenoj obradi. Istraživanja su pokazala da se u klasičnoj predsjetvenoj obradi događa da između dva prohoda širokozahvatnog agregata ostaju neobrađeni dijelovi, ali češće da se radi o preklapanju prohoda, što tijekom dana može iznositi od 50 do 80 cm, a pri noćnom radu i do 100 cm. Primjena GPS tehnologije, odnosno precizne poljoprivrede, omogućava točno spajanje prohoda i time ostvarivanje uštede od najmanje 10 %. Osim toga, znatno je olakšan rad traktoriste, manje je umaranje i potreba za odmorom, a djelatnik je zadovoljniji što povećava radni učinak.

6.3. GNOJIDBA

U realizaciji genetskog potencijala za najvažnija agronomska svojstva bilo koje ratarske kulture pa tako i suncokreta, gnojidba zauzima iznimno važno mjesto. Samo pravilno ishranjena biljka suncokreta ostvarit će zadovoljavajuću i stabilnu razinu, prije svega prinosa zrna i ulja. Sam utjecaj gnojidbe na ostvarivanje očekivanog prinosa iznosi preko 30 %.

Količina i vrste gnojiva su različite i ovise, prije svega, o planiranom prinosu, plodnosti i kemijskoj reakciji tla, prethodnoj kulturi i gnojidbi, korištenju organskih

gnojiva, klimi, fizičkim svojstvima tla, prije svega ispiranju tla itd. (Polevoy i sur., 2013; Oshundiya i sur., 2014). Količina gnojiva ovisi i o ekonomičnosti primjene (Šarić i sur., 2010). Pojedini hibridi suncokreta zahtijevaju specifičnu gnojidbu. Iz toga proizlazi kako ne postoji jedan opći model za gnojidbu, nego se ona mora prilagoditi svakom pojedinom hibridu, području, parceli, a u posljednje vrijeme i dijelu parcele, tzv. „precizna gnojidba“ uz pomoć GIS i GPS tehnologije (Jurišić i sur., 2021). Isto tako, važno je i poznavanje svakog pojedinog elementa te njegove uloge u rastu i razvoju biljke.

Bitna uloga gnojidbe je osiguranje zadovoljavajuće ili popravljjanje slabije plodnosti tla uz ostvarenje visokih i stabilnih prinosa. Isto tako potrebno je ostvariti balans između ukupno potrebne količine hraniva za planirani prinos i za biljku pristupačnih hraniva u tlu, a to podrazumijeva gnojidbu na osnovu provedene analize tla. Zadatak gnojidbe je da suncokretu osigura optimalnu količinu hraniva tijekom cijele vegetacije.

Suncokret ima velike potrebe prema hranivima jer stvara veliku vegetativnu masu i visoke prinose zrna. U intenzivnoj proizvodnji suncokreta koriste se uglavnom mineralna gnojiva, dok se stajnjak kao najvažnije organsko gnojivo, koristi samo pri meliorativnoj gnojidbi ili ako se suncokret uzgaja za zelenu biomasu.

Dušična gnojiva primarno utječu na vegetativni porast, veličinu glave i prinos. Pri većim dozama dušika povećava se sadržaj bjelančevina, ali se smanjuje sadržaj ulja u zrnu. Fosforna i kalijeva gnojiva utiču na povećanje sadržaja ulja u zrnu i povećavaju otpornost biljaka prema bolestima i općenito stresu.



Slika 6.5. Centrifugalni rasipači mineralnog gnojiva

Osnovna gnojidba se obavlja u jesen, razbacivanjem (Slika 6.5.) i zaoravanjem mineralnih gnojiva na dubinu na kojoj se razvija glavna masa korijena te bi stoga ovo

trebala biti redovita agrotehnička mjera. Ovim načinom gnojidbe se potiče bolje ukorjenjivanje i razvoj jačeg korijena, a time i veća tolerantnost na sušu. Preporuka je da se osnovnom gnojidbom u tlo unesu dvije trećine fosfora i kalija te jedna trećina dušika. Poznato je da fosfor i kalij slabo migriraju u tlu te ih zbog toga treba unijeti oranjem u dublje slojeve.

Ako suncokret dolazi nakon pšenice ili ječma, neophodno je plitko oranje (prašenje strništa) na dubinu od 10 do 12 cm, uz dodavanje uree kako bi se izbjegla „dušična depresija“, ali i ubrzala razgradnja organske tvari. Preostala jedna trećina fosfora i kalija te jedna trećina dušika dodaju se s predstjetvenom pripremom tla.

Okvirne doze hraniva su: 80 – 120 kg/ha dušika (N), 120 – 140 kg/ha fosfora (P_2O_5) i 120 – 160 kg/ha kalija (K_2O). Primjer gnojidbe: u osnovnoj obradi zaorati 300 – 350 kg/ha NPK 7-20-30 ili NPK 8-26-26. Predstjetveno se može dodati 100 kg/ha uree i 150 kg/ha NPK 15-15-15.

Potrebe za prihranom ovise o plodnosti tla, stanju usjeva i količinama oborina (N se lako ispire iz tla). Prihrana se obavlja s KAN-om (27 %) s obzirom da je dušik potreban biljci u lakopristupačnom obliku. S preostalim trećinom dušika, prihranjuje se jednom ili dva puta tijekom vegetacije. Prvo prihranjivanje je u fazi 3 – 4 lista, a drugo kad suncokret razvije 7 – 8 listova (Mijić i sur., 2020). Treba naglasiti da N min metoda značajno povećava racionalnu primjenu dušičnih gnojiva.

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović
e-mail: vladimir@tlo-i-biljka.eu
<http://tlo-i-biljka.eu>

ALR kalkulator

Proračun gnojidbe ratarskih usjeva

Vladimir Vukadinović, HR-31000 Osijek, (v1.0 1997.; v8.10 2017. god.). Public ver. 8.10

Unos podataka:			
Ime datoteke: Banaj-001		<i>Koristi se decimalna točka!</i>	
Prezime i ime: Banaj Đuro	Adresa: Jakšić	Naziv parcele: Pustara	
Površina parcele ha: 2	Vrsta usjeva: suncokret (2 4-5 7 t/ha)	Planirani prinos t/ha: 5 0	
Org. gnoj. t/ha: 0	God. prim. staj.: bez org. gnoja	Predusjev: kukuruz	
Žetv. ostaci t/ha: 5 0	pH (KCl): 4.98	Humus %: 2.59	
AL- P_2O_5 mg/100g: 23.66	AL- K_2O mg/100g: 32.62	Tekstura tla: srednja	
Formulacija NPK: 8 : 26 : 26	P_2O_5 -gnojivo: Bez P-gnojiva	K_2O -gnojivo: Bez K-gnojiva	
NPK kn/t:	P-gnojivo kn/t:	K-gnojivo kn/t:	
Urea kn/t:	KAN kn/t:	ALR kalkulator računa i bez unesene cijene gnojiva!	
Spremi u bazu i računaj gnojidbu			

PODACI O PARCELI:

Vlasnik:	Banaj Đuro
Adresa:	Jakšić
Naziv parcele:	Pustara
Površina parcele:	2 ha
Usjev:	suncokret
Planirani prinos:	5.0 t/ha
Zaorano stajnjaka:	0 t/ha
God. prim. staj.:	bez org. gnoja
Predusjev:	kukuruz
Žetveni ostaci:	5 t/ha
pH(KCl):	4.98
Humus %:	2.59
AL- P_2O_5 :	23.66 mg/100g
AL- K_2O :	32.62 mg/100g
Rata N-min:	105 kg N/ha/god.

GNOJIDBENA PREPORUKA:

Idealna formulacija:	9:9:0
Potreba akt. tvari:	150:80:0 kg/ha
Ukupna cijena gnojiva:	0 kn
NPK:	8:26:26 za 2 ha 308 kg NPK = 0 kn
Urea:	150 za 2 ha 300 kg Urea = 0 kn
KAN:	255 za 2 ha 510 kg KAN = 0 kn

Slika 6.6. Izračun potrebnih količina mineralnih gnojiva

Za proračun optimalne gnojidbe najznačajnijih ratarskih usjeva (Slika 6.6.), na temelju rezultata analize tla AL-metodom kao i nekih drugih, dopunskih podataka kao što su vrsta i količina žetvenih ostataka, primjena organskog gnojiva, agroekološko područje i teksturna grupa tla, može se koristiti ALR kalkulator za proračun gnojidbe ratarskih usjeva (Vukadinović, 2017).

6.3.1. FOLIJARNA GNOJIDBA

Folijarna gnojidba predstavlja dodatnu mogućnost pozitivnog utjecaja na rast i razvoj suncokreta tijekom vegetacije, odnosno na prinos i kvalitetu zrna. Ona omogućava nadopunjavanje i usklađivanje gnojidbe koju smo prethodno izvršili preko tla (Milev, 2015). Poseban značaj folijarne gnojidbe je u nepovoljnim uvjetima proizvodnje kada biljna hraniva nisu u pristupačnom obliku (Krizmanić i sur., 2000; Ehmke, 2018; Liović i sur., 2019). Isto tako, u određenim uvjetima, kao što su nepravilno gospodarenje, loše vremenske prilike prije sjetve, tuča, folijarna gnojidba ostaje kao jedina opcija kojom možemo pozitivno i brzo utjecati na rast i razvoj usjeva. Suncokret pokazuje znatnu osjetljivost na nedostatak mikroelemenata tako da i tu folijarna gnojidba ima značajno mjesto (Jyothi i sur., 2018; Kaleri i sur., 2019). I ovdje je važno istražiti djelovanje svakog pojedinog folijarnog gnojiva, vrijeme i broj primjena, točan način i dozu kako bi se postigao optimalan učinak.

6.3.2. BIOSTIMULATORI

Pojava sve češćih stresova, izazvanih promjenama u okolini, u velikoj mjeri ograničava razvoj i prinos biljaka. U tom kontekstu, u posljednje vrijeme intenziviralo se proučavanje neotrovnih, prirodnih aktivnih tvari koje bi zaštitile i stimulirale biljku kako bi i u takvim stresnim uvjetima ostvarila zadovoljavajući prinos. U takve tvari ubrajaju se i biostimulatori. Njihova je značajka da utječu na fiziološke procese u biljkama, podižu nivo otpornosti na stres te na taj način indirektno povećavaju prinose (Miklić i sur., 2015; Bell i sur., 2021; Krstić i sur., 2021). S obzirom na ta svojstva, biostimulatori su sve neophodniji u biljnoj proizvodnji i postaju neizostavni u sklopu mjera njege usjeva. Pravilnom primjenom biostimulatora smanjuje se negativan učinak brojnih stresnih uvjeta izazvanih abiotским (mraz, suša, niske i visoke temperature, nedostatak vlage) i biotskim čimbenicima (bolesti, štetnici). Oni omogućavaju bolje iskorištavanje hraniva i pomažu biljci u zadovoljavanju visokih energetske potrebe u različitim fenofazama. Danas su u primjeni najviše biostimulatori na bazi aminokiselina jer imaju dokazani učinak na biljke, male doze primjene i prihvatljivu cijenu. Bitno je naglasiti da je neophodno istražiti djelovanje svakog biostimulatora na pojedinu kulturu, kako ne bi došlo do neželjenih učinaka (Ernst i sur., 2016; Silva i sur., 2018).

6.4. IZBOR HIBRIDA

Prije sjetve neophodno je definirati namjenu suncokreta, odnosno sijemo li uljni ili konzumni (proteinski, konditorski, krupnoplodni) suncokret. U svijetu se uglavnom

sije uljni suncokret iako postoje zemlje i sa znatnim udjelom proteinskog suncokreta u sjetvi (Kina, SAD, Turska, Rusija, Ukrajina). Ako je odluka uljni suncokret onda treba otkloniti dvojbu, sijati linolni ili oleinski tip? U sjetvi je češći linolni tip suncokreta iako je u posljednjih nekoliko godina intenzivirana i sjetva oleinskog kojeg se u Francuskoj sije oko 65 %. U Hrvatskoj su površine pod oleinskim suncokretom male.

Kod izbora hibrida važno je poznavanje površine na kojoj će se suncokret proizvoditi, predusjeva, zakorovljenosti tla, višegodišnjih prosjeka oborina i temperatura, bolesti i štetnika na tom području, tipa tla, tehnoloških mjera u proizvodnji, mogućnosti konzultiranja sa stručnjacima, agronomima itd. Ne manje važno je i usvajanje znanja o proizvodnji ove kulture koje mora biti kontinuirano s naglaskom na uvođenje novih hibrida i novih tehnologija u proizvodnju.

Suvremeno oplemenjivanje suncokreta nastoji odgovoriti izazovima tržišta. Primaran naglasak je stavljen na kreiranje hibrida visokog prinosa zrna i ulja koji će taj nivo zadržati u različitim okolinskim uvjetima (različiti tip tla, ekološki uvjeti, agrotehnika). Pored navedenog, naglasak se daje i na tolerantnost na bolesti te stvaranje hibrida tolerantnih na sušu koja posljednjih godina prati biljnu proizvodnju u regiji. Posebni programi i projekti usmjereni su na kvalitetu ulja, tj. stvaranje hibrida s visokim sadržajem oleinske kiseline.

U posljednjih petnaest godina došlo je do primjene novih tehnologija u proizvodnji suncokreta: Clearfield, Clearfield Plus i Express Sun, odnosno hibrida tolerantnih na herbicide iz kemijskih grupa imidazolinona (imazamoksa) i sulfonilurea (tribenuron-metila), čime je znatno olakšano suzbijanje širokolisnih korovnih vrsta u suncokretu.

Zlatno pravilo ratarske proizvodnje treba koristiti i za suncokret, a to je kada se sije na većim površinama svakako treba sijati dva ili više hibrida kako bi se eventualni propusti u izboru hibrida sveli na najmanju moguću mjeru.

Proizvodnja suncokreta u Hrvatskoj i okruženju zasniva se na hibridima koje na tržište stavljaju ugledne sjemenske kuće ili njihovi predstavnici: Poljoprivredni institut Osijek, Pioneer, Syngenta, KWS, RWA, Strube, Mauthner, BC institut, Maisadour, Cerera Agro, Agronom, Saaten Union, Poljoopskrba, Agrimatco, Mas Seeds i Agromag.

Gotovo svaka od spomenutih sjemenskih kuća odnosno predstavnika ima hibride različite dužine vegetacije. Prema Pospišilu (2008) razlikujemo:

- vrlo rane (dužina vegetacije ispod 100 dana)
- rane (dužina vegetacije od 101 do 110 dana)
- srednje rane (dužina vegetacije od 111 do 120 dana)
- srednje kasne (dužina vegetacije od 121 do 130 dana)
- kasne (dužina vegetacije od 131 do 140 dana)
- vrlo kasne (dužina vegetacije iznad 140 dana) hibride suncokreta.

6.5. SJETVA

Suncokret se sije u velikom rasponu različitih agroekoloških uvjeta te se može reći da je širokoadaptabilna kultura. Areal uzgoja obuhvaća sjevernu i južnu hemisferu, različite kontinente, zemlje, ali i različita područja unutar jedne zemlje. Stoga je neophodno za svako proizvodno područje definirati, pored ostalih agrotehničkih mjera, i optimalan rok sjetve (Krizmanić i sur., 2001; Vratarić, 2004; Balalić i sur., 2007, 2012, 2016; Ahmed i sur, 2015).

Sjetvu suncokreta treba započeti kada se tlo na dubini od 5 cm zagrije od 8 do 10 °C. Na području istočne Hrvatske to je obično u drugoj dekadi četvrtog mjeseca. U pravilu se prvo posiju površine sa srednje kasnim, a zatim srednje ranim hibridima, dok se rani hibridi ostavljaju za kraj sjetve. Na taj način se izbjegava mogućnost neuspjeha proizvodnje uvjetovane produženjem vegetacije uslijed snižavanja temperatura, obilnijih kiša i vjetrova u jesen. U posljednjim godinama na području istočne Hrvatske, obavlja se i tzv. „rana sjetva“ (kraj trećeg te početak četvrtog mjeseca) ukoliko vremenske prilike dozvole. Rana sjetva, uz opravdani rizik od neujednačenog nicanja, mogućnosti pojave kasnijih mrazova te smanjenja sklopa pa sve do propadanja cjelokupne posijane površine, pokazala se kao opravdana jer se produžuje interval sjetve. Kod posijanog sjemena u hladno i vlažno tlo, ukoliko dulje vrijeme ne proklije, dolazi do smanjenja biološke potentnosti, odnosno povećava se mogućnost izloženosti zemljišnim štetnicima. Kasna sjetva često dovodi do smanjenja prinosa zrna. U zadnjih nekoliko godina, sve više poljoprivrednika sjetvu širokorednih kultura pa tako i suncokreta, obavlja isključivo s pneumatskim podtlačnim sijačicama (Slika 6.7.).



Slika 6.7. Pneumatska sijačica za sjetvu suncokreta

Dobre i precizne sijačice popunjavaju otvore sjetvenih ploča u 95 % slučajeva s jednom sjemenkom (Schrödl, 1993). Ovaj podatak može biti pouzdan za ostvarenje

sklopa, ali u njemu se kriju i dvostruke izbačene sjemenke koje se ovim postotkom ne mogu utvrditi. Nakon odabira hibrida i podešavanja prijenosnog omjera, treba pristupiti podešavanju skidača viška sjemena s obzirom na oblik i veličinu zrna. Podešeni skidač sjemena osigurava kvalitetnu sjetvu, a u protivnom dolazi do pojave praznog prostora unutar reda bez sjemena ili do pojave više sjemenki (2 – 3 sjemenke) na istome mjestu pri čemu se onemogućava optimalan rast i razvoj biljaka radi pomanjkanja vegetacijskog prostora.

Pokazatelj preciznosti sjetve je utvrđivanje postotka duplih zrna i praznih mjesta (neposijanih zrna) unutar reda (Berus, 2010). Ako je broj duplih zrna i praznih mjesta manji od 0,5 % ili je između 0,5 i 2,5 %, smatra se da je sijačica vrlo precizna. Ako je postotak navedenih vrijednosti > 5 % sijačica se mora ponovno podešavati ili se moraju zamijeniti dotrajali dijelovi. Podtlak je najvažniji tehnički čimbenik sjetve jer o njemu ovisi priljubljenost zrna o sjetvenu ploču i mogućnost prijanjana/držanja na istoj. Ako je skidač viška sjemena postavljen preblizu otvora sjetvene ploče, dodirivati će sjemenke nastojeći ih pomaknuti s otvora ploče, ali sjemenka neće pasti ukoliko je odabran optimalni podtlak. Najnepovoljniji odnos je preblizu postavljen skidač sjemena te manji podtlak koji će zasigurno dovesti do pada zrna s otvora sjetvene ploče. Najčešće se koristi podtlak od 300 do 500 mm vodenog stupca, što je između 30 i 50 mbar (Banaj, 2020). Kod američkih proizvođača sijačica sjetva se obavlja s nešto većim vrijednostima podtlaka nego što predlažu europski proizvođači sijačica.

Kod većeg broja novorazvijenih sijačica za sjetvu proljetnih kultura uobičajena je brzina rada od 8 do 12 km/h, ali s povećanjem ukupne mase sijačice i razvojem novijih sustava izuzimanja sjemena, radne brzine tijekom rada mogu se povećati i do 18 km/h. Na odabir brzine rada sijačice u polju prvenstveno utječe stanje tla, željeni razmak unutar reda, vrsta sjemena i tip ugrađenog sjetvenog sustava (cilindar, ploča, sustav s prstima itd.). Brzinu rada u vrijeme sjetve treba povećati dok se ne naruši kvaliteta rada. Podtlačna pneumatska sijačica PSK-4 OLT je najbolje rezultate pri sjetvi suncokreta ostvarila pri brzini rada od 6 km/h (Banaj, 2020).

Narodna poslovice „*kako siješ tako ćeš i žeti*“ odnosi se na sve ratarske kulture, a naročito kod proizvodnje suncokreta. Naime, kod suncokreta postoji velika povezanost između broja biljaka po jedinici površine (sklopa) i važnih agronomskih svojstava: debljine i visine stabljike, promjera glave, mase tisuću zrna, hektolitarske mase, sadržaja ulja i pojave bolesti.

Na osnovu rezultata ispitivanja hibrida u različitim agroekološkim uvjetima, svaka sjemenska kuća daje preporuku za optimalni sklop pri kojem će pojedini hibrid ostvariti genetski potencijal. Postići optimalni sklop je iznimno važno u proizvodnji suncokreta jer samo u takvom sklopu dolazi do maksimalnog iskorištenja čimbenika iz okoline i omogućuje se svakoj biljci da maksimalno realizira svoj potencijal, prije svega prinos zrna i prinos ulja (Mijić i sur., 2021). Kod većine hibrida suncokreta, u pravilu, ranozreli uljni hibridi siju se u sklopu oko 75.000 biljaka/ha, uljni hibridi kasnije vegetacije u sklopu oko 65.000 te konzumni hibridi oko 45.000 biljaka/ha. Za sjetvu suncokreta treba koristiti hibridno sjeme visoke klijavosti i čistoće, zaštićeno od bolesti i štetnika.

Sjetva suncokreta na našem prostoru obavlja se na razmak redova od 70, a rjeđe 75 cm, dok se razmakom unutar reda definira teorijski sklop biljaka/ha. Već nekoliko godina provode se znanstvena istraživanja sjetve suncokreta u udvojene redove, u svijetu poznata kao *Twin Row* tehnologija.

Ova tehnologija sjetve omogućava bolji raspored biljaka unutar reda, veće iskorištenje Sunčeve svjetlosti, hraniva i vlage iz tla te na većini površina doprinosi ostvarenju jednakog ili većeg prinosa zrna po hektaru (Tablica 6.1.).

Tablica 6.1. Iskorištenje vegetacijskog prostora pri standardnoj (70 cm) i *Twin Row* sjetvi

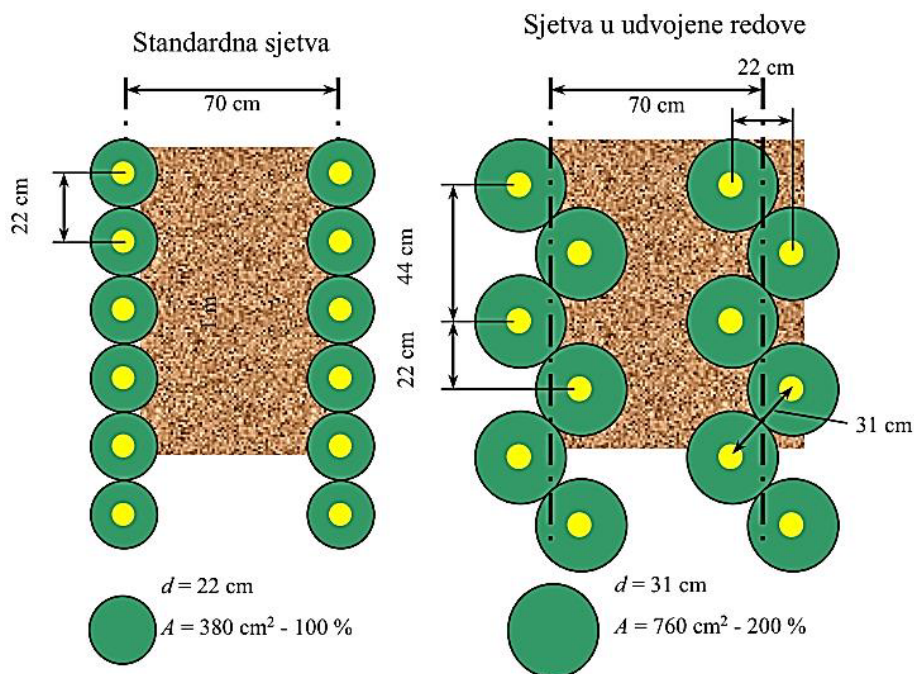
Sklop biljaka/ha	Razmak biljaka unutar reda (cm)	Polumjer razmaka između biljaka	Teorijsko iskorištenje tla po biljci (cm ²)	Teorijsko iskorištenje tla (m ² /sklopu)	Iskorištenje tla po hektaru (%)
60.000	23,7	11,85	441,15	2.646,90	26,47
65.000	21,8	10,90	373,25	2.426,14	24,26
70.000	20,3	10,15	323,65	2.265,58	22,66
75.000	18,9	9,45	280,55	2.104,14	21,04
Iskorištenje vegetacijskog prostora po ha pri sjetvi u udvojene redove na razmak od 22 cm					
60.000	47,33	16,16	819,98	4.919,89	49,20
65.000	43,69	15,50	754,93	4.907,03	49,07
70.000	40,57	14,96	703,31	4.923,17	49,23
75.000	37,86	14,51	661,58	4.961,82	49,62

(Banaj, 2020)

Standardnom sjetvom suncokreta s razmakom redova od 70 cm može se zasijati 142 reda na širini od 100 m. Primjenom „*Twin Row*“ tehnologije (Slika 6.8.), s razmakom udvojenih redova od 22 cm, može se posijati 284 reda na istoj širini. Na tržištu poljoprivredne tehnike mogu se pronaći sijačice s razmakom udvojenih redova 20, 22 ili 25 cm, a središnji razmak susjednih udvojenih redova iznosi 70 ili 75 cm tako da je žetva moguća sa standardnim kombajnom za suncokret. Novija istraživanja pokazuju da se sjetvom u udvojene redove (npr. 22 x 48 cm) ostvaruju statistički značajno veći prinosi zrna (od 18 do 20 %) u odnosu na standardnu sjetvu (Banaj i sur., 2021). U SAD-u se sjetva u udvojene redove primjenjuje na velikim površinama, dok se kod nas *Twin Row* tehnologija obavlja na vrlo malim površinama. Sjetvom kao iznimno važnom agrotehničkom mjerom, planira se između ostalog i sklop biljaka u vegetaciji kroz razmak biljaka unutar reda. Svakom hibridu treba osigurati optimalni životni, odnosno vegetacijski prostor kako bi u što većoj mjeri primao čimbenike iz tla i zraka. On je s jedne strane definiran uvjetima određenog mikropodručja, a s druge strane biološkim odlikama biljke i ciljem uzgoja. Vegetacijski prostor predstavlja umnožak razmaka između redova i unutar reda biljaka i izražen je u cm² ili dm².

Optimalan sklop za većinu hibrida suncokreta, koji su rašireni u proizvodnji, iznosi od 55.000 do 65.000 biljaka po ha. Zasijani veći broj biljaka po ha od optimalnog ima za posljedicu nešto izduženije biljke manjeg promjera glave i stabljike. Upravo su

takve biljke sklone polijeganju, lomu stabljike te bolestima.



Slika 6.8. Teorijsko iskorištenje tla kod sklopa 64.545 biljaka/ha

Suncokret se može sijati i kao naknadni usjev iza ječma, kamilice, graška i drugih kultura koje žanjemo ili ubiremo tijekom lipnja. Međutim, takva proizvodnja suncokreta najčešće je namijenjena za zelenu masu kao pokrovna kultura ili za silažu, najčešće u kombinaciji s kukuruzom ili mahunarkama. Rezultati istraživanja Liovića i sur. (2010) pokazuju da je suncokret sjetvom iza kamilice ostvario zadovoljavajuće prinose zrna i ulja.

Dubina sjetve uvjetovana je razinom podzemne vlage u tlu u vrijeme sjetve, a najčešće iznosi od 4 do 6 cm. Dosadašnja iskustva pokazuju da se sjeme mora položiti barem 1,5 do 2 cm ispod trenutne razine vlage u tlu. Općenito je poznato da se sjetva obavlja pliće na težim i vlažnim tlima s humidnijom klimom, a dublje na lakšim i suhim tlima s aridnijom klimom gdje postoji mogućnost pojave mrazova u vrijeme nicanja. O preciznosti sjetve značajno ovisi očekivani prinos i profitabilnost cijele proizvodnje. Greške učinjene tijekom sjetve najčešće nije moguće kasnije ispraviti ili kompenzirati nekim drugim agrotehničkim mjerama.

Upravo iz svih navedenih razloga, precizna poljoprivreda u okviru koje je i precizna sjetva, ima veliki značaj (Štefanek, 2014). Ona omogućava da se potrebni broj sjemenki najpovoljnije rasporedi unutar reda te položi na točno određenu dubinu u tlo. Važni preduvjeti za ovakvu sjetvu su: automatsko upravljanje traktorom, automatska kontrola sekcija (redova), tehnologija promjenjivog broja (količine) i

nadzor protoka sjemena. To podrazumijeva da svaka sekcija sijačice (svaki red) ima nezavisni pogonski elektromotor koji može temeljem informacije centralnog procesora bržim ili sporijim okretanjem sjetvene ploče regulirati razmak unutar reda za svaku sekciju sijačice. Isto tako pomoću senzora prolaza sjemena evidentira se svaka posijana sjemenka. Naravno, prije same sjetve moraju se kvalitetno pripremiti i unijeti u sustav svi elementi kako bi se sjetva najbolje prilagodila zadanim zahtjevima s obzirom na oblik i stanje parcele. Ovakav način sjetve omogućava i regulaciju dubine sjetve ovisno o stanju tla te sjetvu površina nepravilnog oblika.

Potrebna količina sjemena za uljni suncokret je od 4 do 6, a za proteinski od 6 do 8 kg/ha, ovisno o krupnoći, apsolutnoj i hektolitarskoj masi.

6.5.1. IZRAČUNAVANJE KOLIČINE SJEMENA

Da bi se svakoj biljci dao optimalan vegetacijski prostor, odnosno posijao optimalan broj biljaka na jedinicu površine, neophodno je odrediti količinu sjemena za sjetvu.

Količina sjemena se određuje tako da se prvo izračuna upotrebna vrijednost sjemena (UVS) iz podataka o klijavosti i čistoći koji se nalaze na deklaraciji, odnosno u Izvješću o kakvoći sjemena, koje je izdao ovlašteni laboratorij.

$$\text{UVS (\%)} = \frac{\text{klijavost (\%)} \times \text{čistoća (\%)}}{100}$$

Nakon toga potrebno je izračunati broj sjemenki po hektaru (BSH). Za izračun, pored UVS treba znati planirani sklop u žetvi. Taj podatak dobivamo od sjemenske kuće ili predstavnika sjemenske kuće koja određeni hibrid stavlja na tržište.

$$\text{BSH (sjemenki/ha)} = \frac{\text{planirani sklop u žetvi (biljaka/ha)} \times 100}{\text{UVS (\%)}}$$

Iz podataka o planiranom sklopu u žetvi, masi 1.000 sjemenki i UVS dobivamo količinu sjemena (KS) za sjetvu (kg/ha).

$$\text{KS (kg/ha)} = \frac{\text{planirani sklop u žetvi (biljaka/ha)} \times \text{masa 1.000 sjemenki (g)}}{\text{UVS (\%)} \times 10.000}$$

Razmak sjemenki u redu (RSR) računa se prema formuli:

$$\text{RSR (cm)} = \frac{\text{UVS (\%)} \times 1.000.000}{\text{planirani sklop u žetvi (biljaka/ha)} \times \text{međuredni razmak (cm)}}$$

Primjer:

- klijavost sjemena: 95 %
- čistoća sjemena: 99 %
- masa 1.000 sjemenki: 64 g
- planirani sklop u žetvi: 65.000 biljaka/ha

$$\text{UVS (\%)} = \frac{95 \times 99}{100} = 94 \%$$

$$\text{BSH (sjemenki/ha)} = \frac{65.000 \times 100}{94} = 69.149 \text{ sjemenki/ha}$$

$$\text{KS (kg/ha)} = \frac{65.000 \times 64}{94 \times 10.000} = 4,43 \text{ kg/ha}$$

$$\text{RSR (cm)} = \frac{94 \times 1.000.000}{65.000 \times 70} = 20,7 \text{ cm}$$

Da bi se posijala izračunata količina sjemena nužno je u sjetvi ostvariti razmak unutar reda. Ponekad kod standardnih sijačica s obzirom na odnos pogonskog kotača i sjetvene ploče te nedostatka ploča s određenim brojem otvora, nećemo moći podesiti sijačicu na potrebni razmak. U tom slučaju treba sijačicu podesiti na prvi manji razmak sjetve unutar reda. Ako bi se odlučili na izbor najbližeg većeg razmaka (iz knjige uputstva) došlo bi do smanjenja sklopa biljaka po ha.

6.6. NJEGA USJEVA

6.6.1. RAZBIJANJE POKORICE

U razdoblju od sjetve do početka nicanja posijanih sjemenki, često se radi pojave velikih jednokratnih količina oborina (jakih kiša) te brzog sušenja tla na poljima suncokreta stvara pokorica. Ovo je naročito izraženo na slabo strukturiranim tlima, odnosno na tlima gdje smo prilikom predsjetvene pripreme previše usitnili površinu tla.

Ukoliko je pokorica izraženija dovest će do slabijeg nicanja, ali i snižavanja temperature tla i velike evaporacije te ju što prije treba razbiti. Od strojeva za razbijanje pokorice obično se koriste lagane drljače ili neko drugo lagano oruđe (Slika 6.9.). Ovdje treba jako voditi računa o nicanju biljaka suncokreta, kako se ne bi pri razbijanju pokorice oštetile mlade biljke. Ukoliko postoje sustavi za navodnjavanje onda se ovaj problem može riješiti i pažljivim navodnjavanjem.



Slika 6.9. Pokorica (lijevo) i stroj za njeno razbijanje *Cruster* (desno)

6.6.2. KEMIJSKA ZAŠTITA

Bolesti, štetnici i korovi su detaljno opisani u zasebnim poglavljima ove knjige, a ovdje bi istakli neke specifičnosti vezane uz zaštitu suncokreta.

6.6.2.1. Zaštita od bolesti

Iako postoji trend sve sušnijih vegetacijskih sezona s manjom količinom oborina i višim temperaturama, što ograničava razvoj većine bolesti, zaštititi od bolesti se mora posvetiti najveća moguća pozornost.

U agroekološkim uvjetima Hrvatske, kao uzročnici bolesti dominiraju gljive i to najčešće: *Sclerotinia sclerotiorum* (bijela trulež), *Verticillium dahliae* i *Verticillium albo-atrum* (verticilijsko venuće), *Plasmopara halstedii* (plamenjača), *Puccinia helianthi* (hrđa), *Botrytis cinerea* (siva plijesan), *Macrophomina phaseolina* (suha trulež), *Diaporthe helianthi* (siva pjegavost stabljike), *Alternaria helianthi* (pjegavost listova), *Phoma macdonaldii* (crna pjegavost stabljike) i *Septoria helianthi* (siva pjegavost listova).

Izvor zaraze (inokulum) u mnogome određuje prisutnost, ali i razvoj bolesti, te je stoga pravilna primjena agrotehničkih mjera prije svega plodoreda, jedna od pretpostavki zdravog usjeva. Isto tako, izbalansirana gnojidba, sjetva zdravog i dezinficiranog sjemena i odgovarajući sklop mogu doprinijeti smanjenju infekcije (Gadžo i sur., 2011, Mijić i sur., 2020).



Slika 6.10. Zaštita suncokreta od bolesti

U pravilu, može se reći kako je u proizvodnji suncokreta u većini godina potrebno jedno tretiranje zaštitnim sredstvima protiv bolesti. Samo vrijeme tretiranja, osim u iznimnim slučajevima, treba odgoditi do vremena kada je moguće ulazanje traktora i prskalice u usjev. Najbolja varijanta su prskalice visokog klirensa ili prskanje s

Castrix-om (Slika 6.10.) što omogućuje zaštitu usjeva i nakon tog vremena, ali ih nažalost posjeduje mali broj poljoprivrednih proizvođača. Bitno je primijeniti dovoljnu količinu okvašivača, tj. da se biljke doslovno okupaju u sredstvu jer će time i djelotvornost ove mjere biti najveća.

6.6.2.2. Zaštita od štetnika

Zaštita suncokreta od štetnika nije redovita mjera, ali bez obzira na to, potreban je redoviti monitoring usjeva te u slučaju njihove pojave treba što prije djelovati i to tako da se unište oaze, odnosno napadnuti dijelovi polja kako se ne bi morao tretirati cijeli usjev. Od štetnika češće se pojavljuju lisne uši i to pred butonizaciju, stjenice koje prave najveće štete od butonizacije do cvatnje, a javljaju se i pipe (Vratarić, 2004). Naravno i ovdje se treba strogo pridržavati uputa proizvođača insekticida i koristiti dobro podešene prskalice.

U posljednje vrijeme evidentan je porast šteta koje na usjevima suncokreta čine ptice (divlji golubovi, vrapci, vrane, fazani itd.) i to nerijetko već nakon sjetve. Ipak se može reći da su najveće štete u zriobi. Ukoliko se radi o manjim parcelama i ne zaštitimo usjev suncokreta pravovremeno te štete prelaze i 70 %. U svrhu zaštite od ptica na manjim parcelama postavljaju se zaštitne mreže protiv ptica, koriste se zvona, plinski topovi i uređaji koji imitiraju krikove ptica grabljivica te umjetne ptice grabljivice itd. Na većim proizvodnim površinama ekonomske štete su nešto manje, uglavnom rubno. Ipak, kad god smo u mogućnosti suncokret treba uzgajati dalje od mjesta gdje borave ptice (šume, naselja, voćnjaci, električni vodovi itd.).

6.6.2.3. Zaštita od korova

Pored preventivnih i agrotehničkih mjera upotreba herbicida u intenzivnoj proizvodnji suncokreta je nezaobilazna mjera. Korove u suncokretu najčešće suzbijamo nakon sjetve, a prije nicanja suncokreta (*pre-emergence*). Stoga je za primjenu u tom roku registriran i najveći broj herbicidnih pripravaka. Najčešće su to kombinirani pripravci (dvojne ili trojne kombinacije), koji spektrom obuhvaćaju jednogodišnje uskolisne i širokolisne korove. Kod ovog roka primjene, korovi usvajaju herbicid sjemenom, korijenom i nicajućom stabljikom iz tekuće faze tla, zbog čega su za njegov učinak važne oborine. U slučaju izostanka oborina djelovanje herbicida može biti znatno smanjeno ili u potpunosti izostati.

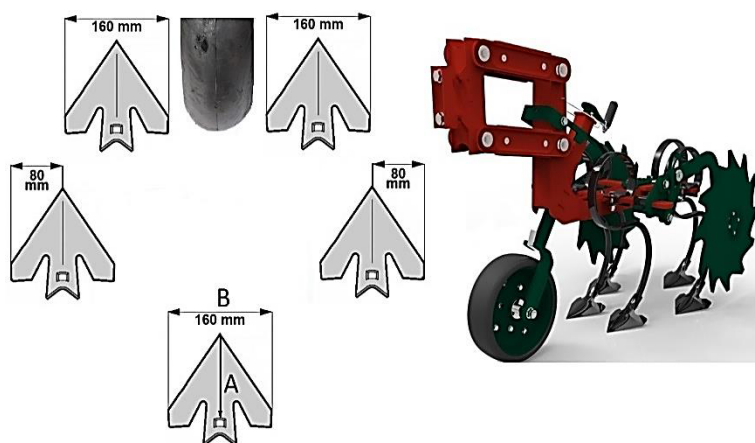
Problem širokolisnih korova, zbog ograničenog izbora herbicida, dugo vremena nije na zadovoljavajući način riješen. Pojavom kultivara tolerantnih na herbicide iz kemijskih skupina imidazolinona (imazamoks) i sulfonilurea (tribenuron-metil), početkom ovog stoljeća znatno je olakšano suzbijanje širokolisnih korovnih vrsta u suncokretu.

Općenito, kod izbora herbicida važno je poznavati lepezu korova u polju, u kojem su stadiju te dozu herbicida prilagoditi tlu (na lakšim tlima, s manje humusa i gline niža doza, a na težim, organskim viša doza). Isto tako, važno je da je prskalica redovito održavana te podešena na ispravan način što garantira pravilnu i sigurnu primjenu apliciranog sredstva.

Osim spomenutih mogućnosti, a u skladu s novim trendovima, integrirana zaštita bilja od korova holističkim pristupom, odnosno primjenom izravnih i neizravnih nekemijskih mjera pruža ekološki prihvatljivo rješenje u borbi s korovima u suncokretu (Mijić i sur., 2022).

6.6.3. MEĐUREDNA KULTIVACIJA

Radi primjene kemijskih mjera u borbi s korovima, međuredna kultivacija se ponekad neopravdano izostavlja. Međurednom kultivacijom, podsjećaju se i uništavaju korovi te se prozračuje i održava površinski sloj tla u rastresitom stanju (Slika 6.11.). Razbijanjem pokoričnog sloja odnosno prozračivanjem i sitnjenjem tla, prekida se kapilarni uspon vode te smanjuje evaporacija. Primjenom međurednih kultivatora može se provesti prihrana mineralnim gnojivom, kojeg možemo unijeti na predviđenu dubinu i udaljenost od same biljke.



Slika 6.11. Položaj motičica u sekciji kultivatora

Da bi se kultivacijom postigli željeni ciljevi, važno je pravilno odrediti dubinu izvođenja operacije, koja mora biti usklađena s tipom tla, fazom rasta biljaka te potrebnom širinom zaštitne zone. Dubina rada kultivatora ovisi o vlažnosti i uzrastu biljaka. Međurednu kultivaciju treba obaviti na dubinu do 5 cm, a nikako dublje od 8 cm. Vlažna tla zahtijevaju dublju međurednu obradu radi prozračivanja, a broj kultivacija ovisi o razvoju biljke, zbijenosti i zakorovljenosti tla. Međurednu kultivaciju je poželjno obaviti kultivatorom s istim brojem redova kao i kod sijačice koja je korištena u sjetvi.

Brzina rada pri nižem uzrastu biljaka, kod standardnih kultivatora (bez zaštitnih tanjura), iznosi od 4,5 do 6 km/h. Ukoliko su biljke više od 35 cm, radna brzina može se povećati i do 10 km/h. Zaštitna zona je potrebni minimum prostora, od simetrale reda usjeva do prve linije rada motičice, koja treba osigurati da se korijen i nadzemni dio biljke ne ošteti i ne zagrne tlom u vrijeme rada. Podešavanje zaštitne zone kultivatora je u skladu s fazom rasta suncokreta. Prva kultivacija se obavlja u fazi 3

do 4 lista, a druga u fazi 7 do 8 listova.

Međuredni kultivatori u standardnoj opremi posjeduju i uređaj za dodavanje mineralnih gnojiva (Slika 6.12.). Mineralno gnojivo se ulagačima, postavljenim 10 do 15 cm bočno od reda suncokreta, unosi u tlo do 10 cm dubine.



Slika 6.12. Međuredna kultivacija suncokreta

6.6.4. OKOPAVANJE

Okopavanje je mjera koja se izbjegava jer znatno poskupljuje proizvodnju. Ukoliko sve prethodne mjere nisu dale rezultata, ova mjera se mora provesti, naročito kod sjemenskih usjeva.

6.6.5. NAVODNJAVANJE

Navodnjavanje je značajna mjera njege iako suncokret podnosi sušu bolje od nekih drugih ratarskih kultura, zahvaljujući korijenu koji crpi vodu iz dubljih slojeva tla.

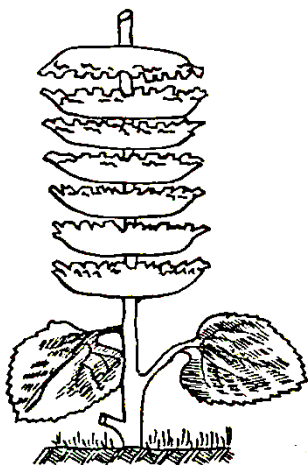
Voda je suncokretu najpotrebnija u fazi intenzivnog porasta i cvatnje kada navodnjavanje u slučaju suše može povećati prinos i do 50 % (Todorović i sur., 2003).

S obzirom da korijen crpi vodu iz dubljih slojeva i dobro podnosi sušu, navodnjavanje je ekonomski isplativo u ekstremnim prilikama (Dragović i sur., 2001). Izuzetak su sjemenska proizvodnja ili manje površine merkantilne proizvodnje.

6.7. ŽETVA

Žetva predstavlja završnu operaciju na polju, a vezana je uz prestanak nalijevanja sjemena. Ova faza se prepoznaje po tome što rubni dio glave potamni, jezičasti cvjetovi se suše, listovi se suše i otpadaju, a stabljika odrveni i postaje smeđa. U našim agroekološkim uvjetima to je obično kraj kolovoza i početak rujna.

Kod suncokreta je od iznimne važnosti pravovremena žetva. Kašnjenje žetve od desetak dana u odnosu na optimalni rok može dovesti do smanjenja prinosa zrna od 10 do 20 %. Ranija žetva od optimalnog roka umanjuje prinos od 5 do 10 %. U ekstremnim vremenskim uvjetima u 9. mjesecu (velike količine oborina u kratkom vremenskom intervalu te pojava olujnih vjetrova), prinos zrna i ulja se može smanjiti i do 50 %.



Slika 6.13. “Kubanski” način žetve suncokreta

U prošlosti se žetva obavljala uglavnom ručno što je zahtijevalo angažman velikog broja radnika. Najčešće se radilo tako da se 6 do 7 posječenih glava suncokreta stavljalo na jednu stabljiku u razmaku od nekoliko cm, s tim da je gornja glava bila okrenuta sjemenom prema dolje kao zaštita od kiše i ptica (Slika 6.13.). Tako se omogućavalo sušenje, a kada bi se glave dovoljno osušile transportirane su do vršalica ili bi se sjeme izdvajalo ručno udaranjem drvenim štapom po glavi. Takav način žetve je nazvan kubanski (Ritz, 1970).

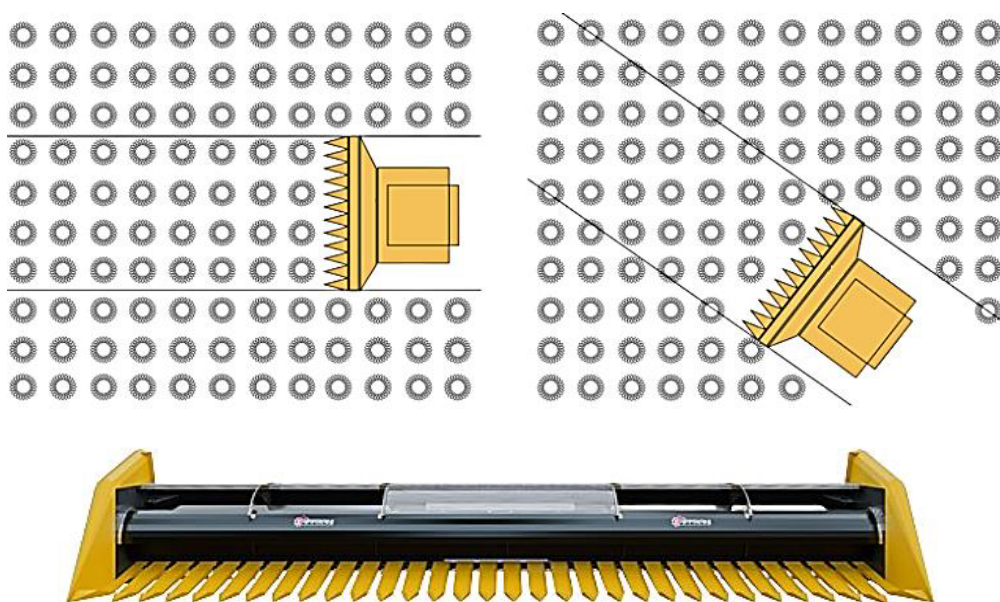
U današnje vrijeme, žetva se obavlja kombajnom sa žetvenim uređajem (hederom ili adapterom) za suncokret (Slika 6.14.). Pri izboru žetvenih uređaja postoji mogućnost korištenja tri sustava: preinačeni žitni heder, heder za žetvu koji prati smjer sjetve (redni heder) i heder koji žetvu može

obavljati bez obzira na redove sjetve (Slika 6.15.). Prilikom žetve potrebno je žetveni uređaj podignuti da u sustav za vršidbu dolazi osim glave svega $\frac{1}{3}$ do $\frac{1}{4}$ stabljike. Podešavanje sustava za vršidbu i čišćenje sjemena treba započeti s nekoliko osnovnih načela. Broj okretaja bubnja smanjiti između 350 i 500 o/min (ovisno o promjeru), odnosno treba ga prilagođavati uvjetima rada na parceli i morfološkim odlikama hibrida.



Slika 6.14. Kombajn za žetvu suncokreta

Preporučuje se obodna brzina bubnja između 8 i 10 m/s. U povoljnim godinama, bez velikih kiša i pri dobrom zdravstvenom stanju, suncokret se relativno dobro vrši. Kod manjih vrijednosti vlage u zrnu od 10 % polazna vrijednost za podešavanje prostora između bubnja i podbubnja kod standardnih kombajna (s aksijalnim bubnjem) iznosi u prednjem dijelu od 25 do 30 mm, a na izlazu od 17 do 20 mm. Povećanje vlage u zrnu nameće potrebu smanjenja razmaka između bubnja i podbubnja te povećanje broja okretaja bubnja.



Slika 6.15. Adapter za suncokret „bez reda“

Podešavanje treba započeti smanjenjem razmaka između bubnja i podbubnja, a ukoliko to nije dovelo do zadovoljavajućeg izvršaja povećati broj okretaja bubnja. Svako povećanje broja okretaja bubnja, a naročito pri kašnjenju u žetvi ili pri pojavi bolesti suncokreta dovodi to povećanja oštećenja zrna drobljenjem. Ako zrna ostaju u dijelovima glava suncokreta nakon prolaska kroz vršidbeni sustav, potrebno je ponovo podesiti razmak između bubnja i podbubnja. Prvenstveno treba se voditi uputama proizvođača kombajna (Vratarić, 2004), a podešavanje razmaka između bubnja i podbubnja nužno je obaviti u skladu s konkretnim stanjem usjeva. Pri dolasku ovršene mase sa sabirnog stola na gornje sito nužno je osigurati da zrna propadnu kroz otvore, a neovršeni dio prihvatiti produžetak sita ili češalj. Preporuka je da otvori gornjeg sita budu od 12 do 14 mm, a otvori donjeg sita od 8 do 10 mm. Općenito, broj okretaja bubnja, razmak između bubnja i podbubnja te vjetar i otvor sita treba podesiti tako da u spremniku ima maksimalno između 2 i 5 % primjesa. Brzina kombajna pri žetvi suncokreta načelno može biti od 4 do 12 km/h, ovisno o stanju usjeva i izvedbi hедера. Brzinu treba povećavati dok se ne naruši kvaliteta rada. Naime, ako se sadržaj vlage u zrnu smanjuje, tada treba smanjiti brzinu kretanja kombajna da bi se time smanjili

gubici zrna.

Najbolje je žeti kad zrno ima 10 – 12 % vlage. Vлага iznad ovih vrijednosti podrazumijeva dosušivanje hladnim ili toplim zrakom, a time i manji profit. Dozvoljeni sadržaj vlage u zrnu prije skladištenja je do 8 %. Ponekad i unutar istog polja zrno u žetvi može sadržavati različitu razinu vlage što može biti povezano s neujednačenim nicanjem uslijed lošije pripreme tla ili suhog proljeća, zakorovljenošću u pojedinom dijelu table itd. Ukoliko je sadržaj vlage veći takvo sjeme treba dosušivati ili odmah preraditi. Ukoliko proizvođač ima velike površine pod suncokretom, ne treba nikada sijati samo jedan hibrid, a zbog bolje organizacije posla i iskorištenosti mehanizacije treba sijati hibride različite dužine vegetacije.



Slika 6.16. Silo kombajn u radu

Suncokret se može proizvoditi za zelenu masu kao supstrat za proizvodnju bioplina te silažu za hranidbu stoke (Slika 6.16.). Ukoliko se suncokret proizvodi za silažu, istovremeno s košnjom se siječe zelena masa za siliranje. Sam proces košnje i sječe za siliranje se obavlja različitim izvedbama silokombajna. Optimalno vrijeme za košnju suncokreta za zelenu masu je pred cvatnju, a za silažu pred kraj cvatnje. Prinosi zelene mase obično iznose od 50 do 80 t/ha.

LITERATURA

1. Ahmed, B., Sultana, M., Zaman, J., Paul, S.K., Rahman M.M., Islam, M.R., & Majumdar, F. (2015). Effect of sowing date on the yield of sunflower. *Bangladesh Agronomy Journal*, 18(1), 1-5.
<https://doi.org/10.3329/baj.v18i1.25561>
2. Balalić, I., Crnobarac, J., & Dušanić, N. (2007). Planting date effects on oil yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia*, 30(47), 153-158.
<https://doi.org/10.2298/HEL0747153B>
3. Balalić, I., Crnobarac, J., Jocić, S., Miklič, V., Radić, V., & Dušanić, N. (2016). Variability of head diameter in sunflower hybrids depending of planting date. *Genetika*, 48(3), 983-990. <https://doi.org/10.2298/GENSR1603983B>
4. Balalić, I., Zorić, M., Branković, G., Terzić, S., & Crnobarac, J. (2012). Interpretation of hybrid x sowing date interaction for oil content and oil yield in sunflower. *Field Crops Research*, 137, 70-77.
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.08.005>
5. Banaj, A. (2020). *Kvaliteta rada pneumatskih sijačica s podtlakom pri različitim sustavima sjetve kukuruza* [Doktorska disertacija]. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek. Preuzeto 8.1.2024. s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:370096>
6. Banaj, A., Banaj, Đ., Petrović, D., Stipešević, B., & Tadić, V. (2021). Sustavi sjetve kao čimbenik prinosa zrna u proizvodnji suncokreta. *Poljoprivreda*, 27(2), 84-90. <https://doi.org/10.18047/poljo.27.2.11>
7. Banaj, A., Banaj, Đ., Vidaković, I., & Pačarek, G. (2023). Selection of materials for the protection of the hoe blades of the inter-row cultivator. *Tehnički vjesnik: znanstveno-stručni časopis tehničkih fakulteta Sveučilišta u Osijeku*, 30(5), 1496-1502. <https://doi.org/10.17559/TV-20230125000272>
8. Bell, J.C., Bound, S.A., & Buntain, M. (2021). Biostimulans in agricultural and horticultural production. In I. Warrington (ed.), *Horticultural reviews*, 49 (pp. 35-95). John Wiley & Sons, Inc.
<https://doi.org/10.1002/9781119851981.ch2>
9. Berus, P. (2010). Vpliv hitrosti setve na točnost odlaganja semena pri pnevmatski podtlačni sejalnici za koruzo (Diplomsko delo). Univerze v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. Preuzeto 8.1.2024. s <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=123677>
10. Butorac, A., Kisić, I., & Butorac, J. (2006). Konzervacijska obrada tla u europskim zemljama. *Agronomski glasnik*, 68(2), 109-136.
<https://hrcak.srce.hr/file/7336>
11. Crnobarac, J., Malinović, N., Dušanić, N., Meši, M., & Mehandžić, R. (2005). Tehnologija gajenja i tehnika u intenzivnoj proizvodnji suncokreta. U D. Miladinović (ur.), *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* (41, str.

- 459-471). Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
12. Dragović, S., Maksimović, L., & Škorić, D. (2001). Potrebe za vodom i efekat navodnjavanja NS hibrida suncokreta. U D. Miladinović (ur.), *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* (35, str. 403-413). Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
 13. Đikić, M. (2014). Obrada zemljišta. U N. Mirecki (ur.), *Organska proizvodnja* (str. 63-80). Biotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore Podgorica.
 14. Ehmke, T. (2018). Water management strategies under water-limited conditions. *Crops and Soils*, 51(3), 16-19. <https://doi.org/10.2134/cs2018.51.0304>
 15. Ernst, D., Kovar, M., & Černy, I. (2016). Effect of two different plant growth regulators on production traits of sunflower. *Journal of Central European Agriculture*, 17(4), 998-1012. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/17.4.1804>
 16. Gadžo, D. (2014). Značaj i uloga plodoreda. U N. Mirecki (ur.), *Organska proizvodnja* (str. 41-62). Biotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore Podgorica.
 17. Gadžo, D., Đikić, M., & Mijić, A. (2011). *Industrijsko bilje* (str. 11-31). Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu.
 18. Jug, D., Jug, I., Brozović, B., Đurđević, B., & Vukadinović, V. (2023). Importance of crop residue management in conservation agriculture. In K. Kristina, & K. Carović-Stanko (eds.), *Proceedings INSORE 2023* (pp. 25-26). Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
 19. Jug, D., Jug, I., Brozović, B., Vukadinović, V., Stipešević, B., & Đurđević, B. (2018). The role of conservation agriculture in mitigation and adaptation to climate change. *Poljoprivreda*, 24(1), 35-44. <https://doi.org/10.18047/poljo.24.1.5>
 20. Jug, D., Jug, I., Đurđević, B., Brozović, B., Vukadinović, V., Stipešević, B., Kiš, D., Antunović, B., Kanižai-Šarić, G., Ravlić, M., Bertić, L., Hackenberger Kutuzović, D., Jovanović Glavaš, O., Hackenberger Kutuzović, B., Šakić Bobić, B., Grgić, Z., Kvaternjak, I., Špoljar, A., & Rojnica, I. (2022). Prevention and mitigation of soil degradation by conservation soil tillage. In B. Popović, V. Zebec, & A. Perčin (eds.), *Book of abstracts: 14th Congress of the Croatian society of soil science* (p. 47). Hrvatsko tloznanstveno društvo.
 21. Jug, I., Jug, D., Brozović, B., Vukadinović, V., & Đurđević, B. (2022). *Osnove tloznanstva i biljne proizvodnje* (str. 303-392). Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.
 22. Jurišić, M., Plaščak, I., Barač, Ž., Radočaj, D. & Zimmer, D. (2021). Sensors and their application in precision agriculture. *Tehnički glasnik*, 15(4), 529-533. <https://doi.org/10.31803/tg-20201015132216>
 23. Jyothi, P.T., Anjaiah, I.Y., Murthy, L.N., Naik, R., & Hussain, S.A. (2018). Seed yield and nutrient uptake of sunflower (*Helianthus annuus* L.) as influenced by different levels of boron and potassium in sandy loam soil. *International Journal*

of Current Microbiology and Applied Sciences, 7(7), 3684-3692.
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.707.425>

24. Kaleri, A.A., Laghari, G.M., Gandahi, A.W., Kaleri, A.H., & Nizamani, M.M. (2019). Intergrated foliar fertilizer effects on growth and yield of sunflower. *Pakistan Journal of Agriculture, Agricultural Engineering and Veterinary Sciences*, 35(1), 25-28.
<https://pjaaevs.sau.edu.pk/index.php/ojs/article/view/311/213>
25. Kassam, A., Friedrich, T., & Derpsch, R. (2018). Global spread of conservation agriculture. *International Journal of Environmental Studies*, 76(1), 29-51.
<https://doi.org/10.1080/00207233.2018.1494927>
26. Košutić, S. (2004). Tehnika u proizvodnji suncokreta. U M. Vratarić (ur.), *Suncokret Helianthus annuus L.* (str. 385-410). Poljoprivredni institut Osijek.
27. Krizmanić, M., Jurković, Z., Mijić, A., & Uebel, E. (2000). Response of sunflower to foliar spraying with epsom salt ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) solution. In *Proceedings of the 15th International Sunflower Conference* (pp. 182-186). International Sunflower Association.
28. Krizmanić, M., Mijić, A., Bilandžić, M., Duvnjak, T., Jurković, Z., & Sudar, R. (2001). Utjecaj agrotehnike, roka sjetve i sortimenta na uzgoj suncokreta u aridnim uvjetima. *Sjemenarstvo*, 18(1-2), 43-55.
<https://hrcak.srce.hr/file/249586>
29. Krstić, M., Ćuk, N., Rajković, D., Ovuka, J., Babec, B., Gvozdenac, S., & Miklič, V. (2021). Biostimulators role in sunflower seedling development. In M. Duca (ed.), *XI International Congress of Geneticists and Breeders from the Republic of Moldova. Abstract book* (p. 107). Centrul Editorial-Poligrafic al Universității de Stat din Moldova. <https://doi.org/10.53040/cga11.2021.085>
30. Kussul, N., Deininger, K., Shumilo, L., Lavreniuk, M., Ayalew Ali, D., & Nivievskyi, O. (2022). Biophysical impact of sunflower crop rotation on agricultural fields. *Sustainability*, 14, 3965. <https://doi.org/10.3390/su14073965>
31. Liović, I., Martinović, J., Bilandžić, M., Krizmanić, M., Mijić, A., & Šimić, B. (2010). Desikacija u redovnoj i postrnoj sjetvi suncokreta. *Poljoprivreda*, 16(1), 13-19. <https://hrcak.srce.hr/53773>
32. Liović, I., Mijić, A., Pospišil, V., & Markulj Kulundžić, A. (2019). Utjecaj folijarne gnojdbje na urod zrna suncokreta. U B. Mioč, & I. Širić (ur.), *Zbornik sažetaka 54. hrvatskog i 14. međunarodnog simpozija agronoma* (str. 132-133). Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
33. Mijić, A. (2020). U susret sjetvi suncokreta. *Agrotehnika*. Preuzeto 11.1.2022. s <https://agrotehnika-hrvatska.hr/mehanizacija/agrotehnika-ratarstvo/item/679-dr-sc-anto-mijic-s-osjeckog-poljoprivrednog-instituta-ususret-sjetvi-suncokreta.html>
34. Mijić, A., Duvnjak, T., Dedić, B., Liović, I., Sudarić, A., Markulj Kulundžić, A.,

- & Zdunić, Z. (2020). Mikoze kao uzročnici biotskog stresa u proizvodnji suncokreta. *Glasnik zaštite bilja*, 43(6), 60-67.
35. Mijić, A., Duvnjak, T., Liović, I., Sudarić, A., Barić, K., Jug, D., & Markulj Kulundžić, A. (2022). Korovi u proizvodnji suncokreta i njihovo suzbijanje. *Journal of Central European Agriculture*, 23(4), 782-794. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/23.4.3637>
 36. Mijić, A., Liović, I., Sudarić, A., Gadžo, D., Duvnjak, T., Markulj Kulundžić, A., Jovović, Z., & Jankulovska, M. (2020). Preliminary results of the influence of sowing dates on the most significant sunflower agronomic traits. *Agriculture and Forestry*, 66(1), 233-240. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.66.1.21>
 37. Mijić, A., Liović, I., Sudarić, A., Gadžo, D., Duvnjak, T., Šimić, B., Jug, D., & Markulj Kulundžić, A. (2021). Influence of plant density and hybrid on grain yield, oil content and oil yield of sunflower. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 86(1), 27-33. <https://hrcak.srce.hr/255025>
 38. Miklič, V., Ovuka, J., Dušanić, N., Balalić, I., & Hladni, N. (2015). Uticaj biostimulatora na prinos semena i sadržaj ulja različitih genotipova suncokreta. U Savet tehnologa (ur.), *Zbornik radova 56. savetovanje Proizvodnja i prerada uljarica sa međunarodnim učešćem* (str. 63-69). Tehnološki fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Industrijsko bilje d.o.o. Novi Sad.
 39. Milev, G. (2015). Effect of foliar fertilization on sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Agricultural Science and Technology*, 7(3), 324-327. <http://agriscitech.eu/wp-content/uploads/2015/09/008.pdf>
 40. Oshundiya, F.O., Olowe, V.I.O., Sowemimo, F.A., & Odedina, J.N. (2014). Seed yield and quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) as influenced by staggered sowing and organic fertilizer application in the humid tropics. *Helia*, 37(61), 237-255. <https://doi.org/10.1515/helia-2014-0012>
 41. Polevoy, V., Lukashchuk, L., & Peskovski, G. (2013). Sunflower cultivation in Ukraine: role of fertilizers in sunflower seed production. *Electronic International Fertilizer Corespondent*, 36, 3-7. <https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/e-ifc-36-rf1.pdf>
 42. Pospišil, M. (2008). Sjetva suncokreta. *Glasnik zaštite bilja*, 4, 95-100.
 43. Pospišil, M. (2013). *Ratarstvo II dio - Industrijsko bilje* (str. 3-45). Zrinski d.d., Čakovec.
 44. Pravilnik o agrotehničkim mjerama, NN 22/2019. Preuzeto 9.2.2022. s https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_03_22_452.html
 45. Ritz, J. (1970). *Suncokret Helianthus annuus* L. (2. izdanje). Magisterij iz oblasti „Specijalna proizvodnja bilja“ Poljoprivrednog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
 46. Schrödl, J. (1993). Was ist beim Kauf und beim Einsatz einer Einzelkornsämaschine zu beachten? Einzelkorn-sämaschinen. *DLG*

47. Silva, C.M., Raisse, E.R., da Silva, A.V., & Araujo, E.F. (2018). Biostimulant doses x stress conditions on the germination and seedling characteristics of sunflower seeds. *Journal of Experimental Agriculture International*, 26(4), 1-11. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2018/41876>
48. Šarić, T., Đalović, I., & Đikić, M. (2010). *Opšte ratarstvo – Praktikum* (7. dopunjeno izdanje). Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu.
49. Štefaneč, E. (2014). Precizna poljoprivreda. *Gospodarski list*. Preuzeto 21.10.2021. s <https://gospodarski.hr/rubrike/precizna-poljoprivreda/>
50. Todorović, J., Lazić, B., & Komljenović, I. (2003). *Ratarsko-povrtarski priručnik* (str. 340-350). Grafomark, Laktaši.
51. Varga, I., Barišić-Jaman, Ž., Tadić, V., Ravnjak, B., & Stošić, M. (2021). Agrotehnika i prinos sjemena suncokreta u ekološkoj proizvodnji. *Sjemenarstvo*, 32(2), 97-104. <https://doi.org/10.33128/s1.32.2.4>
52. Vratarić, M. (2004). Agrotehnika suncokreta. U M. Vratarić (ur.), *Suncokret Helianthus annuus L.* (str. 23-41). Poljoprivredni institut Osijek.
53. Vukadinović, V. (2017). *ALR-kalkulator za usjeve*. Preuzeto 8.1.2024. s https://ishranabilja.com.hr/kalkulatori/ALR_v8.0_hr.html
54. Zaniwicz-Bajkowska, A., Rosa, R., Kosterna, E., Franczuk, J., & Buraczyńska, D. (2010). The effect of sunflower (*Helianthus annuus L.*) catch crop on content of selected components of nutritive value of sweet corn (*Zea mays L. var. saccharata* (Sturtev.) L.H. Bailey). *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, 9(4), 53-62.

7. BOLESTI SUNCOKRETA

*Jasenska Ćosić
Karolina Vrandečić
Tomislav Duvnjak*

Gljive su na suncokretu u Hrvatskoj, ali i diljem svijeta, gdje se na manjim ili većim površinama ova biljna vrsta uzgaja, najrašireniji i najštetniji uzročnici bolesti koji značajno smanjuju količinu i kakvoću prinosa (Mijić i sur., 2020). S druge strane, ne treba zanemariti niti bakterije, viruse i fitoplazme koji su potencijalna opasnost u proizvodnji suncokreta. Razlog tomu je njihovo moguće širenje u područja na kojima danas nisu prisutni, kao i promjene patogenih svojstava uzročnika bolesti i stvaranja novih patotipova ili rasa parazita. Isto vrijedi i za neke patogene gljive koje danas nemaju kozmopolitski karakter ili se pojavljuju sporadično i na malom broju biljaka.

Danas se na suncokretu spominje 30 do 40 uzročnika bolesti, ali samo desetak njih se smatra ekonomski značajnim. U poglavlju o bolestima suncokreta opisane su samo one koje su danas učestalo prisutne na suncokretu u našoj zemlji.

7.1. BIJELA TRULEŽ

Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary

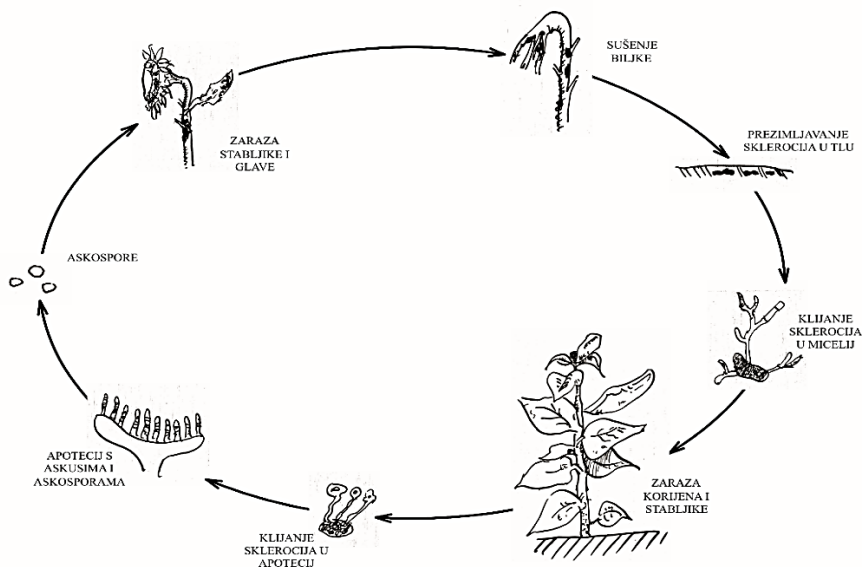
pododjel: Ascomycota
razred: Leotiomycetes
red: Helotiales
porodica: Sclerotiniaceae
rod: *Sclerotinia*

Sclerotinia sclerotiorum je uzročnik bijele truleži na više od 600, najčešće dikotiledonih biljnih vrsta (Liang i Rollins, 2018). Među ekonomski najznačajnijim domaćinima su suncokret, soja, duhan, uljana repica, rajčica, paprika, krastavci, tikvice, salata, tulipani, ali i brojne agresivne korovne vrste poput *Abutilon theophrasti* Medick. i *Ambrosia artemisiifolia* L. na kojima je ova gljiva utvrđena i u Hrvatskoj (Vrandečić i sur., 2003). To je fakultativno parazitna gljiva koja je prvi puta opisana 1837. godine kao *Peziza sclerotiorum* Lib., a danas važeće ime usvojeno je 1981. godine. Iako su podaci o štetama u proizvodnji suncokreta različiti, svi se istraživači slažu da one mogu biti vrlo velike te da zavise o tolerantnosti hibrida, vremenu infekcije i tipu bolesti, agrotehnici i okolinskim uvjetima za razvoj parazita. Prosječni gubici prinosa uslijed pojave bijele truleži glava u SAD, Europi i Argentini se kreću između 10 i 20 %, a u godinama s epifitocijskom pojavom bolesti štete mogu

biti i do 100 % (Van Becelaere i Miller, 2004; Gulya i sur., 2019). Pojava bolesti na glavama suncokreta ima za posljedicu i manji broj zrna u glavama te smanjenje količine ulja u zrnima do 15 %.

Obzirom na vrijeme infekcije i dio biljke koji je napadnut, kod suncokreta razlikujemo četiri tipa bolesti:

1. truljenje sjemena i propadanje mladih biljčica,
2. korijenski tip bolesti i venjenje biljaka,
3. truljenje srednjeg dijela stabljike i
4. truljenje glave.



Slika 7.1. *Sclerotinia sclerotiorum* – životni ciklus

Truljenje sjemena može biti posljedica sjetve zaraženog sjemena (Slika 7.2.) ili posljedica sjetve zdravog sjemena u zaraženo tlo i napada gljive iz tla. U oba slučaja sjeme ili uopće ne klija ili klica nekrotizira i trune u tlu prije nicanja. Ukoliko zaražene biljčice izniknu može se pojaviti venuće mladih biljčica, no ovaj tip bolesti se obično ne zapaža jer one brzo propadnu, a broj zaraženih biljaka je malen.

Korijenski tip bolesti (Slika 7.3.) praćen venućem biljaka u 60 do 70 % slučajeva se uočava nakon cvatnje, iako se simptomi venuća ponekad mogu uočiti i prije cvatnje. Od prvih simptoma do potpunog venuća, uz povoljne okolinske uvjete za razvoj bolesti i kod osjetljivih hibrida, može doći za samo četiri do sedam dana. Simptomi se lagano prepoznaju, a zaražene biljke se uočavaju i s veće udaljenosti. Na stabljici se iznad razine tla vide sivkaste ili zeleno-smeđe pjege koje prstenasto obuhvate stabljiku ponekad i do visine od 50 cm. Stabljika se vremenom razmekšava, a srž propada. Izvana se na zaraženom dijelu za vlažnog vremena razvija gusta bijela prevlaka micelija. Ubrzo se u srži stabljike i u epifitnom miceliju uočavaju ovalne ili nepravilne crne sklerocije veličine 3 do 10 mm, a odumiranje zahvaća i lateralno korijenje.



Slika 7.2. Truljenje sjemena



Slika 7.3. Korijski tip bolesti

Simptomi truljenja srednjeg dijela stabljike (Slika 7.4.) javljaju se od cvatnje pa sve do zriobe. Pojavi bolesti na stabljici obično prethodi razvoj bolesti na listu i lisnoj peteljci, a zarazu obavljaju askospore koje na suncokret donesu zračne struje. Simptomi na srednjem dijelu stabljike jednaki su simptomima na donjem dijelu biljke. Bolesno tkivo izrazito je izbjeljeno i dezorganizirano (raščijano). U unutrašnjosti stabljike nastaju brojne crne sklerocije veoma različitih dimenzija. Zbog razgradnje parenhima srži i kore, stabljike se lagano lome osobito pri jačem vjetru ili u vrijeme žetve radi udara kombajna, a sklerocije padaju na tlo te ostaju kao izvor zaraze za sljedeće vegetacije.



Slika 7.4. Truljenje srednjeg dijela stabljike



Slika 7.5. Truljenje glave suncokreta

Glave suncokreta zahvaćene bijelom truleži (Slika 7.5.) su izbjeljene, skeletizirane i

prepune krupnih sklerocija koje ponekad mogu biti povezane u čvrstu mrežu nalik saću. Prvi simptomi su malo ulegnute i vlažne sivo-zelene pjegae na dorzalnoj strani glave.

Rane infekcije glava, koje nastaju neposredno nakon cvatnje, u nas su rijetke. S ventralne strane, između zrna formira se gusti bijeli micelij (Slika 7.6.) koji se kasnije transformira u sklerocije (Slika 7.7.). Zrna mogu biti direktno zaražena i tada imaju neugodan miris i gorka su. Sklerocije se mogu razviti i unutar zrna, ali puno češće nastaju između zrna.



Slika 7.6. Micelij *Sclerotinia sclerotiorum* na glavi suncokreta **Slika 7.7.** Sklerocije na glavi suncokreta

Osnovni izvor zaraze su sklerocije koje ostaju u tlu i u biljnim ostacima. Zrele sklerocije su crne od deponiranog melanina. Klijavost zadržavaju i više od 8 godina, ovisno o dubini obrade tla, vremenskim čimbenicima i mikopopulaciji tla. Brojnost sklerocija u tlu značajna je za pojavu bolesti. Ukoliko se u litri obradivog sloja tla nalazi 0,1 sklerocija može se očekivati 10 % zaraženih biljaka, a ukoliko se u litri tla nalazi 1 sklerocija, zaraženih biljaka će biti između 60 i 70 %. Sklerocije kliju u micelij ili karpogeno u apotecije (Slika 7.8.) s askusima i askosporama (Slika 7.9.).



Slika 7.8. *Sclerotinia sclerotiorum* – karpogeno klijanje sklerocija

Slika 7.9. Askus s askosporama

Micelij nastao klijanjem sklerocija u dodiru s korijenom ostvaruje zarazu mehaničkim prodorom u rizodermu. Micelij se širi u stabljiku, zahvaćena tkiva propadaju, a biljka vene. Dodir korijena zdravih i bolesnih biljaka parazit se širi unutar reda, a veoma rijetko prelazi iz jednog u drugi red. Neke sklerocije, smještene 2 do 3 cm ispod površine tla, kliju karpogeno dajući jedan ili više apotecija. Za karpogeno klijanje sklerocija potrebna je visoka vlažnost tla (7 – 14 dana vlažnosti tla blizu saturacije), ali dugotrajna potpuna zasićenost tla vodom negativno utječe na vitalnost sklerocija.

Ćosić i sur. (2012) navode da je u uvjetima potpune saturacije neobrađivanog tla vodom u trajanju 30 dana propalo 100 % sklerocija koje su se nalazile na dubini 5 cm, odnosno 63,15 % sklerocija s dubine 30 cm. Na apotecijima se razvijaju askusi s askosporama i parafizama ukoliko vlažnost tla ostane visoka. Askospore izbačene iz askusa šire se zračnim strujanjima. Za njihovo klijanje i zarazu potrebna je slobodna voda koja se na površini biljnog tkiva mora zadržati od 48 do 72 sata i dodatni izvor energije poput mrtvih tkiva u ranama odumrlih dijelova cvijeta i polena. Oslobođanje askospora iz askusa odvija se tijekom 20 do 40 dana od vremena formiranja. Na temperaturama od 19 do 24 °C i pri niskoj vlazi zraka askospore ostaju klijave najmanje 45 dana, a na temperaturama između 5 i 7 °C klijavost se zadržava više mjeseci.

Iako štete koje bijela trulež izaziva u proizvodnji suncokreta variraju od neznatnih do vrlo velikih, a uzročnik bolesti je dobro proučen, potpuno učinkovitih mjera zaštite nema. Zadovoljavajuća i ekološki prihvatljiva zaštita zahtjeva primjenu različitih metoda. Agrotehničkim mjerama se prvenstveno smanjuje mogućnost zaraze i postižu najbolji rezultati. Sjetvom zdravog i fungicidima tretiranog sjemena sprječava se pojava bolesti na mladim biljčicama. Sjetvu suncokreta treba izbjegavati na površinama kontaminiranim sklerocijama. Vrijednost plodoreda je, kao mjere borbe protiv uzročnika bijele truleži, smanjena zbog vrlo širokog kruga domaćina, ali bez obzira na to višegodišnji plodored jedna je od najvažnijih mjera suzbijanja ove bolesti. Broj godina u plodoredu ovisi o jačini kontaminacije tla sklerocijama. Ukoliko su bile manje zaraze, plodored bi trebao biti 3 godine, a kod jačih zaraza i do 8 godina (Mijić i sur., 2020). Budući da otpornih hibrida nema, prilikom odabira hibrida prednost bi trebalo dati onima koji pokazuju veću tolerantnost na uzročnika bijele truleži. Suzbijanjem korova i uništavanjem samoniklih kultiviranih biljaka, koji su domaćini gljivi, značajno se smanjuje količina inokuluma. Izbjegavanjem sjetve suncokreta u blizini prošlogodišnjih površina na kojima je bila posijana osjetljiva biljna vrsta smanjuje se mogućnost infekcije. Za zaštitu suncokreta u vegetaciji mogu se koristiti fungicidi u fazi butonizacije čime se postiže zaštita stabljike i glave, ali ovo tretiranje nije učinkovito za korijenski tip bolesti. U posljednjih pedesetak godina intenzivirana su istraživanja o mogućnosti biološke kontrole uzročnika bolesti. U tu je svrhu ispitano više od 40 antagonističkih gljiva i bakterija, superparazita na micelije i sklerocije gljive *S. sclerotiorum*. Najčešće su istraživanja provedena s *Paraphaeosphaeria minitans* (Campb.) Verkley, Göker & Stielow te vrstama rodova *Trichoderma* (*Trichoderma viride* Pers., *Trichoderma harzianum* Rifai, *Trichoderma hamatum* (Bonord) Bainier, *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckf. & Nirenberg, *Trichoderma virens* (Mill, Giddens & Foster) Arx, *Bacillus* (*Bacillus cereus* Frankland & Frankland, *Bacillus subtilis* (Ehranberg) Cohn, *Bacillus*

amyloliquefaciens Priest et al. i *Pseudomonas brassicacearum* Achouak et al.. Rezultati provedenih istraživanja doveli su do proizvodnje nekoliko bioloških fungicida koji se mogu koristiti u proizvodnji na velikim površinama.

7.2. VERTICILIJSKO VENUĆE

***Verticillium dahliae* Kleban i *Verticillium albo-atrum* Runke et Berthold**

pododjel: Ascomycota

razred: Sordariomycetes

red: Glomerellales

porodica: Plectosphaerellaceae

rod: *Verticillium*

Verticilijsko venuće suncokreta diljem svijeta najčešće izaziva *Verticillium dahliae*, rjeđe *Verticillium albo-atrum* te, prema dostupnim podacima, u SAD i *Verticillium isaacii* Inderb., R.M. Bostock, R.M. Davis & Subbarao (Wheeler i Johnson, 2019). Traheovorticilioza je bolest poznata u svim uzgojnim područjima suncokreta i može biti ozbiljan problem osobito na lakim tlima umjerenih i suptropskih područja. U Argentini na tlima jako zaraženim mikrosklerocijama prinos može biti manji i do 73 % (Pereyra i sur., 1999). Podataka o učestalosti pojave bolesti i gubicima prinosa u našoj zemlji na suncokretu nema.

V. dahliae i *V. albo-atrum* se razlikuju po nekim morfološkim i kulturalnim karakteristikama dok su simptomi bolesti, epidemiologija i patogeneza jednaki za obje vrste. *V. dahliae* napada više od 400 biljnih vrsta iz 14 porodica i 160 rodova (ratarske i krmne kulture, ukrasne biljke, drveće, povrće i korove poput *Solanum nigrum* L., *Xanthium strumarium* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Portulaca oleracea* L., *Sonchus oleraceus* L. i *Datura stramonium* L.). Broj biljnih vrsta koje zaražava *V. albo-atrum* je manji, ali je patogenost ove vrste veća u usporedbi s *V. dahliae*. Unutar obje vrste izolati se razlikuju po specijalizaciji na određene domaćine, patogenosti koja ovisno o izolatu i domaćinu varira od slabe do jake te nekim drugim karakteristikama.

Obje su gljive zemljišni, fakultativni i polifagni paraziti koji naseljavaju provodna tkiva biljaka domaćina. Bolest ima ascedentan tijek. Glavni simptom koji se lako uočava je gubitak turgora i venuće koje započinje na donjim listovima i postupno se širi prema vrhu biljke. Prvi simptomi se javljaju pred cvatnju, a ponekad, ukoliko su uvjeti za zarazu povoljni, i ranije u stadiju šest listova. Na starijim, donjim listovima između krupnijih žila uočavaju se nekrotične pjege okružene klorotičnom zonom (Slika 7.10.). Pjege se spajaju, listovi venu, osuše se i otpadaju. Ponekad se venuće uočava samo na jednoj strani biljke dok je druga normalno turgescენტna što je posljedica naseljavanja gljive i začepljivanja provodnih tkiva samo u jednom dijelu stabljike. Na poprečnom presjeku stabljike uočava se nekroza traheja i traheida, a promjena boje može zahvatiti dijelove kore, parenhima i floema.

V. dahliae ima dobro razvijen višestaničan micelij koji je u početku hijalin, a kasnije

poprima sivu boju. Konidiofori su slabo razgranati, konidije jednostanične ili rijetko dvostanične. Ovaj patogen stvara sitne (oko 0,1 mm) crne mikrosklerocije (Slika 7.11.) koje u tlu mogu ostati vitalne i do 15 godina. Eksudat koji luči korijen potiče „slamanje“ dormantnosti mikrosklerocija, njihovo klijanje i nastanak infektivnih hifa (Fitzell i sur., 1980). Micelij *V. albo-atrum* je bjeličast, konidiofori su dugački i razgranati. Konidije su jednostanične ili rijetko dvostanične, a nastaju pojedinačno ili su sakupljene u glave. Ova vrsta ne stvara mikrosklerocije. Prezimljujući micelij je debelih stjenki i tamne, gotovo crne boje. Gljive zaražavaju korijen kroz ozljede ili prodorom parazita kroz neoštećeno tkivo. U korijenu gljive ulaze u provodno tkivo i njime se dalje šire po biljci.



Slika 7.10. Venuće suncokreta uzrokovano gljivom *Verticillium dahliae*



Slika 7.11. Mikrosklerocije *Verticillium dahliae*

Konidije nastaju već tijekom prvih 8 dana od infekcije. Nošene strujanjem vode kroz ksilem na udaljenim mjestima one kliju u micelij i inficiraju zdrave dijelove biljke. Micelij iz ksilema raste sve do površine lista ili nekog drugog biljnog organa gdje dolazi do formiranja konidija. Kiša ih ispire na tlo te one mogu obaviti sekundarne infekcije.

Izvor zaraze za sljedeću vegetaciju su zaraženi ostaci biljaka domaćina i zaraženo sjeme. Suho i toplo vrijeme (oko 25 °C) te pH tla između 4,6 i 6,7 pogoduju razvoju traheovorticilioza, osobito ako su biljke pod stresom zbog nedostatka vode.

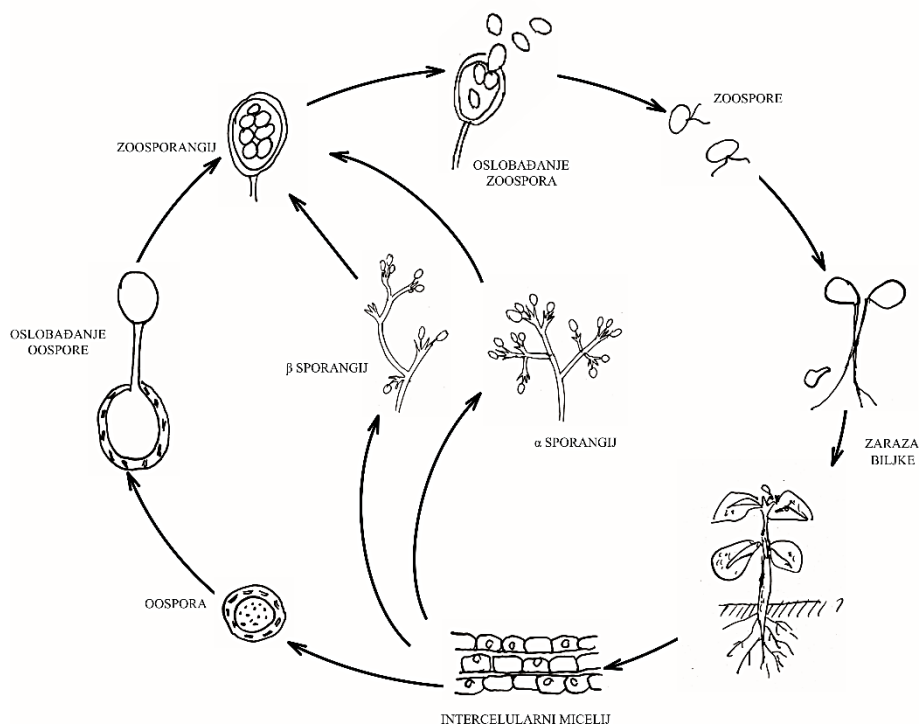
Za suzbijanje bolesti preporučuju se samo profilaktičke mjere: višegodišnji plodored (najmanje 4 godine), higijena polja, sjetva zdravog sjemena i osiguravanje optimalne vlažnosti tla.

7.3. PLAMENJAČA

Plasmopara halstedii (Farl.) Berl. et De Toni

pododjel: Oomycota
razred: Peronosporomycetes
red: Peronosporales
porodica: Peronosporaceae
rod: *Plasmopara*

Uzročnik plamenjače suncokreta, pseudogljiva *Plasmopara halstedii*, parazitira više od 100 biljnih vrsta koje pripadaju različitim rodovima porodice *Asteraceae*. Osim uzgajanog suncokreta ovaj parazit zaražava i divlji suncokret i druge divlje vrste iz rodova *Helianthus*, *Artemisia*, *Centaurea* i *Xanthium*. U Hrvatskoj je na području Slavonije osim sa suncokreta ova pseudogljiva izolirana i s korovnih vrsta *Xanthium italicum* Moretti, *X. strumarium* L. i *Ambrosia artemisiifolia* L.



Slika 7.12. *Plasmopara halstedii* – životni ciklus

Plamenjača je prisutna u svim uzgojnim područjima suncokreta izuzev Australije u kojoj se smatra najvažnijom karantenskom bolesti suncokreta. U Hrvatskoj je do uvođenja otpornih genotipova suncokreta u proizvodnju 1977. godine plamenjača bila najštetnija bolest suncokreta s prosječno zaraženih od 5 do 10 %, a ponekad i do 50 % biljaka. Gulya i sur. (2019) navode da su zabilježene štete i do 100 %. I danas se ponekad događa da se u nekim uzgojnim područjima javi u epidemijskim razmjerima. U Turskoj je 2007. i 2008. godine na jednom uzgojnom području došlo do epidemijske pojave bolesti i gubitaka u prinosu 85 % (Göre, 2008). U Hrvatskoj se danas javlja sporadično i ne predstavlja značajniji problem, no budući da ovaj uzročnik bolesti stalno stvara nove patotipove i zbog mogućnosti unosa patotipova iz drugih područja na koje sadašnji hibridi nisu otporni, njegova se pojava stalno mora pratiti. Prema Spring i sur. (2018) i Spring (2019) danas je u svijetu poznato 50 patotipova koji šireći se u nova područja dovode do pojave bolesti na hibridima koji su otporni na patotipove do tada prisutne na tim područjima.

Zaraza pseudogljivom *P. halstedii* ima za posljedicu pojavu nekoliko tipova bolesti ovisno o starosti biljnog tkiva, količini inokuluma, okolinskim čimbenicima (vlaga i temperatura) i osjetljivosti kultivara (Sackston, 1981). Obzirom na navedene čimbenike, razlikujemo pet tipova bolesti (venueće klijanaca, sistemična infekcija ograničena na kotiledone, lokalna infekcije korijena i hipokotila, sistemična infekcija stabljike, listova i glave suncokreta i lokalne infekcije listova), a najštetnijim tipom smatra se sistemična infekcija stabljike, listova i glave.



Slika 7.13. *Plasmopara halstedii* – sistemična zaraza



Slika 7.14. *Plasmopara halstedii* – sistemično zaražene biljke u cvatnji

Trajne oospore zaražavaju suncokret tijekom klijanja i nicanja, a ako takve biljke ne propadnu zaostaju u porastu, internodiji su im skraćeni i zadebljali i obično su visoke od 40 do 60 cm (Slika 7.13. i 7.14.). Ponekad se može dogoditi da visina biljaka ne prelazi 15 cm. Tkiva zaraženih biljaka su deformirana i tvrda zbog neujednačenog rasta zdravog i bolesnog tkiva. Listovi su naborani i klorotični osobito uz glavne žile, a za vlažnog vremena naličje je prekriveno gustom bijelom prevlakom monopodijalno razgranatih sporangiofora i sporangija. Glave su na sistemski zaraženim biljkama sterilne i bez sjemena, a ako se formira sjeme ono je šturo.

Lokalne infekcije su rjeđe i bez većeg utjecaja na prinos. Simptomi se vide samo na listovima, najizraženije uz lisnu nervaturu, koja je s gornje strane prekrivena klorotičnim pjegama, a s naličja prevlakom sporangiofora sa sporangijima (Slika 7.15.). Iako lokalne infekcije nemaju veći utjecaj na količinu prinosa njihovu pojavu ne treba zanemariti. U povoljnim uvjetima za razvoj, uzročnik bolesti se može proširiti preko peteljke lista do stabljike i na gornje dijelove biljke te na taj način inficirati i sjeme. Istraživanjima u Njemačkoj (Spring, 2001) utvrđeno je da kod više od 8 % lokalno zaraženih biljaka pseudogljiva uspije prodrijeti do stabljike i proširiti zarazu na gornje dijelove biljaka. Tako zaražene biljke su bez simptoma, izuzev onih tipičnih za lokalne zaraze, pa je nemoguće znati kod koliko se biljaka zaraza proširila s listova na druge dijelove suncokreta. Ponekad plamenjača može uzrokovati propadanje biljčica u fazi klijanja i nicanja, ali se bolest često niti ne prepozna, a prorjeđeni sklop pripisuje se drugim čimbenicima.



Slika 7.15. *Plasmopara halstedii* – sprangiofori sa sporangijama na naličju lista i klorotične pjege na licu lista

Glavni izvor zaraze su zaraženi biljni ostaci u tlu u kojima se nalaze oospore koje zadržavaju vitalnost 8 do 10 godina. Iako se oospore formiraju u biljnim tkivima tijekom cijele vegetacije, najveći se broj formira u centralnom dijelu korijena neposredno ispod epiderme. Infektivni potencijal oospora ovisi o količini oborina

budući da u vlažnom tlu oospore kliju i vrše zarazu, a u suhim uvjetima su dormantne (Tourvieille i sur., 2008). Kada je tlo vlažno i temperatura između 12 i 14 °C oospore kliju u sporangije. Minimalna temperatura za klijanje sporangija je 4 °C, a maksimalna 22 °C (optimalna od 15 do 18 °C). Optimalna temperatura za zarazu je oko 15 °C. Ukoliko je vrijeme kišno između klijanja i nicanja opasnost od pojave bolesti je najveća. Velike količine oborina prije sjetve i nakon nicanja ne utječu na intenzitet pojave bolesti.

Izvor zaraze za sljedeću vegetaciju može biti i zaraženo sjeme. Ovakav način prenošenja uzročnika bolesti u sljedeću vegetaciju je rijedak i manje značajan, osobito stoga što se iz takvog sjemena rijetko razviju sistemski zaražene biljke s tipičnim simptomima bolesti. Bez obzira na navedeno u praksi postoje primjeri jakih zaraza koje su rezultat zaraženog sjemena.

U zaraženoj biljci micelij se širi intercelularno i na zaraženim biljnim organima gljiva sporulira. Na listovima, na sporangioforima razvijaju se α -zoosporangiji (17 – 30 x 15 – 21 μ m), a na korijenu β -zoosporangiji (33 – 66 x 29 – 46 μ m) dvostruko veći od onih na listovima. Oslobođene zoospore obavljaju sekundarne infekcije izazivajući lokalne zaraze na listovima i glavama. Njihovo širenje na veće udaljenosti osigurava vjetar pa se bolest može pojaviti i na površinama na kojima suncokreta nije bilo i desetak godina.

Osnovna mjera suzbijanja je sjetva otpornih hibrida, ali kako je već prethodno navedeno, parazit stvara nove patotipove pa je vrijeme zaštite ograničeno vremenom stvaranja novih patotipova. U SAD-u i Europi preporuka je da se sjeme tretira sistemskim fungicidima čime se sprječava zaraza korijena. Čak i kod uporabe otpornih hibrida preporuča se sjetva tretiranog sjemena. Ukoliko se sjeme suncokreta uvozi ono treba biti certificirano i tretirano fungicidom i ne smije dolaziti s površina gdje je prisutna *P. halstedii*. Od drugih mjera zaštite svakako se treba pridržavati plodoreda koji treba biti što širi. Kod sjemenskog suncokreta preporučeni plodored je 8 do 10 godina. Zaražene biljke, ukoliko je to moguće, treba iščupati i uništiti. Budući da su neki vrlo rašireni i agresivni korovi domaćini uzročniku plamenjače treba ih suzbijati jednako kao i samonikli suncokret.

7.4. HRĐA

Puccinia helianthi Schw.

pododjel: Basidiomycota

razred: Pucciniomycetes

red: Pucciniales

porodica: Pucciniaceae

rod: *Puccinia*

Uzročnik hrđe suncokreta (*Puccinia helianthi*) raširen je u svim glavnim uzgojnim područjima ove kulture, a zaražava 60-ak kultiviranih i divljih vrsta roda *Helianthus*

te neke vrste iz roda *Xanthium*. Štete koje izaziva variraju od neznatnih, kod tolerantnih hibrida i nepovoljnih uvjeta za razvoj bolesti, do vrlo značajnih šteta ako su zaraze nastale prije cvatnje na osjetljivim hybridima i uz povoljne okolinske uvjete za razvoj parazita. Hrđa suncokreta u SAD nije bila značajna bolest do 1990-ih, no od tada se sve češće javlja u jakom intenzitetu te Markell i sur. (2009) navode da su u pri optimalnim uvjetima za razvoj parazita 2008. godine zabilježeni gubici prinosa 80 %. Balaz i sur. (1995) navode da prinos zrna može biti manji do 38 %, a sadržaj ulja do 12 %, dok Gulya i sur. (1990) navode da je prinos biljaka zaraženih prije cvatnje manji za 40 %, a kod onih zaraženih dva tjedna nakon cvatnje 10 %. Jak intenzitet pojave bolesti na gornjim listovima ima za posljedicu smanjen intenzitet fotosinteze što rezultira smanjenim prinosom zrna i ulja (Bradley i sur., 2007). U našoj zemlji se javlja sporadično i u slabom intenzitetu, a samo se ponekad u rubnim redovima usjeva mogu naći jače napadnute biljke.

P. helianthi je obligatni autoecijski makrociklični parazit što znači da se cijeli životni ciklus gljive odvija na jednom domaćinu i da tijekom svog razvoja prođe kroz pet stadija: spermagonijski, ecidijski, uredi, telio i bazidijski stadij.

Uzročnik hrđe napada sve nadzemne dijelove suncokreta, no najčešće prvo parazitira donje listove, a kasnije i gornje. Prvi simptomi su žućkaste ili svijetlo zelene malene pjegice koje se u proljeće mogu javiti na kotiledonima ili prvim stalnim listovima. Na licu lista u okviru pjega razvijaju se do 6 mm veliki spermagoniji koji su ponekad okruženi klorotičnom zonom. U spermagonijima, koji nastaju u grupama s 3 do 6 spermagonija, nastaju žute ili narančaste spermacijske spore. S naličja lista i rijetko na lisnim žilama nastaju narančasti ecidiji veličine kao i spermagoniji, a u njima se formiraju brojne ecidiospore.



Slika 7.16. *Puccinia helianthi* – teliosorusi

Tijekom ljeta bolest se prepoznaje po velikom broju velikih (od 0,5 do 1 mm) hrđastih uredosorusa koji nastaju pojedinačno ili u nakupinama te mogu ili ne moraju biti okruženi klorotičnom zonom tkiva. Uredosorusi s velikim brojem jednostaničnih narančastih ili hrđastih uredospora nastaju na naličju lista, ali ponekad se mogu naći i na peteljčkama listova, stabljikama i donjoj strani glave. Uredospore se prenose anemohorno na veće udaljenosti i mogu izazvati nove zaraze.

Ukoliko su vremenski uvjeti povoljni (temperature 10 do 25 °C, prisutnost slobodne vode 24 sata, smanjen intenzitet svjetlosti) nove generacije uredospora mogu nastajati svakih 10 do 14 dana (Friskop i sur., 2015). Krajem vegetacije uredosorusi dobivaju tamno smeđu ili crnu boju, u njima prestaje formiranje uredospora te se počinju formirati crne dvostanične, kruškolike i na mjestu septe malo sužene teliospore. Uredosorusi na taj način prelaze u teliosorus (Slika 7.16.). Teliospore su trajne spore

koje u proljeće u kapima vode i na temperaturama između 5 i 28 °C klijaju u bazide s bazidiosporama koje nošene zračnim strujama dopijevaju do mladih biljaka suncokreta i zaražavaju ih.

P. helianthi nepovoljne uvjete preživljava na zaraženim biljnim ostacima u obliku teliosorusa s teliosporama koje klijavost mogu očuvati do dvije godine i glavni su izvor zaraze za sljedeću vegetaciju. Manje važan izvor zaraze su uredi i teliospore koje se mogu naći na sjemenu suncokreta. U krajevima s toplijom klimom gljiva se može održati i u obliku uredospora na samoniklom suncokretu i drugim *Helianthus* vrstama.

Osnovna mjera suzbijanja je sjetva visoko tolerantnih ili otpornih hibrida, a preglede usjeva treba kontinuirano obavljati jer gljiva stvara nove rase i prilagođava se na hibride koji se učestalo siju. Važne mjere su i suzbijanje divljeg i samoniklog suncokreta, višegodišnji plodored, duboko zaoravanje žetvenih ostataka i sjetva zdravog sjemena. Aplikacija fungicida važna je mjera u područjima u kojima se bolest javlja u jačem intenzitetu, ali kod nas nema potrebe za provođenjem kemijske zaštite.

7.5. SIVA PLIJESAN

Botrytis cinerea Pers.

pododjel: Ascomycota

razred: Leotiomycetes

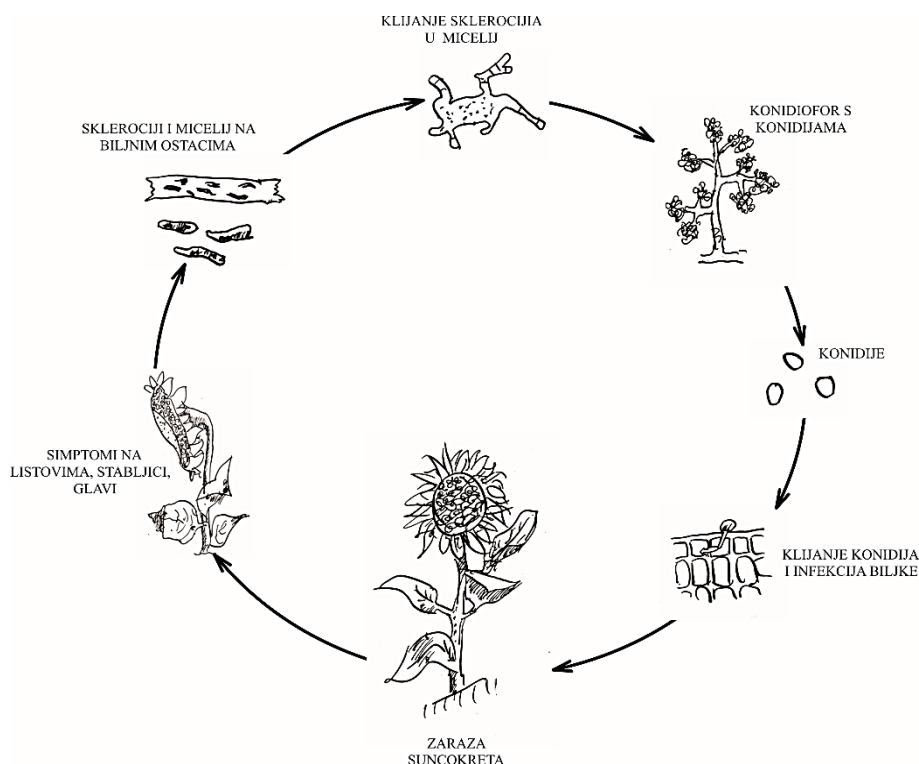
red: Helotiales

porodica: Sclerotiniaceae

rod: *Botrytis*

Botrytis cinerea (teleomorf *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel) je fakultativno parazitna gljiva koja je poznata kao uzročnik sive plijesni. Iako je gljiva izraziti polifag s više od 400 domaćina (Kuroyanagi i sur., 2022) neki izolati *B. cinerea* pokazuju manji ili veći stupanj specijalizacije te inficiraju samo neke domaćine. Među najznačajnijim domaćinima su suncokret, uljana repica, soja, duhan, salata, rajčica, grah, grašak, luk, krastavci, jagode, maline, kupine, vinova loza, ruže, krizanteme i drugi. Osim uzgajanih vrsta domaćini su joj i mnogi korovi. Choquer i sur. (2021) navode da je ovaj patogen svrstan u deset najdestruktivnijih uzročnika bolesti biljaka u svijetu.

Botrytis cinerea zaražava suncokret u većini zemalja gdje se ova kultura sije (Kanada, SAD, Francuska, Španjolska, Portugal, Italija, Rumunjska, Poljska, Turska, Tunis, Hrvatska, Rusija, Argentina, Mađarska i Srbija). U jačem intenzitetu bolest se javlja samo u godinama s većom količinom oborina osobito u drugom dijelu vegetacije. Tada se razvija siva plijesan na glavama kao osobito štetan oblik bolesti, a smanjenje prinosa, u iznimnim slučajevima, može biti i preko 60 %. Osim na količinu prinosa, bolest utječe na lošiju kakvoću sjemena za proizvodnju ulja kao i na biološke osobine sjemena.



Slika 7.17. *Botrytis cinerea* – životni ciklus

Suncokret može biti zaražen tijekom cijelog razvoja, od sjemena do sjemena. Broj zaraženih biljaka i intenzitet pojave bolesti ovise o tolerantnosti domaćina, količini i rasporedu oborina, relativnoj vlažnosti zraka i temperaturi.

Truljenje sjemena, bolest tipa paleži klijanaca i propadanje mladih biljaka u našim agroekološkim uvjetima je rijetko, a ukoliko se javi ne izaziva štete i ostaje nezapaženo.

Parazitna gljiva zaražava listove, peteljke, stabljiku (Slika 7.18.) i glave suncokreta. Simptomi su tamne pjege koje, za vlažnog vremena, 5 do 6 dana iza pojave prekriva gusta siva prevlaka konidiofora i konidija, što je siguran dijagnostički znak za prepoznavanje uzročnika bolesti.

Infekcija nastaje kroz oštećena tkiva, ali i preko potpuno neoštećene kore. Napadnuta tkiva su razmekšana usljed čega listovi i peteljke venu, a stabljike se mogu polomiti.

Glave suncokreta bivaju zaražene s donje strane i to najčešće na rubu. Ukoliko su zaraze rane i u uvjetima vlažnog i toplog vremena većina sjemena je zaražena, a glave se raspadaju.

Gljiva tijekom razvoja formira višestaničan sivi micelij na kojem nastaju vrlo dugi i u gornjoj trećini razgranati tamnije sivi konidiofori s mnogobrojnim ovalnim, hijalnim jednostaničnim makrokonidijama (Slika 7.19.).



Slika 7.18. Siva plijesan na stabljici suncokreta



Slika 7.19. *Botrytis cinerea* – konidiofor s konidijama

Makrokonidije raznose zračne struje na relativno velike udaljenosti. One kliju u kapima vode ili pri relativnoj vlažnosti zraka većoj od 90 % i u širokom rasponu temperatura. Minimalna temperatura je između 2 i 5 °C, optimalna između 20 i 25 °C, a maksimalna između 39 i 41 °C. Uz nisku vlažnost zraka i temperaturu od oko 25 °C makrokonidije ostaju vitalne nekoliko mjeseci. Ispitivanja su pokazala da na njihovo klijanje povoljno utječe polen i to ne samo suncokreta nego i drugih biljaka (Lamarque, 1980).

Gljiva ponekad u miceliju stvara i nepravilne 1 do 2 mm velike sklerocije. Sklerociji su u početku svog razvoja gotovo bijele boje, a potpuno zreli su crni. Klijati mogu ili u micelij s konidioforima i konidijama ili u zdjeličaste apotecije po čijem obodu nastaju brojni askusi s askosporama (Urbach, 1983). Klijanje sklerocija u apotecije u prirodi se događa vrlo rijetko. Parazit može stvarati i mikrokonidije i hlamidospore, a njihovo formiranje potvrđeno je i u Hrvatskoj (Topolovec-Pintarić, 2000). Mikrokonidije su hijaline, jednostanične, okruglaste, veličine od 2 do 4 µm, a preuzimaju ulogu spermacija tijekom spolnog razvoja gljive (Miličević, 2005). Jednostanične hijaline hlamidospore nastaju transformacijom hifa ili konidiofora osobito u nepovoljnim uvjetima rasta gljive. Hlamidospore ove gljive relativno brzo gube vitalnost (najviše za 3 mjeseca) pa se stoga smatraju privremenim trajnim sporama. Kliju u micelij na kojem se formiraju konidiofori s makrokonidijama.

Sjetva otpornijih genotipova, zdravog i dezinficiranog sjemena, višegodišnji plodored te duboko zaoravanje zaraženih biljnih ostataka osnovne su mjere suzbijanja sive plijesni. Uništavanjem korova u usjevu i uz površine pod suncokretom smanjuje se

količina inokuluma i vjerojatnost zaraze.

Kod sjemenskih usjeva u kišovitim godinama preporučava se desikacija biljaka u vrijeme fiziološke zrelosti sjemena. Moguće je i uklanjanje bolesnih biljaka iz usjeva pri čemu treba biti veoma pažljiv kako ne bi došlo do dodatnog rasijavanja konidija. Primjena fungicida u vegetaciji (pri suzbijanju *Diaporthe helianthi*) također smanjuje zarazu i doprinosi stabilnijoj proizvodnji suncokreta.

7.6. SUHA TRULEŽ

Macrophomina phaseolina (Tassi) Goid.

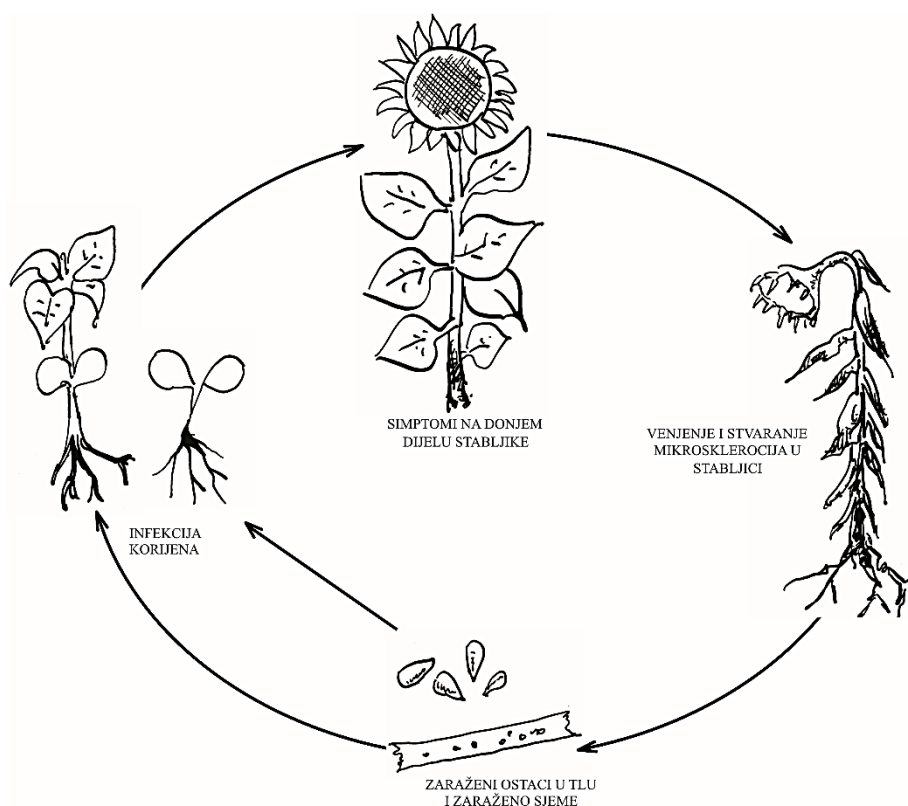
pododjel: Ascomycota

razred: Dothideomycetes

red: Botryosphaerales

porodica: Botryosphaeriaceae

rod: *Macrophomina*



Slika 7.20. *Macrophomina phaseolina* – životni ciklus

Macrophomina phaseolina je česti uzročnik prijevremenog sušenja biljaka diljem svijeta. Prema simptomima koju ovaj parazit izaziva, primjereniji je naziv „suha trulež“ od izravnog engleskog prijevoda (charcoal rot) „ugljenasta trulež“. Bolest je veoma destruktivna u područjima sa suhom i vrućom klimom poput Australije, dijelova Južne Amerike i SAD-a, južne Afrike, Indije, Španjolske i Portugala. Utvrđena je i u mnogim zemljama umjerene klime osobito u godinama s vrućim i suhim ljetima. *M. phaseolina* je polifagna fakultativno parazitna gljiva za koju nije poznato da stvara fiziološke rase (Marquez i sur., 2021). Zemljišni je parazit utvrđen na više od 500 kultiviranih (suncokret, šećerna repa, duhan, luk, češnjak, cvjetača, mrkva) i korovnih (*Sorghum halepense* (L.) Pers., *Datura stramonium* L.) vrsta biljaka iz više od 100 biljnih porodica. U uvjetima visokih temperatura (30 – 35 °C) i niske vlažnosti tla (< 60 %) gljiva na suncokretu može uzrokovati gubitke prinosa i preko 50 % (Aćimović, 1998).

U Hrvatskoj se suha trulež suncokreta u jačem intenzitetu javlja povremeno kada su okolinski uvjeti pogodni za infekciju i razvoj bolesti. Suncokret može biti inficiran vrlo rano u vegetaciji, ali u polju simptomi često ostaju neprimijećeni. Na korijenu klijanaca razvijaju se nekrotične pjege, a na nadzemnom se dijelu vidi promjena boje hipokotila, stabljike ili prvog lista. U klijancima koji prežive napad, gljiva ostaje u latentnom stanju te se kasnije proširi na stabljiku.



Slika 7.21. *Macrophomina phaseolina* – simptomi na stabljici



Slika 7.22. *Macrophomina phaseolina* – mikrosklerocije

Venjenje biljaka iza cvatnje obično se ne povezuje s napadom ovog parazita ili ako simptomi nisu jako izraženi oni ostaju neprimijećeni. Tipični simptomi suhe truleži

uočavaju se na korijenu i u zriobi suncokreta na donjem dijelu stabljike (Slika 7.21.). Zaraženi korijen tamne je boje te je manje ili više razgrađen što za posljedicu ima venjenje biljaka. Stabljike zaraženih biljaka su sive boje dok se kora odvaja od srži spužvaste strukture. Srž također poprima sivu boju od mnogobrojnih sitnih crnih mikrosklerocija (Slika 7.22.).

M. phaseolina formira hijalini svijetlo do tamno smeđi dobro razvijeni septirani micelij. Gljiva u prirodi veoma rijetko formira tamno smeđe do crne piknide s piknosporama koje tada mogu biti izvor zaraze. Za formiranje piknida neophodne su visoke temperature i visoka vlaga. Brojne ovalne ili duguljaste sitne (0,5 – 1,5 mm) mikrosklerocije u početku razvoja su svijetlo smeđe, a potpuno zrele su tamno smeđe do crne boje. Ostaci suncokreta i drugih domaćina (soja, kukuruz, lucerna, sirak, šećerna repa, jagode) s mikrosklerocijama u suhim tlima izvor su zaraze do 15 godina (Gupta i sur., 2012). Međutim, u vlažnim tlima mikrosklerocije ostaju vitalne samo 7 do 8 tjedana, a micelij propada za oko 7 dana. Klijanje mikrosklerocija potaknuto je izlučevinama korijena, a za razvoj parazita i nastanak bolesti potrebna je visoka temperatura tla (Mathur i Sackston, 1963). *M. phaseolina* je termofilna gljiva. Optimalna temperatura za razvoj micelija i mikrosklerocija je oko 30 °C, minimalna je oko 10 °C, a maksimalna se kreće od 35 do 40 °C. Uloga sjemena u epidemiologiji suhe truleži u umjerenom klimatu nije od velike važnosti, iako je dokazano da gljiva inficira sjeme.

Istraživanja su pokazala da okolinski čimbenici koji favoriziraju razvoj *M. phaseolina* negativno djeluju na fiziološko stanje biljaka. Agrotehničke mjere kao što su gusti sklopovi, rani rokovi sjetve i pojačana gnojidba dušikom mogu dodatno utjecati na vitalnost suncokreta. U takvim okolnostima intenzitet bolesti je jači i broj zaraženih biljaka veći, što se odražava na količinu i kakvoću sjemena. Zbog toga se u borbi protiv suhe truleži preporučuju sve mjere koje osiguravaju optimalan rast i razvoj biljaka kako bi se umanjio negativan utjecaj ekoloških čimbenika. Izbor hibrida tolerantnih na sušu i parazite, višegodišnji plodored, sjetva zdravog i kvalitetnog sjemena dopunske su i vrijedne mjere borbe.

7.7. SIVA PJEGAVOST STABLJIKE

***Diaporthe helianthi* Munt.-Cvetk., Mihaljč. & M. Petrov
(anamorf *Phomopsis helianthi* Munt.-Cvet. & Petrov)**

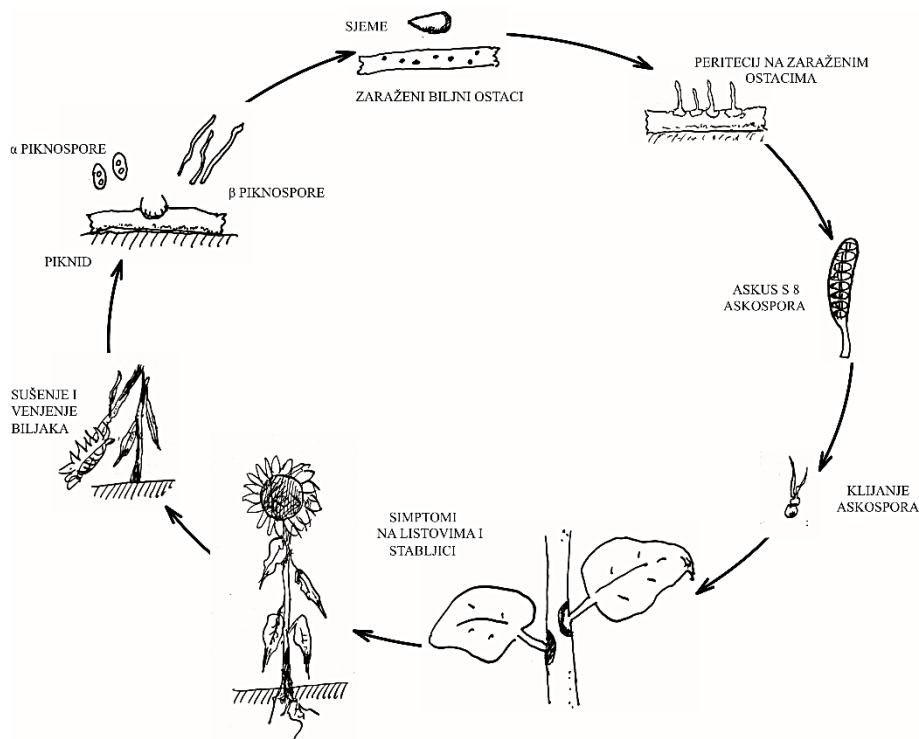
pododjel: Ascomycota
razred: Sordariomycetes
red: Diaporthales
porodica: Diaporthaceae
rod: *Diaporthe*

Uzročnik sive pjegavosti stabljike suncokreta je gljiva *Diaporthe helianthi* (anamorf *Phomopsis helianthi*) i jedna je od značajnijih gljivičnih bolesti na suncokretu u Europi. Europska i Mediteranska organizacija za zaštitu bilja (OEPP/EPPO, 2001)

smatra da je *D. helianthi* najštetniji patogen suncokreta, a gubitci u prinosu mogu biti i do 40 %. Po prvi put je utvrđen u bivšoj Jugoslaviji kasnih 1970-ih godina (Mihaljčević i sur., 1980; Muntanola-Cvetković i sur., 1981). Danas je prisutan u mnogim zemljama Europe, Južnoj i Sjevernoj Americi, Aziji (Pakistan) i Africi (Maroko). *D. helianthi* uzrokuje značajna ograničenja u prinosu i kvaliteti suncokreta diljem svijeta (Harveson i sur., 2016).

Osim suncokreta, domaćini ovoj vrsti mogu biti i neke druge biljne vrste: vinova loza (*Vitis vinifera* L.), veliki čičak (*Arctium lappa* L.), jasen (*Fraxinus excelsior* L.), indijski jorgovan (*Lagerstroemia indica* L.) te obalna i obična dikica (*Xanthium italicum* Moretti i *X. strumarium* L.) (Farr i Rossman, 2019).

Zahvaljujući molekularnim analizama utvrđena je raznolikost *Diaporthe* spp. sposobnih izazvati sivu pjegavost stabljike suncokreta (Thompson i sur., 2011; Dissanayake i sur., 2017). *Diaporthe gulyae* Shivas, Thomps & Young, *Diaporthe kongii* Shivas, Thomps & Young i *Diaporthe kochmanii* Shivas, Thomps & Young odgovorni su za izbijanje bolesti u Australiji 2009. godine (Thompson i sur., 2011), dok *D. helianthi* nije pronađen. Danas je utvrđeno pet patogenih vrsta *Diaporthe* na suncokretu (Thompson i sur., 2018).



Slika 7.23. *Diaporthe helianthi* – životni ciklus

D. helianthi inficira suncokret tijekom reproduktivnih faza rasta, a prvi simptomi na

suncokretu javljaju se na donjim listovima, obično prije ili u vrijeme cvatnje. Na listovima, obično vršnom djelu ili rubu lista, javljaju se smeđe pjegice. Pjega imaju oblik slova „V“ (Slika 7.24.) i ako su uvjeti za širenje bolesti povoljni brzo se šire i obuhvate cijelu lisnu površinu i na kraju list odumre. Infekcija se širi s odumrlog lista preko peteljke, koja postaje tamnosmeđa na stabljiku gdje se na spoju peteljke i stabljike razvija svijetlo do tamnosmeđa lezija (Slika 7.25.).



Slika 7.24. *Diaporthe helianthi* – simptomi na listu



Slika 7.25. *Diaporthe helianthi* – osušeni list visi niz stabljiku, lezija na stabljici

S vremenom se lezije povećavaju i mogu okružiti stabljiku. Dužina pjega može biti 10 do 20 cm. Sa starošću pjega dobivaju sivkastu, tamnu, skoro crnu boju pa od opisanog simptoma potječe i naziv bolesti u našem jeziku “siva pjegavost stabljike suncokreta” (Slika 7.26.). Gljiva također može razgraditi tkivo ispod epiderme i širiti se u parenhim srži. Srž stabljike ispod lezije postaje šuplja, stabljika se lomi na dodir ili se prirodno prelomi. Usljed zaraze stabljike inhibira se razvoj cvijeta i sjemena, uzrokujući potpuni gubitak prinosa te biljke. Čak i ako stabljika nije potpuno okružena pjegom, biljke s pjegama na stabljici mogu prijevremeno odumrjeti i proizvodnja sjemena će biti smanjena (Jurković i sur., 2016).

D. helianthi prezimljuje u zaraženim ostacima usjeva u obliku peritecija na površini tla (Masirevic i Gulya, 1992). Kada peritecij sazrije u proljeće, stvaraju se brojni askusi koji su loptastog do cilindričnog oblika. Optimalna temperatura za sazrijevanje askusa je 25 °C (raspon od 15 do 30 °C). Kada su askospore zrele, u vlažnim uvjetima, oslobađaju se pucanjem askusa do visine od približno 3 mm iznad površine žetvenih ostataka. Ponekad se na vrhu peritecija može pojaviti bijela masa ili kapljica sluzi koja sadrži askospore. Peritecij proizvodi askospore *D. helianthi* oko 17 dana (Li i sur., 1985). Askospore obavljaju infekciju suncokreta, a šire se zračnim strujama. Učestale oborine od butonizacije do cvatnje rezultiraju najjačim zarazama. Infekcija nastaje preko lista kroz prirodne otvore (puči, hidatode) ili kroz oštećene biljne dijelove. Na

ostacima suncokreta u polju u našim uvjetima prvi periteciji se formiraju sredinom studenog. Periteciji sa zrelim askosporama redovito se nalaze na prezimjelim stabljikama tijekom proljeća. Piknidi i periteciji mogu se naći od jeseni te tijekom zime i proljeća u različitim omjerima. Piknidi dominiraju u uzorcima prikupljenim tijekom rane jeseni, dok su periteciji brojniji u proljeće (Jurković i sur., 2016). U okviru pjega od početka kolovoza gljiva počinje formirati plodišta anamorfnog stadija – piknide. Manji broj piknida nastaje i na lisnim peteljkaama, a utvrđeno je i njihovo formiranje na sjemenu suncokreta. Jednim su dijelom uloženi u biljno tkivo, a stvaraju se u skupinama ili pojedinačno.



Slika 7.26. *Diaporthe helianthi* – simptomi na stabljici

Periteciji *D. helianthi* se formiraju na ostacima usjeva koji su prezimili, promjera su 370 – 450 μm s izduženim vratom, dugim 530 – 860 μm . Askusi su bezbojni, s osam askospora, cilindrični, veličine 37,5 – 61,2 x 7,1 – 15,2 μm . Askospore su bezbojne, dvostanične, eliptične i sužene u predjelu septe, veličine 9,2 – 17,7 x 2,9 – 6,2 μm . Piknidi su smeđi do crni, sferični, uronjeni u tkivo domaćina, promjera 200 – 330 x 190 – 310 μm (Vrandečić, 2008). Sadrže dvije vrste konidija: alfa-konidije, koje imaju dvije uljane kapi na polovima, fusiformne su i lako kličaju na umjetnim podlogama i beta-konidije, koje su jednostanične, filiformne, jednostanične, ravne ili povijene na jednom ili oba kraja, vrlo rijetko kličaju 24 – 35,2 x 1,5 – 195 μm . U uvjetima prirodne infekcije, unutar piknida izolata iz Hrvatske, utvrđene su isključivo B konidije koje

izlaze kroz ostiolume na vrhovima piknida u obliku kapljica bijele ili žućkaste boje.

Otpornost genotipova suncokreta prema *D. helianthi* je različita te bi za sjetvu trebalo birati tolerantnije hibride. Studije genetske otpornosti su pokazale da je otpornost na *D. helianthi* kvantitativne prirode (Viguié i sur., 1999). Gulya (1997) je analizirao 1.106 uzoraka kultiviranog suncokreta iz kolekcije Ministarstva poljoprivrede Sjedinjenih Američkih Država (USDA) i 2 % od ukupnog broja uzoraka pokazalo je otpornost na bolest. Talukder i sur. (2014) su u poljskim istraživanjima identificirali 30 roditeljskih linija iz Rusije i Europe koje su otporne na *D. helianthi*. Pokusi provedeni u stakleniku na 54 uzorka kultiviranog suncokreta (kolekcija USDA) na otpornost na *D. helianthi* su pokazali da je 13 uzoraka bilo otporno na *D. helianthi* (Mathew i sur., 2018).

D. helianthi može preživjeti u žetvenim ostacima do 5 godina (Masirevic i Gulya, 1992). Zaoravanje žetvenih ostataka može znatno smanjiti količinu inokuluma. Uzročnik bolesti se može održavati, osim na ostacima suncokreta i na samoniklom suncokretu te na korovima koji mogu biti izvor inokuluma. Veći broj korovnih vrsta mogu biti domaćini *D. helianthi*, ali i drugih vrsta roda *Diaporthe* koje parazitiraju suncokret (Vrandečić i sur., 2010; Thompson i sur., 2015). Zato je plodored strnih žitarica i kukuruza važan čimbenik u smanjenju budućih infekcija. Primjenom svih ostalih profilaktičnih mjera (izbalansirana gnojidba, sjetva zdravog i dezinficiranog sjemena, odgovarajući sklop) moguće je utjecati na smanjenje infekcija. Niže razine dušika mogu smanjiti učestalost i intenzitet bolesti (Debaeke i Moinard, 2010).

Slyusar i sur. (1998) su utvrdili da gljiva u zaraženom sjemenu gubi vitalnost nakon skladištenja od 10 mjeseci. Battilani i sur. (2003) smatraju da transport sjemena ima malu važnost kao izvor inokuluma u područjima gdje je gljiva već utvrđena, ali može biti značajan kao način unošenja u nova područja.

Primjena fungicida pozitivno utječe na smanjenje intenziteta zaraze te u pravilu na povećanje prinosa zrna i ulja. U Hrvatskoj postoje registrirani fungicidi koji imaju dozvolu za suzbijanje sive pjegavosti. Zaštitu suncokreta ne treba obaviti prerano (početak butonizacije) niti prekasno (početak cvatnje). Na temelju provedenih pokusa Aćimović (1998) smatra da je najbolje primijeniti fungicide u punoj butonizaciji, odnosno kada suncokret ima razvijenih 10 – 12 pari listova. Kod primjene fungicida ima poteškoća zbog habitusa biljaka te pretežno njihove akropetalne translokacije.

Debaeke i sur. (2003) su primijetili da primjena fungicida u butonizaciji može smanjiti učestalost sive pjegavosti. U SAD-u je Olson (2017) imao veći prinos na parcelama s jednom primjenom piraklostrobina u fazi rasta R1 (butonizacija) na osjetljivim i djelomično tolerantnim hibridima u usporedbi s parcelama gdje nisu primjenjeni fungicidi. Međutim, nakon što se simptomi bolesti pojave, primjena fungicida možda neće biti učinkovita.

7.8. PJEGAVOST LISTOVA

Alternaria vrste

pododjel: Ascomycota
razred: Dothideomycetes
red: Pleosporales
porodica: Leptosphaeriaceae
rod: *Alternariaster*

U svijetu je do sada utvrđeno jedanaest vrsta *Alternaria* koje uzrokuju pjegavost listova suncokreta. *Alternariaster helianthi* (Hansf.) E.G. Simmons (sin. *Alternaria helianthi* (Hansf.) Tubaki & Nishih.) je najštetnija i dominantna vrsta na suncokretu u Australiji i središnjoj Europi, Indiji, Južnoj Americi i dijelovima Afrike. *Alternaria alternata* (Fries) Kiessler je utvrđena u Europi i Aziji. *Alternaria leucanthemi* Nelen,

Alternaria tenuissima (Fries) Wiltshire, *Alternaria zinniae* Ellis (Udayashankar i sur., 2012), *Alternaria helianthicola* Rao i Rajagopalan, *Alternaria helianthinificiens* Simmons, *Alternaria longissima* Deighton i Mac Garvey i *Alternaria protenta* Simmons (Lakshmi Prasad i sur., 2020) uzrokuju palež listova na suncokretu u različitim područjima svijeta. *Alternaria solani* Sorauer i *Alternaria linariae* (Neerg.) Simmons (sin. *Alternaria tomatophila* Simmons) su prvi puta utvrđene na suncokretu u Indiji (Zhang i sur., 2021). U Hrvatskoj su do sada na suncokretu utvrđene *A. alternata*, *A. helianthi* i *A. helianthinificiens* (Jurković i sur., 2016).

U testovima patogenosti *A. helianthi* se pokazala kao najpatogenija (Vrandečić i sur., 2012). Gubici zbog bolesti uzrokovani *Alternaria* vrstama su u prinosu sjemena od 27 do 80 %, prinosu ulja od 17 do 33 % i smanjenju klijavosti od 23 do 32 %.

Iako se na suncokretu javljaju različite vrste *Alternaria* (Slika 7.27.) za sve su simptomi vrlo slični i na temelju simptoma ih ne možemo razlikovati. Ipak, najčešće su na suncokretu prisutne *A. helianthi* i *A. alternata*. Zaraženi mogu biti različiti dijelovi biljke, uključujući listove, peteljke, stabljike, cvjetne glave i sjeme. Simptomi se razlikuju ovisno o tome koji dio biljke je zaražen i o genotipu biljke. Prvi znakovi obično se pojavljuju tijekom cvatnje i postaju izraženiji prema kraju vegetacije (Jurković i sur., 2016).



Slika 7.27. *Alternaria* sp. na stabljikama suncokreta



Slika 7.28. *Alternaria helianthi* – simptomi na listu

Na početku infekcije na listovima se pojavljuju manje okrugle ili poligonalne smeđe pjege koje su nepravilno raspoređene po površini lista, postupno rastu, spajaju se i prekrivaju sve veći dio lista, obično imaju promjer od 1 do 3 centimetra (Slika 7.28.).

U slučaju jače infekcije, veliki broj nekrotičnih pjega može uzrokovati prerano sušenje lista. Ako pažljivo promatramo pjege na svjetlu, primijetiti ćemo koncentrične prstenove unutar njih. Rub pjega često ima tamno smeđu boju, dok se kod novih pjega može primijetiti žuta zona koja se s vremenom gubi. Kod nekih genotipova pjege mogu imati nepravilne oblike i ograničene su lisnom strukturom.

Duž peteljki se pojavljuju nekrotične pjege. Njihov broj može biti veći, a ponekad se pjege spajaju kružno, što može uzrokovati venuće lista. Pojava pjega na peteljkama češća je nego na stabljikama biljke. Na stabljikama su pjege izdužene, eliptične, tamno smeđe ili crne boje. Mogu doseći dužinu i do 10 cm. Javljaju se češće između nodija. Kod jakih zaraza cijela stabljika može biti prekrivena pjegama, one se mogu spajati i dovesti do loma stabljike.

Pri kraju vegetacije simptomi se javljaju i na glavama suncokreta. Udubljene, poligonalne pjege javljaju se na naličju glava suncokreta. U okviru pjega pri povećanoj vlazi zraka formira se sivo crna prevlaka konidiofora i konidija (Jurković i sur., 2016).

Alternaria vrste su općenito identificirane i klasificirane na temelju morfoloških karakteristika na uzgojnom mediju, oblika i veličine konidija, prisutnosti pregrada u konidijama, formacije vrha (kljuna), načina grananja konidiofora i stvaranja spora (Deng i sur., 2015). Međutim, ove karakteristike mogu biti podložne promjenama pod utjecajem uvjeta rasta kao što su supstrat, svjetlost i vlaga, što znači da se mogu smatrati nesigurnima za morfološku karakterizaciju vrsta. Danas se uz morfološke karakteristike koriste različiti molekularni alati kako bi se objasnila varijabilnost unutar i između vrsta roda *Alternaria* (Mohammadi i Bahramikia, 2019).

Alternaria vrste prezimljavaju na zaraženim ostacima biljaka, ali divlji ili samonikli suncokret kao i korovne biljke također mogu poslužiti kao izvor zaraze. Sve vrste, također se mogu prenositi sjemenom, ali uglavnom se sjemenom prenose na veće udaljenosti, odnosno u nova područja. Najčešće prezimljuju u formi micelija. Na miceliju nastaju nove generacije konidija koje se prenose vjetrom i kišnim kapima te prvo dospjevaju na donje listove. Iako je temperaturni raspon klijanja konidija širok (1 – 35 °C) one najbolje kliju na temperaturama većim od 25 °C i zahtijevaju najmanje 4 sata vlažnosti lista za sporulaciju. Širenje uzročnika ovisi o trajanju vlažnosti lista nakon početne infekcije, budući da se nova generacija spora može javiti u roku od 2 dana. Bolest se javlja u najvećem intenzitetu krajem vegetacije nakon kišnog vremena.

Jake zaraze sjemena povezane su s velikom količinom oborina, mehaničkim oštećenjima biljaka od abiotskih čimbenika i oštećenjima nastalim od kukaca. Mlađe biljke su osjetljivije od starijih biljaka, a starije biljke često gube donje listove zbog napada *Alternaria* sp.

A. alternata formira višestanični dobro razvijen micelij. Konidije nastaju u dugim lancima (nizovima). Lanci su uglavnom jednostavni, ali mogu biti i razgranati. Konidije su u lancima međusobno odvojene kratkim sekundarnim konidioforima. U pojedinačnim lancima ima od 15 do 20 konidija. Konidije (Slika 7.29.) su kratke ili dugačke, maslinasto smeđe do tamno smeđe boje, jako varijabilnog oblika (ovalne do cilindrične), veličine (ovisno o starosti) i broja septi (uzdužnih, poprečnih i kosih).

Obično su veličine $10 - 58 \times 7 - 19 \mu\text{m}$. Vrh (kljun) konidija može biti kratak ili dugačak, uglavnom iste boje kao tijelo konidije ili je malo svijetliji, dužine $2 - 19 \mu\text{m}$. Ukupna dužina konidije s vrhom iznosi $10 - 71 \mu\text{m}$ (Mathur i Kongsdal, 2003).

A. helianthi na konidioforima pojedinačno formira cilindrične do izduženo eliptične, ravne ili malo povijene, svijetlo sivo žute do svijetlo smeđe konidije (Slika 7.30.). Aćimović (1998) navodi da broj pregrada varira ovisno o supstratu i temperaturi, a prema njemu je broj uzdužnih septi $0 - 6$, a poprečnih $4 - 11$. Dimenzije konidija iznose $64,3 - 224,8 \times 14,3 - 50,0 \mu\text{m}$.



Slika 7.29. Konidije *Alternaria alternata*



Slika 7.30. Konidije *Alternaria helianthi*

Svi izolati *A. helianthificiens* formiraju ujednačene pojedinačne, blijedo smeđe do smeđe, duge ovalne konidije s pet do osam poprečnih i jednom do dvije uzdužne pregrade (Slika 7.31.). Konidije svih izolata su blago sužene na poprečnim septama, dimenzija $55 - 90 \times 14 - 20 \mu\text{m}$ (Vrandečić i sur., 2012). Konidiofori su smeđe boje, septirani, dimenzija $20 - 200 \times 5 - 7 \mu\text{m}$.



Slika 7.31. Konidije *Alternaria helianthificiens*

Zaštita suncokreta se prije svega temelji na provođenju agrotehničkih mjera. *Alternaria* vrste su policiklični patogeni, što znači da će, nakon što je inokulum prisutan na polju, izazvati ponovne infekcije do žetve kad god su uvjeti okoline pogodni za razvoj bolesti. Kako bi se smanjilo nakupljanje inokuluma preporuča se plodored od četiri godine. Za sjetvu treba koristiti zdravo i tretirano sjeme te ju obaviti prije nego nastanu povoljni uvjeti za razvoj bolesti jer ako zaraze nastanu u vrlo ranoj fazi razvoja biljaka one mogu propasti. Niti jedan hibrid nije otporan iako između linija i

hibrida postoje razlike u osjetljivosti. U našim uvjetima proizvodnje primjena fungicida u zaštiti od *Alternaria* vrsta uglavnom nije potrebna.

7.9. CRNA PJEGAVOST STABLJIKE

Phoma macdonaldii Boerema

(teleomorfni stadij *Leptosphaeria lindquisti* Frezzi)

pododjel: Ascomycota

razred: Dothideomycetes

red: Pleosporales

porodica: Leptosphaeriaceae

rod: *Leptosphaeria*

Phoma macdonaldii je prvo utvrđena u Kanadi 1964. godine, a danas je prisutna u Europi, Sjevernoj i Južnoj Americi, Africi, Aziji i Australiji. U našoj zemlji nema točnih podataka o rasprostranjenosti ovog patogena, ali je poznato da se crna pjegavost često nalazi na istim biljkama na kojima je utvrđena zaraza s *Diaporthe helianthi* ili *Macrophomina phaseolina*. Razvoj crne i sive pjegavosti u istom usjevu uobičajena je pojava u nas. Chen i sur. (2008) navode da je postotak zaraženih biljaka pri uzgoju jako osjetljivih hibrida bio 44 % i više.

U prirodnim uvjetima, gljiva zaražava samo uzgajani i samonikli suncokret i do sada nije izolirana s drugih biljnih vrsta (Harveson i sur., 2018). U literaturi je malo podataka o gubicima uslijed napada *P. macdonaldii* te se najčešće navodi da su zaražene biljke slabije kondicije, a pri ranim i jakim zarazama stabljike su polomljene, glave su manje, a prinos zrna i ulja niži (Donald i sur., 1987; Ivanović i Ivanović, 2001). Prema Penaud (1996) gubici prinosa se u prosjeku kreću od 0,2 do 0,7 t/ha. *P.*



Slika 7.32. *Phoma macdonaldii* –
simptomi na stabljici

macdonaldii zaražava listove, lisne peteljke, stabljike i glave suncokreta, a utvrđena je i infekcija korijena mladih biljaka (Gulya i sur., 1997). Prvo bivaju zaraženi donji listovi i stabljika iznad razine tla. Na listovima se razvijaju pjege različite veličine, listovi se brzo osuše i vise niz stabljiku, a kako su skriveni gornjim dobro razvijenim listovima, ovaj simptom ostaje nezapažen. Na starijim listovima i kasnije tijekom vegetacije uz krupnije žile na plojci uočavaju se crne nekrotične površine, što se može zamijeniti s napadom *Alternaria* spp., osobito *Alternariaster helianthi*.

Pjege na peteljkaama su ovalne, mogu se spajati te poput prstena okružiti peteljku što ima za posljedicu venjenje i otpadanje listova. Najuočljiviji simptomi su na stabljici (Slika 7.32.).

Crne, ovalne ili nepravilne velike (6 – 8 cm i više) pjege razvijaju se prvo pri osnovi, a kasnije i po cijeloj stabljici. Njihov razvoj započinje u vrijeme cvatnje suncokreta. Na najnižem dijelu biljke pjege se mogu spajati u velike crne površine koje prstenasto obuhvaćaju stabljiku.

Na mjestu spoja peteljke i stabljike dugo se zadržavaju kapi vode (kiša, rosa) i na tim mjestima najlakše dolazi do infekcije. U okviru pjega tkivo vremenom nekrotizira, a nekroza može ostati lokalizirana u tkivima kore ili se proširiti u srž stabljike. Posljedica je venjenje, lomljenje i sušenje biljaka prije kraja vegetacije.

Sredinom ljeta *P. macdonaldii* može zaraziti glave suncokreta, ali ovaj tip bolesti nije redovit. Na bolesnim tkivima, osobito peteljkama i stabljikama, tijekom vegetacije, ali i na ostacima biljaka iza žetve, gljiva stvara sitne okruglaste crne piknide koji su gotovo potpuno uloženi u biljno tkivo. Na otvoru piknida se pojavljuje bjeličasta viskozna masa s jednostaničnim, nepravilno ovalnim i hijalnim piknosporama (konidijama) čija veličina varira i kreće se od 3 – 8,5 x 1,3 – 6,5 µm (Gulya i sur., 1997). Gljiva se razvija u širokom rasponu temperatura od 3 do 35 °C, a oko 25 °C je optimum. Inkubacija traje između 4 i 8 dana, zavisno o okolinskim čimbenicima.

Savršeni (teleomorfni) stadij parazitne gljive opisao je Frezzi 1968. godine u Argentini kao *Leptosphaeria lindquisti* i čine ga pseudoteciji, askusi i askospore. Crni pseudoteciji kratkog vrata (274 – 306 µm) su prvo uloženi u biljno tkivo, a kako dozrijevaju izbijaju na površinu biljnih ostataka. Askusi su cilindrični, hijalini i sadrže po osam askospora. Između askusa se nalaze brojne končaste sterilne stanice – parafize. Hijaline askospore (12 – 25 x 3,5 – 8,5 µm) su najčešće četverostanične, rijetko dvostanične s više uljnih pjega u stanicama.

Ostaci suncokreta u tlu primarni su izvor zaraze. Utvrđeno je da na njima prve dvije godine prevladavaju piknidi, a u trećoj nastaju pseudoteciji čime se produžuje vitalnost inokuluma. Vitalnost piknida s piknosporama je barem tri godine. Iako sjeme može biti inficirano, ono nema većeg značenja u prenošenju bolesti. El Sayed i Marić (1981) utvrdili su prisutnost pseudotecija na pojedinačnim sjemenkama što bi moglo biti značajno za prenošenje parazita na veće udaljenosti i u krajeve gdje bolesti još nema. Gaudet i Schulz (1981) navode da neki kukci (*Apion occidentalis* i *Cylindrocopturus adspersus*) sudjeluju u širenju gljive na biljke suncokreta noseći spore u i na površini tijela.

Osjetljivost hibrida, češći uzgoj suncokreta na istom polju te slabljenje vitalnosti biljaka (suša tijekom vegetacije, pojačana gnojdba dušikom u odnosu na fosfor i kalij) doprinose jačoj pojavi bolesti. Uzgoj tolerantnih genotipova je najučinkovitija mjera zaštite. Stoga se pri stvaranju novih hibrida velika pozornost mora pokloniti ovom uzročniku. U prilog ovome idu i istraživanja Larfeil i sur. (2002) koji ukazuju na najmanje 5 patotipova *P. mcdonaldii* o kojima se treba voditi računa u oplemenjivačkim programima. Kao mjere suzbijanja preporučuju se također i višegodišnji plodored (6 godina), uporaba zdravog i dezinficiranog sjemena (kao dopunska mjera) i provođenje svih agrotehničkih mjera koje doprinose očuvanju opće vitalnosti usjeva.

7.10. SIVA PJEGAVOST LISTOVA

Septoria helianthi Ell et Kell.

pododjel: Ascomycota

razred: Dothideomycetes

red: Mycosphaerellales

porodica: Mycosphaerellaceae

rod: *Septoria*

Uzročnik sive pjegavosti listova suncokreta je fakultativno parazitna gljiva *Septoria helianthi* koja osim kultiviranog suncokreta (*Helianthus annuus* L.) parazitira i divlje vrste roda *Helianthus*: *Helianthus argophyllus* Torr. and Gray, *Helianthus decapetalus* L., *Helianthus doronicoides* Torr. and Gray, *Helianthus giganteus* L., *Helianthus grosseserratus* M. Martens, *Helianthus petiolaris* Nutt., *Helianthus pauciflorus* Nutt., *Helianthus strumosus* L., *Helianthus tuberosus* L. i *Heliopsis helianthoides* (L.) Sweet. Također je izolirana i s *Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt (Farr i sur., 2004).

Bradley i sur. (2007) navode da u SAD-u "septorijsku" pjegavost lista uzrokuje osim *S. helianthi* i *S. helianthina*, ali je *S. helianthi* dominantan uzročnik bolesti. O ekonomskoj štetnosti sive pjegavosti podataka ima veoma malo iako je bolest prisutna svake godine u mnogim zemljama u kojima se suncokret sije na većim površinama. Iako jake zaraze mogu uzrokovati defolijaciju, štete su uglavnom male, osobito ukoliko se bolest javi (što je najčešće) na donjim starijim listovima kada je utjecaj na prinos zanemariv.



Slika 7.33. *Septoria helianthi* –
simptomi na listu

Simptomi se mogu uočiti već na kotiledonima ili prvim listovima, no najčešće se prvi simptomi javljaju na donjim listovima nakon cvatnje. Pjege su u početku vodenaste smeđe sive boje, ali brzo poprimaju tamniju boju. Ova se pjegavost razlikuje od drugih po poligonalnom obliku pjega budući da su omeđene lisnim žilama (Slika 7.33.). Pjege se uglavnom prvo javljaju na rubu lista. Oko nekih pjega uočava se usko područje žute boje koje postepeno prelazi u zdravi dio tkiva. Zbog velikog broja pjega, stotinu i više po listu, dolazi do njihovog spajanja u veće nekrotizirane lezije i sušenja listova. Dio mrtvog tkiva između krupnijih žila može ispasti te listovi imaju rupičast izgled. Za

vlažnog vremena u središnjem dijelu pjega gljiva formira piknide čime se potvrđuje uzročnik bolesti.

Mladi listovi mogu biti i slabo deformirani. Ako se bolest pojavi na glavama ostaje lokalizirana na čašičnim listićima. Infekcija stabljike je veoma rijetka. *S. helianthi* formira dobro razvijen višestanični micelij koji u zaraženim tkivima stvara crne loptaste piknide kratkog vrata s piknosporama (konidije). Promjer piknida je između 36,0 i 93,6 µm, prosječno 63,7 µm (Aćimović, 1998). Piknospore su izdužene, hijaline, blago povijene, s najčešće 3 do 4 septe i veličine 19,8 – 49,5 x 1,6 – 3,9 µm. Iz piknida izlaze u sluzavoj masi kroz otvor (ostiolum) na vrhu plodišta. Kliju u kapima vode u začetak micelija na kojemu nastaju sekundarne piknospore.

Optimalni uvjeti za infekciju i razvoj bolesti su visoka relativna vlažnost zraka ili listovi nakvašeni kišom ili rosom i temperatura između 22 i 25 °C. Inkubacija, zavisno o okolinskim čimbenicima, traje od 7 do 14 dana. Glavni izvor zaraze su zaraženi ostaci suncokreta iz prethodne vegetacije. U poljskim uvjetima gljiva se održava tijekom više godina u obliku piknida ili stromatičnih nakupina. Pri uzgoju gljive u laboratoriju utvrđeno je formiranje hlamidospora, ali u prirodnim uvjetima njihova prisutnost nije potvrđena. Sjeme suncokreta također može biti zaraženo i tada se na njemu razvijaju piknidi s piknosporama te i ono može biti prenosilac zaraze na veće udaljenosti.

S ciljem smanjenja broja zaraženih biljaka i širenja bolesti preporučavaju se uobičajene profilaktičke mjere (plodored, sjetva zdravog sjemena i tolerantnih hibrida te duboko zaoravanje žetvenih ostataka suncokreta).

LITERATURA

1. Aćimović, M. (1998). *Bolesti suncokreta*. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
2. Balaž, F., Tošić, M., & Balaž, J. (1995). *Zaštita biljaka - Bolesti ratarskih i povrtarskih biljaka*. Krstin, Novi Sad.
3. Battilani, P., Rossi, V., Girometta, B., Delos, M., Rouzet, J., Andre, N., & Esposito, S. (2003). Estimating the potential development of *Diaporthe helianthi* epidemics in Italy. *EPPO Bulletin*, 33(3), 427-431.
4. Bradley, C., Markell, S., & Gulya, T. (2007). Diseases of sunflower. In D.R. Berglund (ed.), *Sunflower production guide* (pp. 54-77). NDSU Extension service, North Dakota State University.
5. Chen, W.M., Guo, Q.Y., Song, H.M., Wang, H., Ma, F., & Jing, X. (2008). Domestic new plant disease: the first report of the occurrence of sunflower Phoma black stem in Ili River Valley, Sinkiang, China. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 23(5), 609-612.
6. Choquer, M.M., Rascle, C., Goncalves, I.R., Vallée, A., Ribot, C., Loisel, E., Smilevski, P., Ferria, J., Savadogo, M., Souibgui, E., Gagey, M.J., Dupuy, J.W., Rollins, J.A., Marcato, R., Noûs, C., Bruel, C., & Poussereau, N. (2021). The infection cushion of *Botrytis cinerea*: a fungal 'weapon' of plant-biomass destruction. *Environmental Microbiology*, 23(4), 2293-2314.
<https://doi.org/10.1111/1462-2920.15416>
7. Ćosić, J., Jurković, D., Vrandečić, K., & Kaučić, D. (2012). Survival of buried *Sclerotinia sclerotiorum* sclerotia in undisturbed soil. *Helia*, 35(56), 73-78.
<https://doi.org/10.2298/hel1256073c>
8. Debaeke, P., Estragnat, A., & Reau, R. (2003). Influence of crop management on sunflower stem canker (*Diaporthe helianthi*). *Agronomie*, 23(7), 581-592.
<https://doi.org/10.1051/agro:2003032>
9. Debaeke, P., & Moinard, J. (2010). Effect of crop management on epidemics of Phomopsis stem canker (*Diaporthe helianthi*) for susceptible and tolerant sunflower cultivars. *Field Crops Research*, 115(1), 50-60.
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.10.002>
10. Deng, J., Li, M.J., Paul, N.C., Lee, J.H., Cho, H.S., Lee, H.B., & Yu, S.H. (2015). *Alternaria* species associated with araliaceous plants in Korea. *Mycological Progress*, 14(31), 1-8. <https://doi.org/10.1007/s11557-015-1052-0>
11. Dissanayake, A.J., Phillips, A.J.L., Hyde, K.D., Yan, J.Y., & Li, X.H. (2017). The current status of species in *Diaporthe*. *Mycosphere*, 8(5), 1106-1156.
<https://doi.org/10.5943/mycosphere/8/5/5>
12. Donald, P.A., Venette, J.R., & Gulya, T.J. (1987). Relationship between *Phoma macdonaldi* and premature death of sunflower in North Dakota. *Plant Disease*,

71(5), 466-468.

13. El Sayed, F., & Marić, A. (1981). Prilog proučavanju biologije i epidemiologije *Phoma mcdonaldi* Boerema, prouzrokovaca crne pegavosti suncokreta. *Zaštita bilja*, 32(1), 13-27.
14. Farr, D.F., & Rossman, A.Y. (2019). *Fungal Databases*. U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA. Preuzeto 6.3.2024. s <http://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>
15. Farr, D.F., Rossman, A.Y., Palm, M.E., & McCray, E.B. (2004). *Fungal Databases, Systematic Botany and Mycology Laboratory, ARS, USDA*. Preuzeto 6.3.2024. s <http://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>
16. Fitzell, R., Evans, G., & Fahy, P.C. (1980). Studies on the colonization of plants root by *Verticillium dahliae* Klebahn with use of immunofluorescent staining. *Australian Journal of Botany*, 28, 357-368.
17. Friskop, A.J., Gulya, T.J., Halley, S.A., Schatz, B.G., Schaefer, J.P., Jordahl, J.G., Meyer, S.M., Misk, K.W., Hendrickson, P.A., & Markell, S.G. (2015). Effect of fungicide and timing of application on management of sunflower rust. *Plant Disease*, 99(9), 1210-1215. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-14-1036-RE>
18. Gaudet, M.D., & Schulz, J.T. (1981). Transmission of *Phoma oleracea* var. *helianthi-tuberosi* by the adult stage of *Apion occidentalis*. *Journal of Economic Entomology*, 74, 486-489.
19. Göre, M.E. (2008). Epidemic outbreaks of downy mildew caused by *Plasmopara halstedii* on sunflower in Thrace, part of the Marmara region of Turkey. *New Disease Reports*, 18, 8.
20. Gulya, T., Harveson, R., Mathew, F., Block, C., Thompson, S., Kandel, H., Berglund, D., Sandbakken, J., Kleingartner, L., & Markell, S. (2019). Comprehensive disease survey of US sunflower: disease trends, research priorities and unanticipated impacts. *Plant Disease*, 103, 601-618. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-18-0980-FE>
21. Gulya, T., Rashid, K.Y., & Maširević, S. (1997). Sunflower diseases. In A.A. Schreiner (ed.), *Sunflower technology and production* (pp. 236-379). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America.
22. Gulya, T., Venette, R., Venette, J.R., & Lamey, A.H. (1990). *Sunflower Rust*. North Dakota State University Extension Service, Fargo, North Dakota.
23. Gulya, T.J. (1997). Phomopsis stem canker resistance in USDA and commercial sunflower germplasm. In *Proceedings of the 19th Sunflower Research Workshop* (pp. 76-78). Fargo, ND, USA.
24. Gupta, G.K., Sharma, S.K., & Ramteke, R. (2012). Biology, epidemiology and management of the pathogenic fungus *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid with special reference to charcoal rot of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.

Journal of Phytopathology, 160(4), 167-180.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2012.01884.x>

25. Harveson, R.M., Markell, S.G., Block, C.C., & Gulya, T.J. (2016). *Compendium of sunflower diseases and pests*. The American Phytopathological Society.
<https://doi.org/10.1094/9780890545096>
26. Harveson, R.M., Mathew, F.M., Gulya, T., Markell, S., Block, C., & Thompson, S.M. (2018). Sunflower stalk diseases initiated through leaf infection. *Plant Health Progress*, 19(1), 82-91. <https://doi.org/10.1094/PHP-12-17-0083-DG>
27. Ivanović, M., & Ivanović, D. (2001). *Mikoze i pseudomikoze biljaka*. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.
28. Jurković, D., Čosić, J., & Vrandečić, K. (2016). *Pseudogljive i gljive ratarskih kultura*. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
29. Kuroyanagi, T., Bulasag, A.S., Fukushima, K., Ashida, A., Suzuki, T., Tanaka, A., Camagna, M., Sato, I., Chiba, S., Ojika, M., & Takemoto, D. (2022). *Botrytis cinerea* identifies host plants via the recognition of antifungal capsidiol to induce expression of a specific detoxification gene. *PNAS Nexus*, 1(5), 1-12.
<https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgac274>
30. Lakshmi Prasad, M.S., Naresh, N., Sujatha, K., Usha, D., Sujatha, M., Sarada, C., Chander Rao, C., & Chowdappa, P. (2020). Population structure of *Alternaria* species causing leaf blight of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in India. *Phytoparasitica*, 48(3), 335-356.
<https://doi.org/10.1007/s12600-020-00796-6>
31. Lamarque, C. (1980). Evolution des études épidémiologiques du *Botrytis cinerea* sur tournesol. In *Proceedings of the 9th International Sunflower Conference*. International Sunflower Association.
32. Larfeil, C., Dechamp-Guillaume, G., & Barrault, G. (2002). *Phoma macdonaldii* Boerema / *Helianthus annuus* L. interaction. *Helia*, 25(36), 153-160.
<https://doi.org/10.2298/HEL0236153L>
33. Li, S., Marić, A., & Maširević, S. (1985). Biological and epidemiological studies of *Phomopsis* sp. (*Diaporthe* sp.) in sunflower. *Zaštita bilja*, 36(4), 357-370.
34. Liang, X., & Rollins, J.A. (2018). Mechanisms of broad host range necrotrophic pathogenesis in *Sclerotinia sclerotiorum*. *Phytopathology*, 108(10), 1128-1140.
<https://doi.org/10.1094/PHYTO-06-18-0197-RVW>
35. Markell, S., Gulya, T., McKay, K., Hutter, M., Hollingsworth, C., Ulstad, V., Koch, R., & Knudsvig, A. (2009). Widespread occurrence of the aecial stage of sunflower rust caused by *Puccinia helianthi* in North Dakota and Minnesota in 2008. *Plant Disease*, 93, 668. <https://doi.org/10.1094/PDIS-93-6-0668C>
36. Marquez, N., Giachero, M.L., Declerck, S., & Ducasse, D.A. (2021). *Macrophomina phaseolina*: general characteristics of pathogenicity and methods of control. *Frontiers in Plant Science*, 12, 634397.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2021.634397>

37. Masirevic, S., & Gulya, T.J. (1992). *Sclerotinia* and *Phomopsis* – two devastating sunflower pathogens. *Field Crop Research*, 30(3-4), 271-300.
[https://doi.org/10.1016/0378-4290\(92\)90004-S](https://doi.org/10.1016/0378-4290(92)90004-S)
38. Mathew, F., Olson, T., Marek, L., Gulya, T., & Markell, S. (2018). Identification of sunflower (*Helianthus annuus*) accessions resistant to *Diaporthe helianthi* and *Diaporthe gulyae*. *Plant Health Progress*, 19(1), 97-102.
<https://doi.org/10.1094/PHP-10-17-0060-RS>
39. Mathur, S.B., & Kongsdal, O. (2003). *Common Laboratory Seed Health Testing Methods for Detecting Fungi* (1st ed.). Kandrups Bogtrkkeri Publication, Denmark.
40. Mathur, S.B., & Sackston, W.E. (1963). Effect of temperature and age of host on infection of sunflower by *Sclerotium bataticola*. *Phytopathology*, 53, 350.
41. Mihaljčević, M., Petrov, M., & Muntanola-Cvetković, M. (1980). *Phomopsis* sp., a new parasite of sunflower in Yugoslavia. *Savremena poljoprivreda*, 28, 531-539.
42. Mijić, A., Duvnjak, T., Dedić, B., Liović, I., Sudarić, A., Markulj Kulundžić, A., & Zdunić, Z. (2020). Mikoze kao uzročnici biotskog stresa u proizvodnji suncokreta. *Glasnik zaštite bilja*, 43(6), 60-67.
43. Miličević, T. (2005). *Genotipska i fenotipska varijabilnost unutar populacija patogene gljive Botryotinia fuckeliana (de Bary) Whetz. na vinovoj lozi i jagodama* [Doktorska disertacija]. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
44. Mohammadi, A., & Bahramikia, S. (2019). Molecular identification and genetic variation of *Alternaria* species isolated from tomatoes using ITS1 sequencing and inter simple sequence repeat methods. *Current Medical Mycology*, 5(2):1-8.
<https://doi.org/10.18502/cmm.5.2.1154>
45. Muntanola-Cvetković, M., Mihaljčević, M., & Petrov, M. (1981). On the identity of the causative agent of a serious *Phomopsis* - *Diaporthe* disease in sunflower plant. *Nova Hedwigia*, 34(3-4), 417-435.
46. MycoBank (2025). *Simple searching on MycoBank Database*. Preuzeto 31.3.2025. s <https://www.mycobank.org/Simple%20names%20search>
47. OEPP/EPPO (2001). *Good plant protection practice for sunflower* (EPPO Standards PP 2/21). *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 31(2), 243-255.
48. Olson, T.R. (2017). *Managing Phomopsis stem canker of sunflower using improved diagnosis and quantification of the causal pathogens*. [Doctoral dissertation, South Dakota State University]. Electronic Theses and Dissertations. 1184. <https://openprairie.sdstate.edu/etd/1184>
49. Penaud, A. (1996). Phoma du tournesol: recherche des époques de contamination et mise au point de la protection fongicide. In *Proceedings of the 14th International Sunflower Conference* (vol. 2., pp. 694-699). Academy of

Agricultural Science, Beijing/Shenyang, China.

50. Pereyra, V., Quiroz, F., Agüero, M.E., & Escande, A. (1999). Relación de la intensidad síntomas provocados por *Verticillium dahliae*, y el rendimiento de girasol. In *Proceedings of the X Jornadas Fitosanitarias Argentinas* (p. 35). Jujuy, Argentina.
51. Sackston, W.E. (1981). Downy mildew of sunflower. In D.E. Spencer (ed.), *The downy mildews* (pp. 545-575). Academic Press, London, UK.
52. Slyusar, E., Antonova, T.S., & Bochkarev, N.I. (1998). On the spread of *Phomopsis* infection on sunflower. *Zashchita i Karantin Rastenii*, 1, 33-35.
53. Spring, O. (2001). Nonsystemic infections of sunflower with *Plasmopara halstedii* and their putative role in the distribution of the pathogen. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 108(4), 329-336.
54. Spring, O. (2019). Spreading and global pathogenic diversity of sunflower downy mildew – review. *Plant Protection Science*, 55(3), 149-158.
<https://doi.org/10.17221/32/2019-PPS>
55. Spring, O., Gomez-Zeledon, J., Hadžiabdić, D., Trigiano, R.N., Thines, M., & Lebeda, A. (2018). Biological characteristics and assessment of virulence diversity in pathosystems of economically important biotrophic oomycetes. *Critical Reviews Plant Sciences*, 37(6), 439-495.
<https://doi.org/10.1080/07352689.2018.1530848>
56. Talukder, Z.I., Hulke, B.S., Marek, L.F., & Gulya, T.J. (2014). Sources of resistance to sunflower diseases in a global collection of domesticated USDA plant introductions. *Crop Science*, 54(2) 694-705.
<https://doi.org/10.2135/cropsci2013.07.0506>
57. Thompson, S.M., Tan, Y.P., Neate, S.M., Grams, R.M., Shivas, R.G., Lindbeck, K., & Aitken, E.A.B. (2018). *Diaporthe novem* isolated from sunflower (*Helianthus annuus*) and other crop and weed hosts in Australia. *European Journal of Plant Pathology*, 152(3), 823-831.
<https://doi.org/10.1007/s10658-018-1515-7>
58. Thompson, S.M., Tan, Y.P., Shivas, R.G., Neate, S.M., Morin, L., Bissett, A., & Aitken, E.A.B. (2015). Green and brown bridges between weeds and crops reveal novel *Diaporthe* species in Australia. *Persoonia*, 35, 39-49.
<https://doi.org/10.3767/003158515X687506>
59. Thompson, S.M., Tan, Y.P., Young, A.J., Neate, S.M., Aitken, E.A.B., & Shivas, R.G. (2011). Stem cankers on sunflower (*Helianthus annuus*) in Australia reveal a complex of pathogenic *Diaporthe* (*Phomopsis*) species. *Persoonia*, 27, 80-89.
<https://doi.org/10.3767/003158511X617110>
60. Topolovec-Pintarić, S. (2000). *Urođena i stečena otpornost Botrytis cinerea Pers. ex Fr. na botricide u vinogradima i suodnos rezistentnih patotipova* [Doktorska disertacija]. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

61. Tourvieille, D., Walser, P., Serre, F., Roche, S., & Vear, F. (2008). Relation between spring rainfall and infection of sunflower by *Plasmopara halstedii* (downy mildew). In *Proceedings of the 17th International Sunflower Conference* (vol. 1., pp. 97-102). International Sunflower Association.
62. Udayashankar, A.C., Nayaka, S.C., Archana, B., Anjana, G., Niranjana, S.R., Mortensen, C.N., Ole, S.L., & Prakash, H.S. (2012). Specific PCR-based detection of *Alternaria helianthi*: the cause of blight and leaf spot in sunflower. *Archives of Microbiology*, 194(11), 923–932.
<https://doi.org/10.1007/s00203-012-0826-x>
63. Urbasch, I. (1983). Über entstehung und keimung der Chlamydospore von *Botrytis cinerea* Pers. *Journal of Phytopathology*, 108(1), 54-60.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.1983.tb00563.x>
64. Van Becelaere, G., & Miller, JF. (2004). Combining ability for resistance to Sclerotinia head rot in sunflower. *Crop Science*, 44(5), 1542-1545.
<https://link.gale.com/apps/doc/A122261308/AONE?u=googlescholar&sid=bookmark-AONE&xid=a43ba6ef>
65. Viguié, A., Vear, F., & Tourvieille de Labrouhe, D. (1999). Interactions between French isolates of *Phomopsis/Diaporthe helianthi* Munt.-Cvet. et al. and sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes. *European Journal of Plant Pathology*, 105, 693-702. <https://doi.org/10.1023/A:1008715816205>
66. Vrandečić, K. (2008). *Morfološka i molekularna identifikacija Diaporthe/Phomopsis vrsta s kultiviranog i korovskog bilja* [Doktorska disertacija]. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku.
67. Vrandečić, K., Ćosić, J., Jurković, D., & Duvnjak, T. (2003). Weeds as an inoculum source of *Sclerotinia sclerotiorum*. In J. Maček (ed.), *Proceedings of the 6th Slovenian Conference on Plant Protection* (pp. 101-106). Zreče, Slovenia.
68. Vrandečić, K., Jurković, D., Ćosić, J., Stanković, I., Vučurović, A., Krstić, B., & Bulajić, A. (2012). First report of foliar and stem blight on sunflower caused by *Alternaria helianthi* inficiens in Croatia. *Plant Disease*, 96(11), 1698.
<https://doi.org/10.1094/PDIS-05-12-0512-PDN>
69. Vrandečić, K., Jurković, D., Riccioni, L., Ćosić, J., & Duvnjak, T. (2010). *Xanthium italicum*, *Xanthium strumarium* and *Arctium lappa* as new hosts for *Diaporthe helianthi*. *Mycopathologia*, 170(1): 51-60.
<https://doi.org/10.1007/s11046-010-9289-2>
70. Wheeler, D.L., & Johnson, D.A. (2019). *Verticillium isaacii* is a pathogen and endophyte of potato and sunflower in the Columbia basin of Washington. *Plant Disease*, 103, 3150-3153. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-19-0779-RE>
71. Zhang, Y., Yu, Y., Jia, R., Liu, L., & Zhao, J. (2021). Occurrence of *Alternaria* leaf blight of sunflower caused by two closely related species *Alternaria solani* and *A. tomatophila* in Inner Mongolia. *Oil Crop Science*, 6(2), 74-80.
<https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2021.04.006>

8. ŠTETNICI SUNCOKRETA

*Emilija Raspudić
Ivana Majić
Ankica Sarajlić*

8.1. KUKCI

Kukci su najbrojniji organizmi u prirodi, nalaze se na svim područjima, hrane se različitom hranom, a i sami mogu biti hrana drugim organizmima.

Poljoprivredne kulture napadnute su od različitih vrsta kukaca, a suncokret može biti napadnut tijekom cijele vegetacije i čuvanja u skladištu. Na suncokretu je zabilježeno 237 štetnih vrsta kukaca što čini 80,6 % svih štetnih životinjskih vrsta (Marić i sur., 1987).

Tretnutno, u proizvodnji suncokreta nema značajnijih problema sa štetnicima jer većina prisutnih vrsta ne predstavlja ekonomski značajne štetnike (Ivezić i Raspudić, 2004).



Slika 8.1. Pčele u oprašivanju suncokreta

Suncokret je entomofilna biljka, što znači da će prinos ovisiti o posjeti kukaca. Dobra je medonosna biljka jer su cvjetovi bogati nektarom i polenom, rado ju posjećuju pčele (Slika 8.1.) te se s 1 ha može skupiti i do 250 kg meda (Bučar, 2008). Preporučuje se postavljanje 2 košnice pčela po hektaru radi postizanja optimalne oplodnje suncokreta.

U početku vegetacije suncokreta, najznačajniji štetni kukci su oni koji obitavaju u tlu, među kojima se ističu žičnjaci, rovc, grčice te sovice pozemljuše. Kada je riječ o nadzemnim dijelovima biljke, primjećujemo prisutnost brojnih kukaca kao što su pipe, šturci, lisne sovice, moljci, lisne uši, stjenice, a sve češće se javljaju invazivne vrste. Osim kukaca, suncokret tijekom vegetacije podložan je napadima grinja, glodavaca i ptica. U skladištu, suncokretom se hrane štetnici poput brašnara. Razumijevanje ove raznolikosti kukaca i potencijalnih prijetnji ključno je za učinkovito upravljanje i očuvanje zdravlja suncokreta tijekom njegovog rasta.

8.1.1. ŠTETNICI U TLU

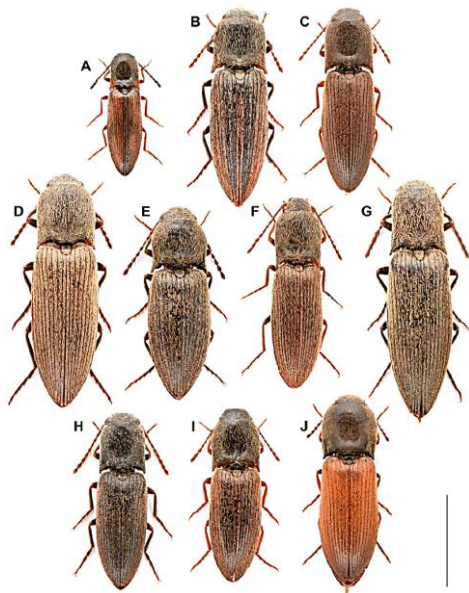
8.1.1.1. Red Coleoptera – kornjaši

Porodica Elateridae – žičnjaci

Agriotes ustulatus (Schaller, 1783)

Agriotes obscurus (Linnaeus, 1758)

Porodica Elateridae je jedna od najbrojnijih porodica reda kornjaša (Coleoptera). Vrste iz porodice Elateridae sveprisutne su na našim poljima. Njihova distribucija u polju nije podjednaka, nego agregirana s obzirom da odrasli žičnjak ili klisnjak ostavlja jaja u skupinama, a ličinke slabo horizontalno migriraju. Na poljima Slavonije i Baranje, najčešće vrste su *Agriotes ustulatus* i *Agriotes obscurus*. Naravno mogu biti prisutne i mnoge druge vrste jer je to porodica s 11.000 vrsta u svijetu (Douglas i sur., 2021). Nisu sve vrste iz porodice Elateridae štetne, a neke vrste su korisne u oplodnji biljaka.



Slika 8.2. Duguljasti oblik tijela različitih vrsta žičnjaka iz roda *Agriotes*

(A) *A. acuminatus*, (B) *A. lineatus*,
(C) *A. medvedevi*, (D) *A. modestus*,
(E) *A. obscurus*, (F) *A. paludum*,
(G) *A. pilosellus*, (H) *A. rufipalpis*,
(I) *A. sputator*, (J) *A. ustulatus*.

Ljestvica = 5 mm.

Odrasli žičnjaci (Slika 8.2.) su kukci uskog, izduženog i nešto spljoštenog tijela dužine od 8 do 20 mm. Boja im je crna, smeđa, crno smeđa ili crvenkasto smeđa. S donje strane tijela na prvom prsnom segmentu nalazi se šiljata izraslina koja im omogućava da, ako se nađu na leđima, klisnu odnosno skoče u zrak i vrate se na noge, a pri tome se čuje puckanje. Zbog toga žičnjake ponegdje nazivaju i puckari. Žičnjaci se nalaze na raznim biljkama, uglavnom se hrane polenom, ali mogu se hraniti listovima žitarica ili leguminoza, a štete su neznatne.

Jaja odlažu u površinski sloj tla krajem proljeća do kraja ljeta, a u našim klimatskim uvjetima ovipozicija najčešće počinje početkom svibnja. Ženka može ukupno odložiti od 70 do 500 jaja. Obično su u grozdastim nakupinama, u nakupini je od 2 do 40 jaja, a više nakupina može se naći položenih u neposrednoj blizini (Furlan, 1998). Okruglog do ovalnog oblika su, boja im je bijela do žućkasta, a veličina ovisi o vrsti i kreće se od 0,4 do 0,8 mm (Čamprag, 1997). Jaja su osjetljiva na nedostatak vlage. U nedostatku vlage jaja će se osušiti ili će kod odlaganja biti utisnuta dublje u tlo.

Za potpuni embrionalni razvoj jajeta potrebno je od 3 dana do 4 tjedna, ovisno o

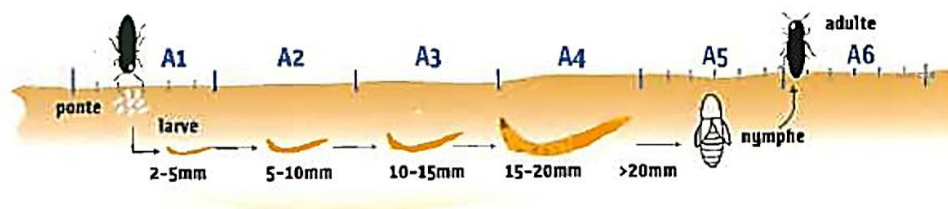


Slika 8.3. Ličinke žičnjaka

klimatskim uvjetima. Ličinke se nazivaju žičnjaci (žicari, drotari) jer podsjećaju na bakrenu žicu (Slika 8.3.). Do kukuljenja obitavaju u tlu. Polifagni su i podzemni štetnici. Štete mogu pričinjavati tijekom cijele vegetacije suncokreta. Ličinke su jasno segmentiranog i tvrdog tijela, do 35 mm duljine. Glava je crno smeđa s usnim ustrojem za grizenje i žvakanje, na prsištu su tri para kratkih nogu, a zadak završava s karakterističnim oblikom na posljednjem kolutiću koji obilježava specifičnost vrste te služi kod identifikacije žičnjaka.

Kukuljica je slobodna, u početku je mliječno bijele boje, a mijenja boju u žućkastu prije izlaska u odrasli oblik (Furlan, 1998). Kukuljenje je u tlu i traje najčešće od 3 do 4 tjedna.

Razvojni ciklus je višegodišnji, a odvija se kroz 3 do 5 kalendarskih godina (Slika 8.4.) ovisno o vrsti, kao i o vremenskim uvjetima.



Slika 8.4. Razvojni ciklus Elateridae (godine: A1 – A6)

Neke vrste (*A. brevis*, *A. lineatus*, *A. obscurus* i *A. sputator*) mogu prezimiti u dva razvojna stadija, kao ličinke i odrasli oblici. U višegodišnjem razvoju prezimljuju kao

ličinke različitih stadija te se kukulje u svibnju. Krajem ljeta, početkom jeseni, iz kukuljice izlaze odrasli i ostaju u tlu na prezimljenju te u proljeće izlaze iz tla i prisutni su od travnja do kraja kolovoza.

Kod vrsta kod kojih prezimljuju odrasli oblici, žičnjaci žive nekoliko mjeseci i odlaze jaja kroz dugi period, a vrste kod kojih ličinke prezimljuju, njihov odrasli oblik živi nekoliko dana, dok ovipozicija traje puno kraće u odnosu na ovipoziciju kod prezimjelih odraslih oblika (Furlan, 2004). Prvo se pojavljuju žičnjaci mužjaci pa onda žičnjaci ženke, aktivni su u večernjim satima, a dnevna aktivnost im je smanjena radi jačeg intenziteta svijetla i više temperature (Čamprag, 1997). Smatra se kako je temperaturni prag razvoja za vrste *Agriotes* 10 °C (kod nekih vrsta može biti i 8 °C), a optimalna temperatura 20 °C. Potrebne sume temperatura za razvoj pojedinih stadija prikazane su u Tablici 8.1.

Tablica 8.1. Suma efektivnih temperatura za razvoj pojedinih stadija (Maceljski, 2002)

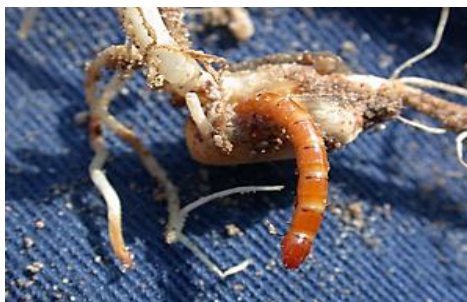
Stadij	Suma efektivnih temperatura (°C)
Jaja	200 – 300
Ličinke	3 – 300
Kukuljice	120 – 130
Imago	200

Kretanje žičnjaka u tlu je vertikalno i horizontalno. Vertikalno kretanje je u prvom redu u traženju vlažnog horizonta tla i viših temperatura. Tijekom zime spuštaju se do 60 cm u tlu, a u proljeće se nalaze na 20 cm (Furlan, 1998). Horizontalno kretanje je u potrazi za hranom, korijen biljke ispušta ugljični dioksid (CO₂) kojeg ličinke osjećaju u niskim koncentracijama, idu od biljke do biljke te tada prelaze dnevno desetak centimetara (Maceljski, 2002).

Žičnjaci, kao polifagni štetnici, oštećuju razne vrste ratarskog i povrtnog bilja kao i korovnih vrsta (Ćosić i sur., 2008; Raspudić i sur., 2009). Najznačajnije štete od žičnjaka su na sjemenu (Slika 8.5.), tek prokljalim biljkama te korjenčićima mladih biljaka (Slika 8.6.).



Slika 8.5. Žičnjak u naklijalom sjemenu



Slika 8.6. Hranjenje žičnjaka na korijenu biljke

Žičnjaci su najštetniji u godini pred kukuljenje, u zadnjem i najvećem stadiju razvoja ličinke. Štete se najčešće prepoznaju po prorijeđenom sklopu. U početku razvoja mlade ličinke trebaju živo bilje za razvoj (Furlan, 1998). Osim toga, hrane se organskom tvari te životinjama kako navode Traugott i sur. (2008). Oko 10 % populacije *A. obscurus* hrani se životinjskim plijenom. U velikoj populaciji žičnjaka, pri nedostatku hrane, može doći i do pojave kanibalizma (Furlan, 1998).

Na poljoprivrednim površinama štete od žičnjaka su neujednačene, jer je i sama distribucija žičnjaka u polju neujednačena što je povezano s mjestom odlaganja jaja. Žičnjaci mogu preživjeti i dulje razdoblje bez hrane (Furlan, 1998; Traugott i sur., 2008). Različite vrste žičnjaka imaju i različite faze hranjenja. Smatra se kako žičnjaci imaju dva perioda u godini kad se aktivno hrane i tada dolazi do oštećenja usjeva, a to je od ožujka do svibnja te od rujna do listopada, ovisno o temperaturi i vlažnosti tla. Međutim, napad žičnjaka može biti tijekom cijele godine u područjima s blagom zimom (Barsics i sur., 2013).

U suzbijanju žičnjaka u prošlosti su korišteni vrlo štetni kemijski insekticidi širokog spektra djelovanja koji su imali djelovanje na neciljane organizme i predstavljali su veliki ekološki rizik. Ovi insekticidi su kasnije zamijenjeni manje štetnim aktivnim tvarima, ali nisu konzistentni i jednako učinkoviti u suzbijanju žičnjaka (Vernon i sur., 2008). Danas se preporuča integrirana zaštita koja promiče bio racionalnu upotrebu pesticida. Donošenje odluke o načinu suzbijanja žičnjaka nije jednostavno. Prvenstveno treba utvrditi brojnost žičnjaka prije sjetve, kako bi se donijela preporuka o suzbijanju, jer suzbijanje nakon sjetve nije moguće (Majić i sur., 2019).



Slika 8.7. Feromonska klopka za žičnjake

Skupljene jedinice potrebno je identificirati na osnovu morfoloških karakteristika ličinki i odraslih ili molekularnim metodama.

Odrasle jedinice najlakše se hvataju feromonskim mamcima (Slika 8.7.) (Furlan i Tóth, 2007). Feromonski mamci su razvijeni za ekonomski štetne vrste žičnjaka iz roda *Agriotes*: *A. brevis*, *A. lineatus*, *A. litigiosus*, *A. obscurus*, *A. proximus*, *A. rufipalpis*, *A. sordidus*, *A. sputator* i *A. ustulatus*. Praćenje populacije žičnjaka kroz istraživanja se provodi zadnjih dvadesetak godina u Europi (Furlan i sur., 2001; Ivezić i sur., 2007).

Za ulov žičnjaka koriste se YATLORf klopke pogodne za sve vrste, dok se VARb klopke mogu koristiti za vrste koje su dobri letači (Furlan i sur., 2001). Razmak između klopki na polju treba

biti minimalno 30 metara, pregledavaju se svaki tjedan uz uzimanje svih skupljenih kukaca, a feromonski mamci mijenjaju se svakih 30 dana.

U Hrvatskoj je utvrđeno 15 vrsta žičnjaka: *A. brevis*, *A. gallicus*, *A. infuscatus*, *A. lineatus*, *A. litigiousus*, *A. medvedevi*, *A. modestus*, *A. obscurus*, *A. pallidulus*, *A. pilosellus*, *A. proximus*, *A. rufipalpis*, *A. sordidus*, *A. sputator* i *A. ustulatus*.

Žičnjaci se prate uzorkovanjem tla, najčešće metodom ukopavanja zrnatih mamaca. Jedna od najstarijih metoda je kopanje jama različite veličine ovisno o tipu tla (25 x 25 cm na težim tlima, odnosno 50 x 50 cm na lakšim tlima). Po hektaru se kopa od 8 do 10 jama, tlo se odlaže na foliju i detaljno pregledava usitnjavanjem tla i izdvajanjem žičnjaka, po potrebi i drugih vrsta kukaca, a skupljaju se u bočicu sa 70 %-tnim alkoholom. Broj žičnjaka izražava se po m², a izračunava se tako da se iz jama 25 x 25 cm broj žičnjaka množi sa 16, a iz jama 50 x 50 cm množi s četiri i dobiveni broj dijeli s brojem jama na parceli.

Osim ručnog kopanja može se uzorkovati i pomoću ručnih sonde ili hidrauličnim uređajem priključenim na traktor. Detaljan pregled tla nastavlja se u laboratoriju gdje se tlo stavlja na Tullgrenove lijevke s 0,5 centimetara mrežaste površine na dnu. Uslijed isušivanja tla i pod utjecajem svjetla i zagrijavanja površine tla, žičnjaci padaju u bočicu postavljenu na dnu (Furlan, 2005).

Metoda ukopavanja zrnatih mamaca temelji se na privlačenju žičnjaka na klice i korjenčiće koji izlučuju CO₂ i privlače žičnjake. Pregledavana površina mora biti bez drugih biljaka kako ne bi ispuštale CO₂, a mamac su najčešće zrna kukuruza i pšenice – 30 ml zrna pšenice i 30 ml zrna kukuruza (Furlan, 2005, 2014). Dva do tri tjedna prije sjetve napravi se rupa promjera 23 cm i dubine 15 cm u koju se stavi šaka do dvije netretiranog sjemena namočenog u vodu najmanje 24 sata. Mamci se pokriju zemljom i crnom plastičnom folijom koja pomaže zagrijavanju tla i bržem klijanju sjemena, a nakon dva tjedna pregledaju se mamac i tlo oko njega (Furlan, 2005).

S obzirom da je distribucija i raznolikost vrsta žičnjaka u tlu vrlo nejednaka i ovisi o velikom broju čimbenika (temperatura tla, vlaga, različiti izvori CO₂), njihovoj aktivnosti, biologiji, sezonskoj dinamici kretanja, primijenjenim mjerama zaštite i njihovoj učinkovitosti, potrebno je analizirati veliki broj uzoraka tla kako bi se odredio točan broj žičnjaka. Kontinuirano praćenje tijekom vegetacije omogućuje dobivanje točnijih podataka o prisustvu žičnjaka, vrsti, distribuciji i veličini populacije. Žičnjaci prvenstveno polažu jaja u manje obrađena tla, biraju pašnjake, travnjake, kulture s gušćim sklopom (polja žitarica), gdje nije bilo pravilnog plodoređa, a ovisi i o prirodnoj vegetaciji oko polja kao i u samom polju.

Broj odraslih i ličinki žičnjaka nema dokazanu korelaciju te će dodatna istraživanja dokazati odnos broja odraslih s određivanjem štete i distribucije ličinki određene vrste (Čačija i sur., 2017). Prema prikupljenim podacima i prednostima korištenja feromonskih klopki Ivezić i sur. (2007) ističu kako će korištenje klopki dovesti do značajnog smanjenja broja žičnjaka, a time i smanjenja upotrebe insekticida, što će u konačnici imati povoljan ekonomski i ekološki učinak.

Potrebno je pratiti povijest polja, procijeniti rizik od mogućih šteta i to uvijek prije

sjetve. Majić i sur. (2019) navode osnovu monitoringa štetnika u polju kroz evidencijski list. List bi morao sadržavati sve o opažanju prisutnosti štetnika u polju, razdoblju pojave i simptomima oštećenja i voditi ga za svako polje zasebno. Korištenje različitih aplikacija, za pametne uređaje u zaštiti bilja, štedi vrijeme proizvođaču jer pomaže u prepoznavanju štetnika i donošenju odluka (pr. SIMAGRIO W, Bayer Pest Portal, Pinova Mobil, Agrivi Trapview, Pest Control Technology i dr.).

Uz dobro poznavanje povijesti polja i znanja za provođenje integrirane zaštite, problem žičnjaka kreće od osnovnih agrotehničkih mjera. Okopavine su najosjetljivije na prisustvo žičnjaka. Sve poduzete mjere moraju se provesti preventivno odnosno prije sjetve ili tijekom sjetve. U pravilu, kad nastanu vidljive štete kurativne mjere nisu primjenjive. U Hrvatskoj, dozvolu za suzbijanje žičnjaka imaju sredstva za zaštitu bilja prikazana u Tablici 8.2.

Tablica 8.2. Dozvoljena sredstva za zaštitu bilja u suncokretu u suzbijanju žičnjaka 2023. godine (Glasilo biljne zaštite, 2023)

Djelatna tvar	Pripravak	Način primjene	Doza/ koncentracija	IRAC klasifikacija
Cipermetrin	Columbo 0,8 MG	Tretiranje u redove uz sjeme	12 kg/ha	3A
Lambda-cihlotrin	Trika expert	Granule tijekom sjetve tretiranjem uz inkorporaciju u tlo	10 – 15 kg/ha	3A
Teflutrin	Force	Primjena u redove prije ili tijekom sjetve pomoću depozitora za granulirane insekticide	7 – 10 kg/ha	3A
	Force evo		12 – 16 kg/ha	
	Teflix		7 – 12 kg/ha	

Do 2000. godine žičnjaci su suzbijani na vrlo velikim površinama, a insekticidi iz grupe kloriranih vodik (lindan, endosulan), organofosforni insekticidi (terbufos, klormefos, foksini i dr.) primjenjivani su za tretiranje sjemenja, primjenom u brazde ili neki i širom na polju. Bili su učinkoviti u suzbijanju žičnjaka, imali su dugo rezidualno djelovanje i bili su jako toksični za ljude i neželjne organizme. Prema opsegu suzbijanja, žičnjaci su štetnici koji se u Hrvatskoj suzbijaju na najvećim površinama. Preventivno suzbijanje se mora zasnivati na stručnom predviđanju potrebe suzbijanja jer je suzbijanje „za svaki slučaj“ štetno i skupo. Iz ekoloških i gospodarskih razloga, bolje je pretrpjeti štete od žičnjaka nego provoditi totalno suzbijanje „napamet“ (Maceljski, 2002). Suzbijanje žičnjaka danas je veliki izazov jer ne postoji jednostavno rješenje. U nekim zemljama EU, kao mjera prevencije obavezno je osiguranje usjeva (jer je ono manje od troškova primjene kemijskih insekticida). Kombinacijom svih raspoloživih mjera i praćenjem brojnosti žičnjaka nastoji se populacija žičnjaka održati ispod kritične brojnosti i stvaranja otpornih populacija žičnjaka (Majić i sur., 2019). Obradom tla remeti se postojeća količina vlage, a može doći do propadanja jaja i mladih ličinki. Na tržištu je sve veći broj

bioloških agensa koji se mogu koristiti kao biološka mjera suzbijanja žičnjaka. Europska komisija je odobrila nekoliko velikih znanstvenih projekata s ciljem pronalaska učinkovitih i održivih mjera suzbijanja žičnjaka. Rezultati projekta INBIOSOIL dokazali su da je primjena entomopatogenih nematoda i entomopatogenih gljiva dobra alternativa za kemijske insekticide (Brandl i sur., 2017). Entomopatogene gljive iz roda *Beauveria* i *Metarhizium* te nematoda iz roda *Steinernema* i *Heterorhabditis* aktivne su komponente velikog broja biopesticida dostupnih na tržištu. U Hrvatskoj su entomopatogene nematode i gljive sveprisutne u tlima, pa se smatra da njihov dodatni unos ne ugrožava prirodne populacije istih organizama (Forić i sur., 2018; Majić i sur., 2018). Njihova najveća prednost je zadovoljavajuća učinkovitost, zadržavaju se u okolišu obnavljajući svoju populaciju, nizak ekološki otisak i kompatibilnost s kemijskim sredstvima za zaštitu bilja, a osim toga primjenjuju se jednako kao i kemijska sredstva za zaštitu bilja. Nedostaci ovih biopesticida su osjetljivost na UV zračenje, cijena i manja učinkovitost u odnosu na kemijske pesticide. Poljoprivredni proizvođači sve češće se suočavaju s činjenicom da nemaju na raspolaganju niti jedan registrirani (dozvoljeni) kemijski insekticid, pa biopesticid postaje jedini alat za preventivno i kurativno suzbijanje štetnika.

Porodica Scarabaeidae – listorošci

Melolontha melolontha (Linnaeus, 1758) – obični hrušt

Hruštevi su najviše prisutni u gorskim krajevima gdje ima dosta šuma. Rasprostranjeni su na području srednje Europe gdje prevladava umjerena klima. Polifagni su štetnici, a štete prave ličinke i odrasli. Ličinke napadaju korijenje raznih biljnih vrsta, a odrasli se hrane listovima šumskih biljnih vrsta i voćaka.

Odrasli kukac dug je od 20 od 30 mm, a širine oko 10 mm (Slika 8.8.). Tijelo je crne boje, dok su pokrila, ticala i noge smeđi. Pronotum je sjajno crn i pokriven bjeličastim dlačicama. Ticala su sastavljena od 10 segmenata i razlikuju se kod mužjaka i ženke, tako lepeza na zastavici kod mužjaka ima 7 dužih, a kod ženke 6 kraćih listića. Ličinka se naziva grčica jer joj je tijelo savijeno u obliku slova C. Mliječno bijele je boje s velikom glavom i snažnim usnim ustrojem za grizenje, dužine do 65 mm. Na prsištu ima tri para dugih žućkastih nogu (Slika 8.9.).



Slika 8.8. *Melolontha melolontha* – imago



Slika 8.9. *Melolontha melolontha* – ličinka

Može prezimiti u stadiju ličinke ili imaga. Razvoj jedne generacije traje 3 do 4 godine, ovisno o vremenskim uvjetima. Odrasli kukac, koji se javlja u srpnju, prezimi u tlu i pojavljuje se tijekom travnja i svibnja naredne godine kada temperatura tla na dubini od 25 cm dostigne 11°C. Izlaskom na površinu, kukci ostaju nepokretni ukoliko je svjetlost intenzivna, a let počinju tek u sumrak. Lete prema rubovima šuma, gdje počinju s intenzivnom ishranom. Nakon kopulacije ženke odlažu od 40 do 80 jajašaca na oranicama u rahlo tlo, na dubinu 15 do 25 cm. U proljeće zagrijavanjem tla, ličinke migriraju bliže površini u zonu korjenova sustava biljke, gdje se hrane. Najštetnije su u trećoj godini razvoja kada ličinke trebaju najviše hrane. Nakon toga ličinke prelaze u stadij kukuljice i tako prezimljuju posljednju zimu. Svake treće godine javljaju se u većem broju i te godine nazivamo „letna godina hrušteva“. U istočnim dijelovima Hrvatske imaju trogodišnji, a u planinskim dijelovima četverogodišnji razvojni ciklus.

Prirodni neprijatelji hrušteva su: miševi, krtice, vjeverice, šišmiši, kune, voluharice, divlje svinje, od ptica najčešće vrapci i čvorci, a od kukaca trčci i rovcii.

Zaštita kultura od napada hrušta bazira se na integriranim mjerama, gdje obavezno treba voditi računa o prognozoj službi. Efikasna metoda suzbijanja ličinki je primjena insekticida, tretiranjem tla prije sjetve ili sadnje, ako prijeti masovna pojava hrušteva u toj godini. Najosjetljivije su ličinke u prvoj godini razvoja te se tad i preporuča suzbijanje.

Porodica Cerambycidae – strizibube

***Agapanthia dahli* (Richter, 1821) – suncokretova strizibuba**

Suncokretovu strizibubu nalazimo na poljima pod suncokretom, a može napraviti štete i na lanu, konoplji i nekim korovnim biljkama. Odrasli kukac je sjajno crne boje sa sitnim žutim i žuto-sivim dlačicama. Tijelo je dugo od 15 do 22 mm i izduženo. Ticala su duža od tijela (Slika 8.10.). Ličinka je izduženog cilindričnog tijela dužine do 18 mm (Slika 8.11.).



Slika 8.10. *Agapanthia dahli* – imago



Slika 8.11. *Agapanthia dahli* – ličinka

Štete čine ličinke u unutrašnjosti stabljike praveći hodnike, uslijed čega često dolazi do loma stabljike, a značajnije štete su kod mladih biljaka u odnosu na već razvijenije

biljke. Veće štete nastaju na osjetljivim sortama.

Suncokretova strizibuba prezimi u stadiju ličinke u ostacima stabljike suncokreta i drugih biljaka te u proljeće prelazi u kukuljicu. Imago se javlja u svibnju i lipnju, dobar je letač, nakon parenja ženka odlaže jaja u stabljiku suncokreta. Ličinke se hrane unutar stabljike, bušeći hodnike te se u vrijeme žetve povlače u podzemni dio biljke, gdje se hrane, a poslije skidanja suncokreta ostaju na prezimljavanju. Preventivno je potrebno pregledavati ostatke stabljika suncokreta na prisutnost ličinki strizibube.

Jedna od osnovnih mjera je uništavanje zaraženih ostataka i to usitnjavanjem biljnih ostataka stabljike i njihovim dubokim zaoravanjem.

8.1.1.2. Red Orthoptera – pravokrilci

Porodica Gryllotalpidae – rovc

Gryllotalpa gryllotalpa (Linnaeus, 1758) – rovac

Rovci su prisutni u cijeloj Europi izuzev sjevernih krajeva. Smatraju se prvenstveno štetnicima na povrću, ali u pojedinim krajevima mogu nanijeti štete i u ratarskim kulturama, kao što su kukuruz, šećerna repa i suncokret. Nalazimo ih u tlu gdje ima dovoljno humusa i organskih tvari. Mlade ličinke se hrane humusom, a odrasle ličinke i imaga napadaju mlade biljke. Kod brojne populacije javlja se i kanibalizam, a mogu se hraniti i drugim kukcima i njihovim ličinkama. Rovci pregrizaju vrat korijena biljaka i to jednu za drugom što je lako uočljivo.

Tijelo je tamnosmeđe boje (Slika 8.12.), izduženo pokriveno sitnim i mekim dlačicama dužine 4 – 5 cm. Na kraju zatka nalaze se cerci, a ženka nema leglicu. Prednja krila su kratka, a ispod njih su lepezasta i mekša stražnja krila. Prvi par nogu podešen je za kopanje, a usni ustroj za grizenje. Ličinke tek izašle iz jaja duge su oko 5 mm, prljavo bijele boje, bez krila i slične su odraslim kukcima. Jaja su bjeličasta, dužine od 2 do 2,5 mm, a široka od 1 do 1,5 mm, eliptičnog oblika.



Slika 8.12. *Gryllotalpa gryllotalpa*
– imago

Razvoj jedne generacije traje od 13 do 14 mjeseci. Prezimi kao ličinka trećeg stadija, ali mogu prezimiti i odrasli oblici i to na dubini do 1 metra, pri tome birajući toplija mjesta kao što su stajnjak i kompost. Javljaju se rano u proljeće.

Prave duge hodnike u tlu, pri čemu su tijekom ljeta plitki, a u jesen i zimi su dublji. Imago iz hodnika izlazi ljeti, u vrijeme parenja, leti i ispušta karakterističan zvuk.

Nakon parenja, ženka napravi dug hodnik koji je na kraju proširen u komoricu gdje odloži od 350 do 600 jaja. Nakon jednog do dva tjedna iz jaja izlaze bjeličaste ličinke i žive zajedno sa ženkom do drugog presvlačenja, nakon toga ličinke se razilaze, a razvoj završavaju u ljeto slijedeće godine. Za njihovo suzbijanje na oranicama primjenjuju se zemljišni insekticidi.

8.1.2. NADZEMNI ŠTETNICI

8.1.2.1. Red Orthoptera – pravokrilci

Porodica Gryllidae – šturci

Gryllus campestris (Linnaeus, 1758) – poljski šturak

Šturke najčešće nalazimo na obrađenim površinama, gdje u tlu prave rupe u kojima se skrivaju. Glasaju se zrikanjem i to od proljeća do kraja ljeta. Mužjaci imaju tzv. stridulacijski organ pomoću kojeg zriču privlačeći ženke. Mužjaci su teritorijalni i brane svoj teren. Polifagni su, na suncokretu čine veće štete, osobito u vrijeme nicanja, a manje štete čine na šećernoj repi. Iako su na poljima prisutni svake godine, štete se javljaju samo u pojedinim godinama. Aktivni su tijekom noći i preferiraju vlažne terene.



Slika 8.13. *Gryllus campestris* – imago



Slika 8.14. *Gryllus campestris* – ženka ispred rupe u tlu

Odrasli kukac (Slika 8.13.) je crne boje sa svijetlim leđima. Tijelo je kod mužjaka dugo od 19 do 23 mm, a kod ženke od 17 do 22 mm, valjkastog oblika. Krila su dobro razvijena, prednja su kraća od stražnjih. Na glavi koja je dosta velika, su facetirane oči, tri jednostavna oka žute boje i nitasta ticala. Usni ustroj je za grizenje. Kreću se skakanjem, imaju cerce, a ženke imaju leglicu. Ličinka je dužine od 3 do 16 mm ovisno o stadiju, a prolaze od 9 do 13 stadija. U početku je smeđa, kasnije postaje

tamnospreda i na kraju crne boje.

Poljski šturci imaju jednu generaciju godišnje, aktivni su danju i u sumrak. Mužjaci kopaju hodnike u tlu iz kojih zrikanjem privlače ženke na parenje. Prezimi kao ličinka, a javljaju se početkom travnja i ubrzo se preobrazi u imago. Ženke (Slika 8.14.) odlaze jaja krajem proljeća i početkom ljeta u rastresito i vlažno tlo, a ličinke se uočavaju od kraja lipnja. Za razvoj im pogoduju kišne godine, toplo vrijeme od svibnja do rujna i zime s dosta snijega, kao i navodnjavanje usjeva te prisutnost korova.

Ako se utvrdi 1 do 2 imago/m², pri suhom vremenu, mogu nastati značajne štete na suncokretu. Kritičan broj kod nicanja suncokreta smatra se od 0,5 do 1 imago/m².

8.1.2.2. Red Lepidoptera – leptiri

Porodica Noctuidae – sovice

U redu Lepidoptera porodica Noctuidae je druga najbrojnija porodica. Europska fauna broji oko 1.400 vrsta od kojih je na području Republike Hrvatske zabilježeno nešto više od 550 vrsta (Kučinić i Mladinov, 1995). Imago je leptir srednje veličine, pretežno neupadljivih boja, najčešće sivi ili sivo-smeđi. Leptiri su dobri letači, lete noću, fotofilni su te se love svjetlosnim lampama. Prednja krila su uža od stražnjih s karakterističnim šarama različitog oblika tzv. “sovičine pjeg”, koje mogu poslužiti kod determinacije vrste.

Prema mjestu napada i štetama koje čine, dijele se na sovice pozemljuše i lisne sovice. Ličinke pozemljuša su golog tijela, zemljaste boje i pokrivene voštanom prevlakom te se sjaje, dok lisne sovice mogu imati rijetke, tanke dlake, tamnijih boja. Pored prsnih, imaju 3 do 5 pari trbušnih nogu. Među sovicama postoje izraziti migranti, koji doljeću s velikih udaljenosti (do 3.000 km).

Ličinke sovice pozemljuša se skrivaju ispod grudica ili u pukotinama tla tijekom dana, a u sumrak izlaze i oštećuju prizemne dijelove biljke, tj. aktivne su na površini tla. Duge su od 45 do 50 mm te se pet puta presvlače. Štete prave pregrizajući vrat korijena, grizu prizemne listove, a mogu ući i u stabljiku, uslijed čega dolazi do uginuća biljke ili se biljka lomi, a sklop je prorijeđen. Najveće štete su krajem proljeća. Polifagni su štetnici, a javljaju se periodično te je jako važno prognozirati njihov napad.

***Euxoa temera* (Hübner, 1808) – proljetna sofica**

Proljetna sofica prisutna je u srednjoj i južnoj Europi, sjevernoj Africi, Kavkazu, Armeniji, srednjoj Aziji, Turskoj, Iraku i Iranu. Polifagna je vrsta te napada suncokret, šećernu repu, lucernu i crvenu djetelinu. Gusjenice se hrane noću, a danju se skrivaju ispod grudica ili u pukotinama u tlu. Nalazimo ih u grupama i kreću se frontalno. Značajne štete prave u travnju i svibnju.

Leptir (Slika 8.15.) ima raspon krila 35 – 45 mm, valjkastog je i kratkog tijela obraslog mekim dlačicama. Gusjenica je valjkasta, gola i tamna, sa slabim uzdužnim prugama, duga 35 – 45 mm (Slika 8.16.). Kukuljica je također tamna, duga do 20 mm.



Slika 8.15. *Euxoa temera* – imago



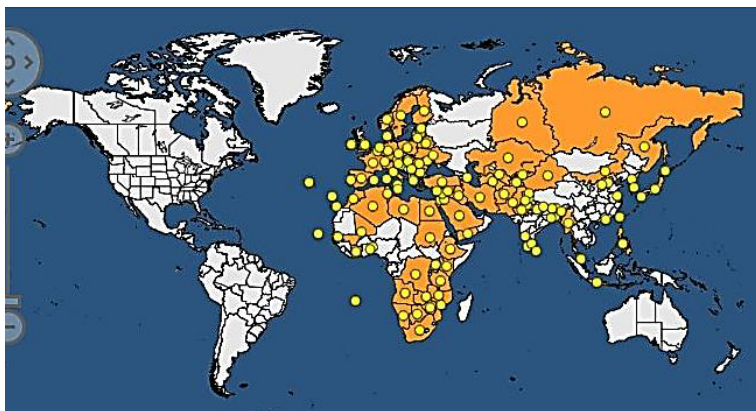
Slika 8.16. *Euxoa temera* – ličinka

Proljetna sovica ima jednu generaciju godišnje, a prezimi u tlu kao gusjenica u ljusci jajeta. U proljeće (travanj), izlaskom iz jajeta, ličinka se počinje hraniti na nadzemnim dijelovima biljke. Najprije se hrani na korovnim biljkama, a zatim prelazi na poljoprivredne kulture. Poslije trećeg presvlačenja ličinke odlaze u tlo gdje pregrizaju biljke u visini korjenovog vrata. Razvoj gusjenice traje dva mjeseca (travanj i svibanj) i za to vrijeme presvlači se od pet do sedam puta. Odrasla gusjenica odlazi na diapauzu u tlo (lipanj i srpanj) koja traje oko mjesec dana. Leptir se javlja u kolovozu, a aktivan je tijekom toplih noći. U vrijeme dopunske ishrane, hrane se nektarom suncokreta i drugim biljkama. Ženka odloži oko 400 jaja u ili na tlo, pojedinačno ili u malim grupicama. Jaja su otporna na niske temperature, izdrže i do -17 °C. Embrionalni razvoj traje 10 dana, a mlade gusjenice ostaju u jajnom omotu sve do slijedeće godine.

Sovice se suzbijaju insekticidima, ali se mora pratiti razvojni stadij gusjenice. Mlade gusjenice su osjetljivije na insekticide od starijih. Vrlo često se javlja i rezistentnost. Posljednjih godina se provode mnoga istraživanja u pogledu biološkog načina suzbijanja sovica, a značajni rezultati su zabilježeni primjenom entomopatogenih nematoda (EPN) (Morris i sur., 2012).

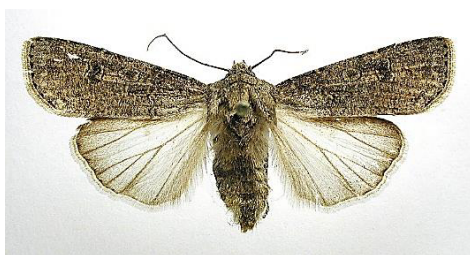
***Agrotis segetum* (Denis & Schiffermüller, 1775) – ozima sovica**

Ozima sovica je uobičajena u Europi, a rasprostranjena je i u Africi i nekim dijelovima Euroazije (Slika 8.17.). Ozima sovica je najraširenija polifagna vrsta kod nas, a hrani se na oko 150 biljnih vrsta. Gusjenice oštećuju biljke noću, podgrizanjem mladih biljaka. Glavnina štete nastaje od posljednja tri stadija gusjenica (IV. – VI.) pa su i gubici tada najveći. Simptomi napada su vidljivi u obliku golih mjesta u polju, a može doći i do propadanja biljaka na cijelom polju. Ima dvije generacije godišnje, a štetnija je prva generacija, koja se javlja u lipnju i početkom srpnja.



Slika 8.17. Rasprostranjenost vrste *Agrotis segetum*

Leptiri su tamnih prednjih krila, a zadnja krila su svjetla. Dužina tijela je do 20 mm, a raspon krila od 35 do 45 mm. (Slika 8.18.). Gusjenice prvog stadija su duge 1,5 – 3,5 mm, dok su u posljednjem VI. stadiju dužine 33 – 48 mm. Mlađe gusjenice su zelenkasto sive boje, pokrivene s crnim točkicama i dlačicama. Starije gusjenice su zemljasto sive boje, a dobro je uočljiv masni sjaj kod V. stadija.



Slika 8.18. *Agrotis segetum* – imago

Prezimi u stadiju odrasle gusjenice u tlu, na raznim kulturama. Leptir se javlja u svibnju ili početkom lipnja, a vrhunac leta odvija se na temperaturama 16 – 17 °C. Ženka odloži oko 600 jaja. Nakon tjedan dana izlaze gusjenice koje nalazimo od lipnja do srpnja, koje završavaju razvoj za 30 – 35 dana. U srpnju se javljaju kukuljice. Leptiri druge generacije polažu jaja na razne korove i okopavine niskog rasta, a hrane se u kolovozu, rujnu i listopadu.

Suzbijanje nije jednostavno, potrebno je pridržavati se agrotehničkih mjera od kojih je značajna rana sjetva suncokreta, uništavanje korova, obrada tla i dr. Kod pojave gusjenica, treba obratiti pozornost na mlađe stadije gusjenica, jer proždrljivost raste geometrijskom progresijom. Suzbijanje je važno pravovremeno provesti, jer su odrasle gusjenice otpornije na insekticide. U prirodne neprijatelje ove sovice ubrajaju se parazitske osice (*Trichogramma* i *Apanteles*), razni predatori (ptice, žabe, krtice i dr.) te entomopatogene gljive, bakterije, nematode i virusi.

Od ostalih podgrizajućih sovice značajne su vrste: *Agrotis (Scotia) exclamationis* Linnaeus, *Agrotis ipsilon* Hufnagel i dr.

Lisne sovice napadaju povrće i ratarske kulture, a nalazimo ih na listovima različitih biljaka gdje se hrane. Tijelo im je obraslo dlakama.

U Slavoniji i Baranji se tijekom 1980-ih godina pratio let lisnih sovice, jer su izazivale značajne štete, posebno na šećernoj repi. Dominirale su vrste *Autographa gamma* L., *A. confusa* Steph., *A. chrysitis* L., *Mamestra oleracea* L., *M. brassicae* L., *Disecta trifoli* Hutn. i *Trachea atriplices* L. Najveća populacija zabilježena je u centralnoj Slavoniji. Prvo se javila sovica gama (VII. mjesec), a *Mamestra* vrste u VIII. mjesecu (Sanseović, 1980).

***Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) – žuta kukuruzna sovica**

Sovicu *Helicoverpa armigera* nalazimo u južnoj Europi, Sjevernoj i Južnoj Americi, Africi, Aziji, Australiji i na južnom Pacifiku. Uz svoju široku rasprostranjenost ima vrlo veliki broj vrsta na kojima se hrani. Polifagna je vrsta i napada preko 250 biljnih vrsta među kojima su kukuruz, rajčica, duhan, suncokret, soja, zob, mrkva, cvijet luka, cvjetovi citrusa, mladog voća, lucerne i dr. Najveće štete prave na generativnim organima biljaka (Slika 8.19., 8.20., 8.21.). Lako je prilagodljiva na različite ekosustave koje je stvorio čovjek, može izazvati velike štete na pojedinim kulturama, ali se razlike u štetama mogu razlikovati i na lokalnoj razini na nekim usjevima. U Hrvatskoj je 2003. godine zabilježena masovna pojava na suncokretu, rajčici, mahunama, a na pojedinim hibridima kukuruza zabilježena su oštećenja i do 60 %.



Slika 8.19. *Helicoverpa armigera* – ličinka i oštećenja na glavi suncokreta



Slika 8.20. Oštećenje čahura duhana od *Helicoverpa armigera*



Slika 8.21. Oštećenje rajčice od *Helicoverpa armigera*

Prednja krila leptira (Slika 8.22.) su svjetle žuto-smeđe boje s nekoliko crvenkasto-smeđih linija preko krila te tamnom točkom na središtu krila. Stražnja krila su svjetla sa širim tamnim obrubom s vanjske strane. Raspon krila je od 28 do 37 mm, a tijelo je dugo od 14 do 19 mm. Boja je promjenjiva. Prednja krila su kod mužjaka žuto-smeđa, s uzorkom sivo-zelene ili maslinasto-zelene. Ženke su tamnije boje, obično zagasito narančasto-smeđe, crvenkasto-smeđe ili ciglasto-crvene koja s vremenom blijedi u svijetlo narančasto-smeđu ili žuto-smeđu. Identifikacija odraslih radi se na osnovu disekcije genitalija (King, 1994). Odrasli se javljaju od svibnja do lipnja, a ovisno o geografskoj širini i vremenskim prilikama mogu se naći i do listopada. Zato može imati od tri do pet generacija u mediteranskim i suptrropskim krajevima ili može završiti generaciju za 30 dana u polju kao i do 12 generacija u tropskim uvjetima. Optimalna temperatura za razvoj je 32,5 °C. Fakultativna dijamauza omogućuje preživljavanje populacije u nepovoljnim uvjetima.



Slika 8.22. *Helicoverpa armigera* – ženka i mužjak



Slika 8.23. *Helicoverpa armigera* – ličinka

Leti na velike udaljenosti, u vrijeme polaganja jaja ženke se kreću od 5 do 10 km, a migriraju uz pomoć vjetra i do 2.000 km (Behere i sur., 2013). Noćni su kukci, ali ih se može naći i na cvijeću tijekom dana. U vremenu od 10 dana do tri tjedna ženka odloži do 3.000 jajašaca, u prosjeku 2.000. Jajašca su promjera oko 0,5 mm, svjetlo zelena do žuta, a prije pojave ličinke jaja su tamnosmeđa do crna. Kod povoljnih uvjeta (27 do 28 °C) jaja se mogu izleći već za tri dana.

Ličinka (Slika 8.23.) ima 5 pari abdominalnih nogu. Boja varira od svjetlo zelene, crvene, do skoro crne s uzdužnim bočnim prugama svjetlijim ili tamnijim, a u sredini na gornjoj strani je bijela pruga. Glava je žuto smeđa s tamnim obojenjima. Ličinka prolazi kroz šest razvojnih stadija, a cjelokupan razvoj završi kroz dva do tri tjedna, ovisno o temperaturi. Temperatura iznad 38 °C usporava razvoj, a kod temperature ispod 12 °C ishrana ličinki prestaje. Značajnije štete pričinjavaju od trećeg stadija (male ličinke duge od 8 do 13 mm), a kako rastu (duže od 24 mm) i štete su veće te su najštetnije u petom i šestom stadiju. Odrasla ličinka je oko 40 mm dužine i jako varira bojom i šarama, a na dodir se savije u klupko. Ličinke se uočavaju na površini listova, vrlo često su skrivene u biljnim organima kao što su plodovi i cvjetovi ili se

uočavaju bušotine na čahurama u kojima se nalazi sjeme biljke što uzrokuje curenje sjemena iz čahure kao kod duhana (Slika 8.20.).

Kada ličinke završe razvoj, padaju na tlo, ulaze u tlo do 10 cm dubine i kukulje se. Stadij kukuljice traje oko 14 dana (Pedigo, 2002). *Helicoverpa armigera* prezimi u stadiju kukuljice na dubini od 5 do 10 cm. Kukuljice su osjetljive na promjene u tlu.

Odrasli leptiri se javljaju u proljeće te odlažu jajašca na razne biljke. Masovnim pojavama pogoduje suho vrijeme, odnosno visoke temperature s malo oborina. U našim uvjetima razvijaju se dvije do tri generacije godišnje.

Leptiri *H. armigera* danas se prate različitim feromonskim mamcima (Slika 8.24.). Mamci se postavljaju na 1,5 do 1,8 m iznad tla (Aheer i sur., 2009). Postoje dijagnostički protokoli za identifikaciju vrste *H. armigera* (EPPO, 2003).

Suzbijanje *H. armigera* nije nimalo jednostavno jer je izrazito polifagna, ličinke se ubušuju u biljku, a u mnogim zemljama javila se otpornost na određene djelatne tvari.



Slika 8.24. Feromonski mamac za praćenje *Helicoverpa armigera*

Preporuča se integrirana zaštita bilja gdje će se kombinirati više različitih načina suzbijanja kao što su uništavanje korova koji su biljke domaćini te primjena kemijskih pripravaka kada su ličinke veličine od 9 do 13 mm. Kod izbora insekticida neophodno je voditi računa o karenci.

Kod *H. armigere* su utvrđeni brojni prirodni neprijatelji koji parazitiraju jaja, ličinke i kukuljice kao što su: Braconidae, Trichogrammatidae, Scelionidae i Tachinidae, a od grabežljivaca Chrysopidae, Nabidae, Anthocoridae, Miridae i Araneae. Ovi prirodni neprijatelji koriste se na različitim usjevima u cijelom svijetu gdje neki imaju veći ili manji uspjeh, ali ne mogu u potpunosti kontrolirati populaciju *H. armigere*. Avilla i sur.

(2005) navode *Bacillus thuringiensis* kao uspješnu mjeru za suzbijanje europske populacije *H. armigera*.

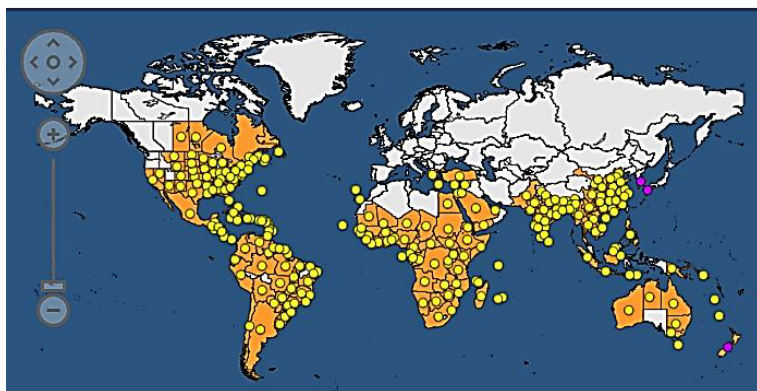
Od agrotehničkih mjera, obrada tla, navodnjavanje, uništavanje žetvenih ostataka i plodored su mjere koje su od velike važnosti za održavanje populacije ispod ekonomskog praga štetnosti.

***Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) – jesenska sovica**

Spodoptera frugiperda je polifagni štetnik koji potječe iz suptropskog i tropskog područja Amerike, gdje se smatra ekonomski važnim štetnikom na raznim biljkama.

Prema literaturnim navodima, hrani se na 353 biljne vrste iz 76 porodica: Poaceae, Asteraceae i Fabaceae. Glavni domaćini su kukuruz, sirak te riža, pamuk i soja. Može se hraniti i na ukrasnom bilju kao što su krizanteme, karanfili, pelargonije i različitim korovnim vrstama (Montezano i sur., 2018).

Početkom 2016. godine jesenska sovica zabilježena je u zapadnoj Africi te se dalje širi na Aziju i Australiju, a u EPPO regiji utvrđena je na Cipru, u Grčkoj, Izraelu, Jordanu, Portugalu, Španjolskoj i Turskoj (Slika 8.25.). U Hrvatskoj se štetnik nalazi na A1 karantenskoj listi (EPPO, 2023).



Slika 8.25. Distribucija vrste *Spodoptera frugiperda* u svijetu

U Africi i Aziji jesenska sovica oštećuje uglavnom kukuruz te u manjoj mjeri sirak, šećernu trsku i druge usjeve (Vennila i sur., 2019). Procjenu aklimatizacije u slučaju udomaćivanja ove vrste u Hrvatskoj dali su Kadoić Balaško i sur. (2021).

Leptir ima raspon krila od 32 do 38 mm, prednja krila kod ženke su sivo smeđe boje, kod mužjaka su tamnija s tamnim oznakama i blijedim prugama. Stražnji par krila je bijele boje (Slika 8.26. i 8.27.). Aktivni su tijekom noći, a najaktivniji su tijekom vlažnih i toplih večeri. Mogu živjeti od 7 do 21 dan, a u prosjeku žive oko 10 dana. U prva četiri do pet dana života polažu većinu jajašaca, iako ovipozicija može trajati i do tri tjedna.



Slika 8.26. *Spodoptera frugiperda* – mužjak



Slika 8.27. *Spodoptera frugiperda* – ženka

Ženka odloži oko 1.500 jaja koja su zalijepljena s donje strane lista u skupinama od 100 do 300 jaja, nekada mogu biti i u dva sloja. Jajna masa pokrivena je zaštitnim slojem sivo ružičastih ljuspica. Stadij jaja tijekom ljeta traje dva do tri dana.

Ličinke prolaze šest stadija razvoja, u početku su zelenkaste s crnom glavom (Slika 8.28.), od drugog stadija, a posebno od trećeg dorzalna površina postaje smeđkasta, a počinju se formirati bočne bijele linije. Odrasla ličinka duga je od 35 do 40 mm, a na glavi ima oznaku obrnutog slova „Y“ (Slika 8.29.). Tijekom najsvjetlijeg doba dana se skrivaju. Razvoj ličinki tijekom ljeta traje 14 dana, a kod hladnog vremena 30 dana.



Slika 8.28. Izlazak ličinki iz jajašaca



Slika 8.29. *Spodoptera frugiperda* – odrasla ličinka

Prema EPPO dijagnostičkom protokolu za determinaciju PM 7/124 (EPPO, 2015) kukuljica je crvenkasto-smeđe boje duga od 14 do 18 mm, širine oko 4,5 mm. Kukuljenje se odvija u tlu i traje osam do devet dana tijekom ljeta. Kukuljice su osjetljive na niske temperature, a broj generacija ovisi o vremenskim uvjetima. Jesenska soвица razmnožava se tijekom cijele godine, s četiri do šest generacija godišnje. U hladnijim područjima ima jednu do dvije generacije te migriraju kako bi prezimile u toplijim područjima (Westbrook i sur., 2016).

Štete pričinjavaju ličinke, hraneći se listovima, ostavljajući veliki broj rupa na listu, a starije ličinke mogu pregristi mlade biljke pri tlu. Mlade ličinke oštećuju tkivo s jedne strane, dok epidermalni sloj s druge strane ostaje neoštećen. Starije ličinke (II. ili III. stadij) prave rupe u lišću i jedu ga od ruba prema unutra, a mogu izazvati i defolijaciju. Populacija jesenske sovice najčešće se prati svjetlosnim lampama ili feromonskim mamcima.

Spodoptera frugiperda je dobar letač, leptir može preletjeti preko 100 km noću. U SAD-u ima značajne migracije svake godine. Ličinke i kukuljice prenose se trgovinom jer su u Europi već pronađene ličinke na povrću i voću iz Amerike ili kao slijepi putnici na međunarodnim letovima, jer su jaja pronađena u dijelovima zrakoplova koji dolaze iz Srednje i Južne Amerike (Cock i sur., 2017). U prosincu 2019., FAO je pokrenuo Globalnu akciju za praćenje i kontrolu jesenske sovice (FAO, 2023) radi koordiniranog globalnog akcijskog plana za suzbijanje, praćenje i uspostavu sustava ranog upozoravanja.

Suzbijanje se provodi kemijskim insekticidima (prvenstveno na kukuruzu) te se

preporuča izmjena insekticida s različitim načinima djelovanja radi smanjenja rizika od razvoja rezistentnosti (Kanno i sur., 2020). Posebnu pažnju treba posvetiti prirodnim neprijateljima koji su od velike važnosti u suzbijanju jesenske sovce kao i biopesticidima na bazi virusa koji su se pokazali izuzetno učinkoviti.

U Australiji su provedena istraživanja o procjeni otpornosti genotipova suncokreta (antibioza i antiksenoza) na *S. frugiperda* na 25 genotipova suncokreta. Kod dva genotipa utvrđena je antiksenoza, a kod tri genotipa se utvrdila antibioza, odnosno utvrđeno je za navedene genotipove da su nepovoljni za razvoj *S. frugiperda* (Gual i sur., 2023).

Porodica Crambidae

Loxostege sticticalis (Linnaeus, 1761) – metlica

Metlica je migratorna i polifagna vrsta. Ubraja se u ekonomski značajne štetnike suncokreta. Masovno se pojavila 1901., 1914., 1921., 1929., 1930. i 1976. godine. Vrlo jaki napad bio je 1976. godine na suncokretu, a i ostalim kulturama (Ivezić, 2008). Do masovne pojave najčešće dolazi radi dolijetanja velikog broja leptira iz stepskih krajeva istočnih zemalja, jer je tamo centralno područje za razmnožavanje ovog štetnika. U Slavoniji i Baranji, 1975. godine zabilježen je jak napad ličinki ovog štetnika na svim kulturama pa tako i na suncokretu (Slika 8.30.).



Slika 8.30. Masovna pojava *Loxostege sticticalis* na suncokretu

Prisutna je u Sjevernoj Americi, Aziji i Europi gdje je u Bugarskoj, Rumunjskoj, Mađarskoj, Poljskoj, Ukrajini i Rusiji zabilježena u jačem intenzitetu.

Vrsta se javlja periodično i tada napravi vrlo velike štete. Napada biljke iz 35 porodica, preko 150 vrsta poljoprivrednih biljaka, a među njima su šećerna repa, lucerna, suncokret, soja, kukuruz, a može se ponekad naći i na voćkama. Ličinke prave štete na vegetativnim i generativnim dijelovima biljke. Vremenom postaju sve proždrljivije, listove zapredaju paučinastim nitima te sve pojedu osim glavne žile lista. Vrlo često dolazi do golobresta na čitavom polju. Štete od ličinki su značajne na listu,

stabljici, cvijetu i glavi suncokreta. Glave suncokreta mogu biti napadnute sa strane i odozdo te dolazi do njihovog pregrizanja.

Kod odraslog stadija (Slika 8.31.) izražen je spolni dimorfizam, mužjaci su manji od ženki (raspon krila mužjaka je 18 do 20 mm, ženke 20 do 26 mm). Leptir ima sivo smeđa prednja krila s tamnijim mrljama i bijelom poprečnom crtom duž vanjskih rubova. Stražnja krila su sive boje i na rubu imaju kratke rese.

Ličinka je duga do 35 mm, s crnom glavom. Boja ličinke je od svijetlo zelene do zeleno sive, a stariji stadiji ličinki poprimaju tamniju boju, gotovo crnu (Slika 8.32.).



Slika 8.31. *Loxostege sticticalis* – imago



Slika 8.32. *Loxostege sticticalis* – ličinke

Metlica ima dvije do tri generacije godišnje. Prezimi kao odrasla ličinka u površinskom sloju tla. Imago se javlja u proljeće kod temperature od 15 do 18 °C. Dobro lete te se brzo šire, a u potrazi za hranom i mjestom odlaganja jaja mogu preletjeti desetke kilometara. Leptiri se moraju hraniti nektarom kako bi počeli odlagati jaja. Ženka polaže od 30 do 300 jaja, maksimalno do 600 jaja, na razne korovne i kulturne biljke. Jaja su odložena na donju stranu lista, na tlo ili sadnice u skupinama (2 – 3), mogu biti odložena i pojedinačno, a razviju se za 2 – 15 dana. Gusjenica prolazi pet razvojnih stadija i treba joj od 10 do 30 dana za ukupan razvoj ovisno o temperaturi. Odrasla gusjenica se kukulji i prezimi u tlu.

Razvoj od jajeta do novog imaga traje od 32 do 42 dana, pri optimalnim uvjetima, kod temperature oko 25 °C i relativne vlažnosti zraka 80 do 100 %. Na razmnožavanje značajan utjecaj ima i vrsta hrane odnosno biljna vrsta na kojoj se hrani.

Može izazvati smanjenje prinosa do 60 %, a ponekad i u potpunosti uništiti usjev. Ekonomski prag štetnosti je 10 gusjenica/m². Preventivne mjere su uništavanje korova, pregledavanje polja pod lucernom gdje je žarište metlice i odakle prelaze na druge kulture, duboko jesensko oranje, ranije košenje lucerne, ranija sjetva suncokreta. Suzbija se insekticidima, preporučuju se i biološka sredstva na bazi *Bacillus thuringiensis* Berlinier kao i ispuštanje parazitskih osica *Trichogramma* spp.

Porodica Pyralidae – plamenci

Homeosoma nebulella (Denis & Schiffermüller, 1775) – suncokretov moljac

Suncokretov moljac je prisutan u Europi, Rusiji, Bliskom istoku i zapadnoj Africi. Danas ovaj štetnik ne pričinjava problem jer se u ljusci sjemenke suncokreta nalazi tvrdi, pancirni sloj karbonata kojeg gusjenice ne mogu pregristi pa zato ne mogu niti oštetiti jezgru. Ranijih godina, na sortama bez pancirnog sloja, zabilježene su štete od gusjenica na više od 50 % sjemenki suncokreta (Kovačević, 1961).

Imago (Slika 8.33.) je leptir sive boje sa smeđe-žutim prednjim i prozirno bijelim stražnjim krilima. Prednja krila su uža od stražnjih, a u sredini imaju četiri točke, dok su rubovi stražnjih krila tamniji od srednjeg dijela. Krila su čvrsto pripijena uz tijelo. Rese na krilima su duge i tamne boje. Imago je dug od 9 do 12 mm, a raspon krila je od 20 do 27 mm. Noge i ticala mogu biti tamnije boje. Gusjenica je duga do 15 mm, mlade ličinke su svijetlo zelene do svijetlo žute boje, a dorzalno s tri tamne pruge. Glava je žuto-smeđa, a nadvratnjak blijedo žute boje (Slika 8.34.).



Slika 8.33. *Homeosoma nebulella* – imago



Slika 8.34. Ličinka suncokretovog moljca



Slika 8.35. Oštećenja od suncokretova moljca na glavi suncokreta

Suncokretov moljac godišnje razvije jednu do dvije generacije. Razvoj jedne generacije traje oko 30 dana te se tijekom ljeta može pojaviti i druga generacija. Veći broj gusjenica ostaje u zapretku i tek u proljeće se zakukulji, a manji broj se zakukulji tijekom ljeta i daje drugu generaciju, koja se do jeseni razvije u odrasle gusjenice. U vrijeme cvatnje suncokreta javlja se leptir. Ženka odlaže jaja na dršku prašnika, a rjeđe na druge dijelove cvijeta. Jedna ženka odloži od 200 do 300 jaja. Mlade gusjenice (Slika 8.35.) se hrane dijelovima cvijeta

prvenstveno polenom, a kasniji stadiji gusjenica sjemenkama koje zapredaju.

Gusjenice trećeg stadija zvlače se u sjemenke. Napadnute dijelove zapredaju. Odrasle ličinke spuštaju se s cvjetova pomoću svilenih niti, radi kukuljenja u pukotinama u tlu ili ispod žetvenih ostataka. Selekcijom su stvoreni otporni hibridi i danas se ne bilježe značajnije štete od suncokretovog moljca kod nas.

Porodica Nymphalidae – šarenjaci

***Vanessa cardui* (Linnaeus, 1758) – stričkov šarenjak**

Leptiri iz roda *Vanessa* (ima ih oko 20 vrsta) su kozmopolitske i migratorne vrste koje se pojavljuju na svim kontinentima osim Antarktike. Vrsta *V. cardui* utvrđena je na lokacijama u Norveškoj gdje ne može prezimjeti, a mjesta razmnožavanja bila su udaljena najmanje 1.000 km. U Hrvatskoj je stričkov šarenjak raširen po cijeloj državi na različitim staništima. Nalazi se od nizina do 3.000 m nadmorske visine.

Vrsta *V. cardui* je polifagna, a najčešće se nalazi na korovima s kojih prelazi na poljoprivredne biljke oštećujući suncokret, soju, duhan i drugo. Ličinke izazivaju golobrst, koji je uočljiv u obliku oaza u polju.

Leptir ima šarena krila (Slika 8.36.), crveno smeđe boje, s rasponom od 50 do 65 mm. Prednja krila imaju crne i bijele mrlje, a stražnja krila su nešto svjetlije boje s većim brojem svijetlosmeđih i crnih pjega. Mužjaci i ženke međusobno su slični. Dužina tijela je oko 25 mm. Ličinke su sivosmeđe boje i duge do 40 mm, jako su dlakave (Slika 8.37.). Hrane se listovima, povezujući ih nitima. Jako su proždrljive i mogu napraviti velike štete, tako da nakon ishrane ostaje samo glavna žila lista. Kukuljica je zlatnožute boje, veličine do 20 mm.



Slika 8.36. *Vanessa cardui* – imago



Slika 8.37. *Vanessa cardui* – gusjenica

Stričkov šarenjak ima 2 – 3 generacije godišnje. Ličinke se nalaze od svibnja do kolovoza. Kukulje se na listovima u visećem položaju i tako ostaju 14 dana. Uz agrotehničke mjere, najvažnije je uništavanje korova, a kod jačeg napada primjena kemijskog suzbijanja insekticidima i to lokalno.

8.1.2.3. Red Coleoptera – kornjaši

Porodica Tenebrionidae – mračnjaci

Opatrum sabulosum (Linnaeus, 1761) – pjeskar

Pjeskara često nalazimo u Hrvatskoj, ali se uvijek javlja pojedinačno. Preferira lakša, pjeskovita tla. Polifagna je vrsta, koja u proljeće napada suncokret, soju, lucernu, grah, kukuruz i povrće. Za okopavine, imago predstavlja opasnost pri toplom vremenu, naročito u prvim danima vegetacije. Odrasli kornjaš nagriza klice i mlade tek prolistale biljčice. Ličinke su manje štetne, a žive u površinskom dijelu tla.

Imago je kornjaš sivo-crne boje (Slika 8.38.), proširena ovalna tijela, veličine oko 10 mm. Na nadvratnjaku se nalaze sitne kvržice, a na pokrildu su bradavičaste pruge.



Slika 8.38. *Opatrum sabulosum* – imago



Slika 8.39. *Opatrum sabulosum* – ličinka

Ličinka (Slika 8.39.) je blijedožuta i apodna, slična žičnjaku. Glava je smeđe boje i pokrivena smeđim dlakama koje se nalaze po cijelom tijelu. Ima valjkasto tijelo, dorzoventralno spljošteno, a naraste do 25 mm. Ima jednu generaciju godišnje, prezimi u stadiju imaga, a javlja se u proljeće. Ženka nakon kopulacije odlaže oko 300 jaja, prvenstveno u okopavine. Ličinke žive u površinskom sloju, a za razvoj im je potrebno dva mjeseca. Kod jačeg napada naredne dvije godine treba izbjegavati sjetvu okopavina ili u proljeće ići s lokalnom primjenom insekticida.

Porodica Curculionidae – pipe

Psallidium maxillosum (Fabricius, 1792) – repin viličnjak

Repin viličnjak se povremeno javlja na našem području. Polifagni je štetnik koji uz šećernu repu oštećuje i suncokret, lucernu, djetelinu, grah, grahorice, konoplju te neke korove. Najveće štete nanosi imago u proljeće mladim biljkama, od klijanja i nicanja do formiranja nekoliko listića. Ličinke prave male štete podzemnim organima biljaka. Imago je crno sjajne boje, 6 – 10 mm dužine (Slika 8.40.). Ličinka je bjeličasta, apodna i naraste do 17 mm. Razvoj jedne generacije traje dvije godine. Vrsta može prezimiti u stadiju imaga ili ličinke. Imago se javlja u proljeće pri temperaturi od 12 °C, na dubini od 10 cm. Razmnožavanje je partenogenetsko jer se mužjaci rijetko nalaze.



Slika 8.40. *Psalidium maxillosum* – imago

Ženke odlažu jaja u površinski sloj tla od travnja do listopada i embrionalni razvoj traje od 28 do 47 dana. Ličinke se masovno javljaju tijekom ljeta na dubini od 15 do 40 cm i hrane se korijenjem suncokreta, šećerne repe ili korovima. Razmnožavanju pogoduje rahlo tlo te suho i toplo proljeće. Ličinke žive u tlu oko godinu dana. Kukuljenje je slijedeće godine najčešće u lipnju te se nakon mjesec dana javlja imago koji će iz tla izaći tek slijedeće godine u proljeće. Kritičan broj je 4 do 5 imaga po m² za suncokret.

Preporučuje se pregled tla u rujnu, listopadu te u proljeće na poljima koja su planirana za sjetvu suncokreta i šećerne repe. Od mehaničkih mjera preporuča se kopanje lovnih kanala. Jedna od preventivnih mjera je uništavanje korova. Insekticidi se primjenjuju rano u proljeće i svakako treba pripaziti na rezistentnost insekticida.

***Tanymecus dilaticollis* (Gyllenhal, 1834) – kukuruzna pipa**

Rasprostranjena je u istočnom dijelu Hrvatske, a može se naći na kukuruzu, šećernoj repi, suncokretu i lucerni. Glavna biljka hraniteljica je kukuruz. Odrasli kukac oštećuje mlade biljke (Slika 8.41.) izgrizanjem listova. Kritični period je od klijanja i nicanja do formiranja nekoliko listova. Imago je od 6 do 8 mm dužine (Slika 8.42.), a tijelo mu je pokriveno gustim dlačicama pepeljasto sive boje. Ličinka je bijela i apodna, veličine 5 – 9 mm.



Slika 8.41. *Tanymecus dilaticollis* – oštećen suncokret



Slika 8.42. *Tanymecus dilaticollis* – imago

Razvija jednu generaciju godišnje, a prezimi kao imago na dubini od 40 do 60 cm u tlu. Odrasli se javlja u proljeće, kod temperature 10 – 11 °C. Imago leti na temperaturi preko 25 °C. Termofilan je kukac te je aktivan kada temperatura prelazi 20 °C. Ženka polaže jaja tijekom svibnja, a embrionalni razvoj traje dva tjedna. Za razvoj ličinke potrebno je od 2 do 2,5 mjeseca, razvijaju se u kolovozu, stadij kukuljice traje oko 17 dana te se javlja novi imago.



Slika 8.43. *Tanymecus dilaticollis*
napadnut entomopatogenom gljivom

Potreba za suzbijanjem određuje se na osnovu pregleda oštećenih biljaka. Mjere koje se preporučaju za suzbijanje kukuruzne pipe su: tretiranje sjemena, uništavanje korova, primjena entomopatogenih gljiva *Beauveria bassiana*, *Beauveria pseudobassiana* i *Metarhizium anisopliae* (Slika 8.43.). Kritičan broj je 5 imaga/m².

***Tanymecus palliatus* (Fabricius, 1787) – siva repina pipa**

Siva repina pipa je štetnik na šećernoj repi, soji, suncokretu, lucerni i travi. Pogoduju joj vlažni tereni. Sporadične štete opažaju se u vrijeme nicanja i u početnom razvoju biljke, kada su izgrizeni kotiledoni i biljka do četiri lista. Uočavaju se karakteristična oštećenja mladih listova u obliku slova U.



Slika 8.44. *Tanymecus palliatus* – imago

Pipa ima izduženo tijelo, do 10 mm, crne boje, a bočno je pokrivena svijetlo sivim dlakama (Slika 8.44.). Rilo je kratko i široko, prema vrhu nešto prošireno. Nema zadnja krila i ne leti. Ličinka je bjeličasta, duga do 12 mm.

Siva repina pipa završava razvojni ciklus u dvije godine. Imago se javlja u proljeće kada prosječne temperature na dubini tla od 20 cm iznose od 4 do 4,8 °C. Tada ima kratak period dopunske ishrane. Ženka odloži oko 400 do 500 jaja i to u površinski sloj tla.

Embrionalni razvoj traje do 20 dana, a

razvoj ličinke od 13 do 14 mjeseci. Ličinke se hrane na korijenu biljke, prezime u četvrtom stadiju na dubini od 15 do 50 cm, a u ljeto slijedeće godine (srpanj i kolovoz) se kukulje. Stadij kukuljice traje od 20 do 25 dana.

Mjere suzbijanja oslanjaju se na plodored, rano jesensko oranje i rokove sjetve kako bi se pogodovalo brzom razvoju mladih biljaka. Populacija se procjenjuje u jesen prije prezimljavanja, a u proljeće u vrijeme nicanja, prema potrebi, primjenjuju se insekticidi ili tretirano sjeme.

8.1.2.4. Red Hemiptera – rilčari

Porodica Aphididae – lisne uši

Suncokret može biti napadnut od raznih vrsta lisnih uši (Slika 8.45.). Najčešće vrste koje napadaju suncokret su *Brachycaudus helichrysi* i *Aphis fabae*.



Slika 8.45. Lisne uši na glavi suncokreta

Lisne uši izazivaju izravne i neizravne štete, a biljka je najosjetljivija u fazi od 2 do 4 lista. Lisne uši nalaze se na listovima i neotvorenim cvjetovima što može uzrokovati zastoj razvoja glave te smanjenje prinosa. Usjev se mora stalno pregledavati, prvi simptomi uočavaju se na rubovima polja, a po potrebi kod jakih zaraza obavezno primijeniti mjere suzbijanja kako bi se spriječile ekonomski značajne štete i razvoj uzročnika biljnih bolesti.

Brachycaudus helichrysi (Kaltenbach, 1843) – šljivina uš kovrčalica

Šljivina uš kovrčalica prisutna je širom svijeta, posebno je štetna na šljivi, ali je značajna i na suncokretu. Najjači napadi su najčešće krajem svibnja i početkom lipnja kada napada sve dijelove suncokreta. Najčešće se nalazi na listovima i na nerascvjetaloj glavi, koja se dalje više ne razvija. Rubne biljke su najviše napadnute, a kod jačih napada nalaze se i na biljkama u sredini parcele. Prenosi petnaestak virusa od kojih su najvažniji virus šarke šljive, mozaik krastavaca i mozaik dalije.

Beskrilne ženke su ovalnog do krušolikog oblika duljine do 2 mm, u početku su smeđe, a kasnije postaju žuto-zelene boje. Ticala su kratka, otprilike kao polovina tijela. Nemaju tamnu mrlju na dorzalnoj strani trbuha, a kauda je tupo zaobljena. Krilate ženke su duge od 1,3 do 1,8 mm s crnom glavom i dužim ticalima, a trbuh je zelene boje i ima tamnu mrlju od trećeg do šestog segmenta. Prezimljujuća jaja su crna. Prezimljuju oplođena jaja, a odložena su na primarnom domaćinu (šljiva i jabuka). Fundatriks (uš osnivačica) se stvara na primarnom domaćinu, najčešće u prvoj dekadi ožujka, a nakon toga se stvaraju prve kolonije beskrilnih ušiju. Tamo se hrane pri dnu pupa, a kasnije prelazi na mekše tkivo te na nove izdanke i donju stranu listova. Krajem travnja i u svibnju javljaju se krilati oblici koji lete na sekundarne domaćine gdje se razvijaju nove generacije, jer na primarnom domaćinu generacija potpuno izumire i tek u jesen lete natrag na primarnog domaćina. Razvijaju se spolni oblici i nakon parenja polažu jaja na grančice i izdanke šljive i jabuke.

Suzbijanje se provodi kada se na rubnim dijelovima utvrdi 20 – 30 % napadnutih biljaka. Tretiranje treba obaviti kemijskim insekticidima ili biološkim agensima, u pojasu do 70 m. Imaju prirodne neprijatelje kao što su bubamare, mrežokrilke, mekokošci i osolike muhe.

***Aphis fabae* (Scopoli, 1763) – crna repina ili bobova uš**

Crna repina uš jedna je od najrasprostranjenijih vrsta u Hrvatskoj. Polifagna je vrsta, a na suncokretu je zabilježena u istočnoj Europi (Mađarska, Rumunjska, Bugarska, Rusija).

Crna repina uš ima više od 200 biljaka domaćina. Simptomi napada uočavaju se na listovima koji se kovrčaju, a mogu se naći i na glavama suncokreta. Pored direktnih šteta, koje nanose sisanjem biljnih sokova, prenosioci su i velikog broja virusa koji su uzročnici žutice šećerne repe, uvijenosti lista krumpira i dr.



Slika 8.46. *Aphis fabae*

Crna repina uš je veličine od 1,3 do 2,6 mm. Odrasle uši su mutno crne boje, ovalne, s kratkim sifonima, a ticala su im dulja od polovice tijela (Slika 8.46.). Determinacija ove vrste je teža zbog većeg broja morfoloških pokazatelja.

Prezimi kao zimsko jaje na grmu *Evonymus europae*, a nekada i na *Viburnum opulus*. U proljeće uš osnivačica stvara beskrlne kolonije, kojih ima 3 do 4 generacije nakon kojih se javljaju krilate generacije i prelaze na ljetne domaćine. Ima visok potencijal razmnožavanja što ovisi o ekološkim uvjetima, a može imati od 13 do 20 generacija godišnje.

Za suzbijanje lisnih uši vrlo su važni prirodni neprijatelji, odnosno predatori: u prvom redu božje ovčice (porodica *Coccinellidae*) gdje na primjer *Coccinella septempunctata* u tijeku svog razvoja pojede 400 do 600 lisnih ušiju. Značajni prirodni neprijatelji su i dvokrilci iz porodica *Syrphidae* i *Chrysopidae* koji su najznačajniji na rubnim dijelovima suncokreta gdje je i populacija lisnih ušiju najveća. Kemijsko suzbijanje treba provoditi selektivnim aficidima.

Porodica Miridae – poljske ili šarene stjenice

***Lygus rugulipennis* (Poppius, 1911) – poljska stjenica**

Poljska stjenica redovito je prisutna na brojnim vrstama poljoprivrednih biljaka (suncokret, uljana repica, hmelj, duhan, patlidžan, grahorice itd.). U pojedinim godinama može oštetiti oko 10 % zrna suncokreta. Pored ove vrste na suncokretu se mogu naći *Lygus pratensis* L., *Adelphocoris lineolatus* Goeze te iz porodice Pentatomidae *Dolycorus baccarum* L., *Halyomorpha halys* Stal.

Lygus rugulipennis polifagna je vrsta koja u našim uvjetima razvija dvije generacije godišnje. Suncokret napadaju vrlo rano, odnosno kada je u fazi 5 do 6 listova (BBCH 15 – 16), a simptomi se vide na stabljici i listovima, kasnije na pupoljku i sjemenu. Najveće štete čini druga generacija koja se razvija na generativnim organima te je stjenica posebno štetna u vrijeme cvatnje biljaka i sazrijevanja sjemena. Posljedice napada očituju se u smanjenju težine zrna, sadržaju ulja i klijavosti sjemena, ovisno o intenzitetu napada. Gubici mogu biti do 22 %. Ova stjenica je vrlo pokretljiva u

traženju svježe sočne hrane te može migrirati jedan do dva kilometra u nekoliko dana. Napad je jači u godinama sa sušnim proljećem, a najveća brojnost zapaža se na suncokretu koji se nalazi uz polja lucerne.



Slika 8.47. *Lygus rugulipennis* – imago

Imago je veličine 5 do 6 mm, ovalnog oblika, smeđe ili zeleno-smeđe boje s tamnim mrljama, pokrivenim sitnim dlačicama (Slika 8.47.). Ličinke su duge od 1,2 do 4,4 mm, zeleno-žute boje.

Poljska stjenica prezimi kao imago pod biljnim ostacima, posebno na neobrađenim površinama. U proljeće, kod temperature od 10 do 16 °C, stjenice prelijeću s mjesta prezimljavanja na kulturne biljke. Ženka odlaže jaja krajem svibnja i početkom lipnja u stabljiku, lisne i cvjetne pupoljke. Ženka može odložiti od 30 do 250 jaja. Embrionalni

razvoj traje 1 do 2 tjedna, a stadij ličinke 3 do 4 tjedna. Prva generacija javlja se u lipnju, a druga u kolovozu.

Na osnovu brojnosti ulova poljskih stjenica, suzbijanje treba provoditi početkom butonizacije ili cvatnje suncokreta, kada se još nisu masovno pojavile. Pragom odluke smatra se 4 do 10 stjenica po biljci suncokreta (Maceljski, 2002). Suzbijanje obavezno obaviti na sjemenskim usjevima. Tijekom tretiranja potrebno je posebnu pažnju obratiti na pčele.

Porodica Pentatomidae

***Halyomorpha halys* (Stål, 1855) – smeđa mramorasta stjenica**

Halyomorpha halys potječe iz istočne Azije (Kine, Japana, Koreje i Tajvana), od 1996. prisutna je u Sjevernoj Americi, a u Europi od 2008. godine. Polifagna je i hrani se sa 170 biljnih vrsta (Damos i sur., 2020). Smatra se invazivnom vrstom, a uzrokuje štete na voću, povrću, cvijeću, ratarskim kulturama, šumskom drveću i ukrasnom grmlju.

Imago je dug od 7 do 17 mm i toliko širok. Boja je tamnosmeđa s primjesama tamnocrvene i crne na leđnoj strani dok je trbušna strana bež do krem boje. Osnovna karakteristika za prepoznavanje ovog štetnika su izgled ticala i nogu na kojima se nalaze naizmjenično bijele i crne oznake (Slika 8.48.). Ličinke (nimfe) su crne ili tamnosmeđe, prolaze kroz pet razvojnih stadija, a veličina im je od 2,4 do 12 mm. Prvi stadij je bez bijelih oznaka, a od drugog do petog stadija imaju crna ticala s jednom bijelom oznakom. Noge su crne s različitim brojem bijelih oznaka (Slika 8.49.). Razvoj jedne generacije traje od 40 do 60 dana, ovisno o temperaturi i fotoperiodu. *Halyomorpha halys* reagira na skraćenje dana tijekom jeseni kada ulazi u dijapauzu. U dijapauzu ulaze samo odrasle jedinke i tako prezime.



Slika 8.48. *Halyomorpha halys* – imago



Slika 8.49. *Halyomorpha halys* – ličinka

Tražeci mjesto za prezimljavanje vrlo često ulaze u kuće. Kad se osjećaju ugroženima, ispuštaju neugodan miris koji nekad ostaje i na plodovima na kojima se hrane. Rastom temperature i duljine dana u proljeće kreće i njihova aktivnost te napuštaju mjesto prezimljavanja u potrazi za hranom.

U izvornom području ima od 5 do 6 generacija, a kod nas se razvijaju jedna do dvije generacije. Ženka odloži od 50 do 150 jaja, ponekad i do 400 jaja. Jaja su odložena s donje strane lista u skupinama od 20 do 30.

Od ratarskih usjeva, glavni domaćini su kukuruz i soja, ali se može naći i na poljima pšenice, pamuka, hmelja i sirka. Pretpostavlja se kako bi i suncokret bio dobar domaćin te se provode istraživanja sa suncokretom koji bi imao ulogu biljke mamca u proizvodnji povrća (Rice i sur., 2014), posebno paprike (Soergel i sur., 2015). Sama kontrola ove vrste je komplicirana i nema održive strategije u njenom suzbijanju. Insekticidi imaju kratak učinak djelovanja i razvija se otpornost, a migracije su velike i stalno se pojavljuju nove jedinice.

8.1.3. SKLADIŠNI ŠTETNICI

Nakon uspješne i zahtjevne proizvodnje potrebno je na kraći ili duži rok skladištiti sjeme suncokreta te sačuvati njegovu kvalitetu. Čuvanje suncokreta je zahtjevan proces zbog velikog sadržaja ulja u sjemenkama. Najprije se provodi sušenje jer se sjeme najbolje skladišti kada je vlaga od 6 do 8 %, a kod vlage iznad 10 % pod utjecajem enzima dolazi do razgradnje ulja.

Tijekom čuvanja jedan od problema su i kukci koji se hrane sjemenkama suncokreta. Uglavnom su to kozmopolitske vrste koje napadaju skladišnu robu. Prisustvo kukaca u skladišnoj robi uvjetuje gubitak na težini (jer se njome hrane), utječe na kakvoću, onečištuje je ekstrakcijskim produktima i uništavaju klicu (kod sjemenske robe). Prisustvo kukaca utječe i na povišenje vlage i temperature skladištene robe.

Prepoznavanje njihovih populacija u proizvodu nije uvijek jednostavan zadatak, jer se najčešće radi o vrlo sitnim organizmima, čije prisustvo uočavamo tek kada se masovno razmnože, a štete su već učinjene (Rozman i sur., 2020).

Prema Rozman i sur. (2020), najznačajniji kukci koji napadaju uljarice i uljne pogače u skladištu su: *Tribolium castaneum* Herbst – kestenjasti brašnar (Slika 8.50.), *Oryzaephilus surinamensis* L. – surinamski brašnar (Slika 8.51.), *Oryzaephilus mercator* Fauv. – brašnar uljarica (Slika 8.52. i 8.53.), *Cryptolestes ferrugineus* Steph. – rdasti brašnar (Slika 8.54.) i *Trogoderma granarium* Everst. – trogoderma žita (Slika 8.55.).



Slika 8.50. *Tribolium castaneum* – jajašca, ličinka, kukuljica, imago



Slika 8.51. *Oryzaephilus surinamensis* L. – surinamski brašnar



Slika 8.52. *Oryzaephilus mercator* – ličinka



Slika 8.53. *Oryzaephilus mercator* – imago



Slika 8.54. *Cryptolestes ferrugineus* – imago i ličinka



Slika 8.55. *Trogoderma granarium* – mužjak i ličinka

8.2. GRINJE (PAUČNJACI)

Razred Arachnida – paučnjaci jedan od najbrojnijih razreda vrstama, ima 75.500 opisanih vrsta. Za poljoprivredu važan je red Acarina – grinje, koje su rasprostranjene u svijetu i mogu biti značajni štetnici na poljoprivrednim kulturama, a ima i predatorskih vrsta. Malih su dimenzija, uglavnom manje od 1 mm. Nalazimo ih na različitim staništima, na svim nadmorskim visinama i klimatskim područjima. Preferiraju toplije i suše uvjete te imaju veliki potencijal razmnožavanja, a generaciju razviju za svega nekoliko dana.

8.2.1. RED ACARINA – GRINJE

Porodica Tetranychidae – crveni paući

U porodici Tetranychidae su zastupljene najštetnije vrste grinja u poljoprivredi. Nazivaju se još i crveni paući. Na njihov razvoj utječe svjetlost pa su najbrojnije populacije na rubnim dijelovima polja. Izraziti su polifagi i hrane se na oko 200 biljnih vrsta. Značajni su štetnici u staklenicima kao i na biljkama koje se uzgajaju na otvorenom: soja, hmelj, povrće, cvijeće, voćke, vinovoa loza, a mogu se pojaviti i na kukuruzu i suncokretu. Grinje žive s donje strane lista, sišući biljne sokove te na mjestima uboda nastaju žućkaste pjege. Pri jačem napadu pjege se spajaju, list se suši, a nekada propada i cijeli list. Štete čine prije ili u vrijeme cvatnje, koje su veće za toplog i suhog vremena, kada se formiraju prazne sjemenke suncokreta.

Tetranychus atlanticus (McGregor, 1941) – atlantski pauk

Tetranychus atlanticus je vrsta koja može napasti i suncokret tijekom cijele vegetacije od proljeća do jeseni te razviti od 10 do 13 generacija godišnje. Odgovara im suho i toplo vrijeme, optimalna temperatura za razvoj je od 25 do 29 °C, a do prenamnožavanja može doći u toplim ljetnim mjesecima. Ljetne ženke su duge 0,4 mm i samo prvi stadij ličinke ima šest nogu, dok su svi ostali razvojni stadiji s osam nogu.

Tetranychus urticae (Koch, 1836) – koprivina grinja

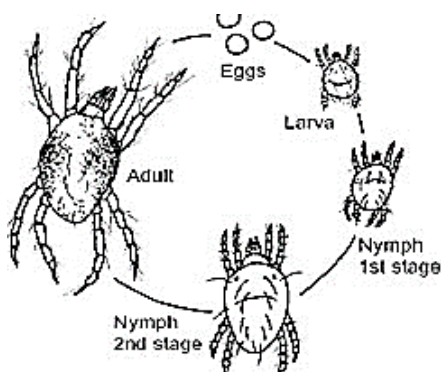
Koprivina grinja ili obični crveni pauk je kozmopolitska vrsta, morfološki je sličan atlantskom pauku. Ženka je duga 0,6 mm, žuto-narandžaste boje s dvije uočljive tamne pjege s dorzalne strane tijela. Ličinke su puno manje od odraslih i nakon izlaska imaju šest nogu, dok odrasli stadij ima 8 nogu. Jaja su okrugla i prozirna (Slika 8.56.).

Obični crveni pauk može se neprekidno razmnožavati u krajevima gdje su zime tople i ima zelenog lišća te mogu napraviti štete na velikom broju biljnih vrsta. U hladnijim područjima, odrasla ženka prezimi ispod kore drveća ili pod biljnim ostacima na tlu i u proljeće s porastom temperature izlazi, hrani se i odlaže jaja. Razmnožavanje ovisi o temperaturi i dostupnim izvorima hrane. Ako su uvjeti povoljni razmnožavanje je

vrlo brzo. Razvoj jedne generacije (Slika 8.57.) može se odviti unutar tjedan dana. Optimalna temperatura je od 29 do 31°C, a relativna vlažnost zraka između 35 i 55 %.



Slika 8.56. Crveni voćni pauk, odrasla jedinka, jaja, nifa i predator



Slika 8.57. Životni ciklus crvenog pauka

Simptomi oštećenja se uočavaju kao male točkice, a listovi se postupno suše, postaju žuti ili brončani i na kraju se potpuno osuše. Infekcija se širi od donjih prema gornjim listovima. Na suncokretu nisu zabilježene značajne ekonomske štete od napada ovog štetnika. Treba voditi računa o uklanjanju korova, kojima se pauk hrani od ranog proljeća. Uništavanjem žetvenih ostataka, odnosno zaoravanjem, uništavaju se stadiji koji se povlače na prezimljavanje. Ukoliko se radi o brojnoj populaciji grinja



Slika 8.58. *Phytoseiulus persimilis* hrani se na *Tetranychus urticae*

preporuka je integrirano suzbijanje koje pored agrotehničkih mjera podrazumijeva i primjenu bioloških agenasa te pravovremeno tretiranje registriranim sredstvima za zaštitu bilja. Kemijsko suzbijanje provodi se po potrebi najprije na mjestima gdje je zaraza nastala, odnosno na rubnim dijelovima polja, koristeći selektivne akaricide.

Navodnjavanje može smanjiti brojnost crvenog pauka jer dolazi do poremećaja u ishrani i razmnožavanju. Pred kraj vegetacije razmnožavanje se usporava, sušenjem listova smanjuje se izvor hrane i grinje odlaze na prezimljavanje. U polju je jako važan broj i vrsta prirodnih neprijatelja koje djeluju na štetne grinje,

a mogu se koristiti i u biološkoj kontroli. Grabežljivci koji se hrane grinjama su: ličinke zlatooke, ličinke i odrasle bubamare, neke vrste tripsa, neke vrste stjenica i grabežljive grinje kao što je vrsta *Phytoseiulus persimilis* (Slika 8.58.). Grabežljiva

grinja je crveno-narančaste boje, izdužena u obliku suze, dugih nogu i izuzetno je aktivna.

Redovito praćenje populacije grinja je nužno, pri čemu se pregledava prisustvo odraslih jedinki, brojnost jaja, ličinki i nimfa kao i prisustvo prirodnih neprijatelja. Prognoza se sastoji u praćenju dinamike crvenog pauka i to u vrijeme toplih i suhih dana, svakih 10 do 15 dana. Na oko 100 listova se utvrđuje brojnost te ako ih je više od 5 po cm², treba se obaviti suzbijanje. Prirodni neprijatelji promatraju se i nakon tretiranja akaricidima, ali i nakon upotrebe nekih fungicida koji mogu djelovati i na neke grinje. Smanjenje prirodnih neprijatelja može uzrokovati povećanje brojnosti crvenog pauka.

8.3. GLODAVCI

Red Rodentia (glodavci) su pripadnici razreda sisavaca (Mammalia) u kojem se nalazi 4.000 poznatih vrsta. Rasprostranjeni su po cijelom svijetu, a nema ih jedino na Antarktiku. Imaju različit način života te ih nalazimo na poljima i livadama, vodenim staništima, drveću, u ljudskim nastambama i skladištima. Najčešće se hrane biljnom hranom, korijenjem, sjemenkama, plodovima. Obično su aktivni u sumrak ili noću, ali se mogu primijetiti i tijekom dana. Potencijal razmnožavanja je vrlo visok i u kratkom vremenu se mogu prenamnožiti. Mogu biti i prenosioci parazita i zaraznih bolesti na čovjeka i domaće životinje. Na poljima su prisutne poljske voluharice, prugasti poljski miš, krtica i hrčak.

8.3.1. RED RODENTIA – GLODAVCI

Microtus arvalis (Pallas, 1779) – poljska voluharica

Poljska voluharica se ubraja u male glodavce, hrani se tijekom cijele godine raznim vrstama biljaka. Pojede listove, izgriza koru i korijen. Ima najčešće 2 do 4 generacije godišnje, a nekad i više (4 do 7), a broj potomstva u leglu je 4 do 8. Štete se uočavaju u proljeće, jesen ili tijekom zime, posebno sa snijegom pa se zbog toga suzbijanje mora provoditi tijekom cijele godine.

Apodemus agrarius (Pallas, 1771) – prugasti poljski miš

Prugasti poljski miš na leđnoj strani tijela ima crnu liniju od glave do početka repa. Veličine je do 126 mm, a rep mu može biti dug 90 mm. Hrani se plodovima različitih kultura, stabljike pri dnu mogu biti odrezane. Ima 3 do 5 generacija godišnje s 4 do 8 potomaka u leglu. Štete prave u drugoj polovici ljeta i u jesen kad mogu uništiti usjev i na većim parcelama. Suzbijanje je preventivno pred sjetvu.

Povoljni vremenski uvjeti, neodgovarajuće agrotehničke mjere i postupci u poljoprivrednoj proizvodnji utjecat će na brojnost populacije glodavaca kojih može biti 1.000 do 10.000 po hektaru (Hamel, 2017). Glodavci se u povoljnim uvjetima

Iako i brzo razmnožavaju i vrlo brzo gustoća populacije biva najveća (progradacija), a zatim se naglo smanjuje (retrogradacija). Do smanjenja populacije može doći zbog pojave bolesti među poljskim glodavcima ili nedostataka hrane, a dovoljno hrane i tople i blage zime te površine koje se ne obrađuju omogućuju povećanje populacije. Danas nema registriranih pripravaka (rodenticida) za suzbijanje glodavaca te je njihova kontrola znatno otežana.

Agrotehničkim mjerama, kao što su pravodobna žetva uz što manje osipanje zrna, brzo iznošenje žetvenih ostataka, što ranije prašenje strništa zbog uništavanja korova kao i jesensko duboko oranje koje će uništiti hodnike i jazbine, može se uništiti 85 do 90 % populacije glodavaca (Hamel, 2017).

Pregled polja obavlja se kontrolom aktivnih rupa. Sve rupe na polju se zatrpavaju zemljom i idući dan pregledom se utvrde aktivne rupe koje su ponovo otvorene i u njih se stavljaju zatrovani mamci. Uginuli glodavci moraju se pokupiti i zakopati. Predatori kao što su ptice grabljivice, lisice i mačke su vrlo važni u suzbijanju glodavaca jer ih love na poljima.

8.4. PTICE

Ptice u poljoprivredi mogu biti korisne i štetne. Korisne su jer se hrane različitim ličinkama kukaca kao i samim odraslim jedinkama. Štetne su kada se hrane nekim poljoprivrednim kulturama između ostalog i suncokretom.

Veće ili manje štete mogu nanijeti u vrijeme sjetve i nicanja usjeva, kada se hrane tek niklim biljčicama. Osim toga, štete nastaju tijekom ljeta i krajem vegetacije kada se hrane sjemenkama na glavi suncokreta (Slika 8.59. i 8.60.), a također dolazi i do rasipanja sjemenja pri ishrani.



Slika 8.59. Oštećenje glave suncokreta od ptica



Slika 8.60. Ptica se hrani na glavi suncokreta

Šteta će ovisiti o veličini jata, a ptice su iz porodica Columbidae, Ploceidae, Sturnidae i Corvidae. Borba protiv ptica provodi se zastrašivanjem, izbjegavanjem i odbijanjem

ptica. Zastrasivanje uključuje zvučne i vizualne efekte i repelente. Statična strašila, koja se nalaze u polju, nisu najbolja rješenja jer se ptice vrlo brzo naviknu na njih te im mogu poslužiti kao mjesto za odmor.

Na manjim površinama moguće je prekrivanje suncokreta mrežama u vrijeme sazrijevanja sjemena (Slika 8.61.). Suzbijanje populacija ptica (npr. odstrel, trovanje, uništavanje gnijezda), kojem teži većina poljoprivrednih proizvođača je zabranjeno, a osim toga ima najmanje šanse za dugoročan uspjeh u kontroli šteta. Velika jata ptica u potrazi za hranom najveći su izazov za razvoj i primjenu učinkovitog suzbijanja ptica. Uklanjanje mjesta za odmor, ubrzavanje vremena žetve kao i usjevi varalice učinkovite su, praktične i ekonomski isplative mjere zaštite protiv ptica.



Slika 8.61. Zaštita suncokreta mrežama na Poljoprivrednom institutu Osijek

Učinkovita metoda zaštite suncokreta od napada ptica pokazala se i primjena repelenata koja ima dugu povijest. Avery (2003) navodi kako su američki domoroci koristili biljne ekstrakte različitih vrsta iz roda *Veratrum* kao zaštitu sjemena kukuruza od ptica. Glavna zadaća repelenta nije potpuno uništiti ptice već štete svesti na prihvatljivu razinu.

Danas se za zaštitu od ptica radi jako puno na ekološki prihvatljivim metodama koje uključuju modificiranje staništa, blokovske plantaže, reflektirajuće vrpce, reflektirajuće papirne ploče, bioakustiku te hibride koji su tolerantni na ptice. Učinkovitost svih navedenih metoda ovisi o nizu čimbenika npr. korištenje zvučnih uređaja emitirajući zvuk predatora ptica uspješno se koristi na malim površinama za zaštitu od ptica (Chellappan i sur., 2023).

Suncokret je kultura koja je konstantno izložena napadu ptica te se nastoji stvoriti hibrid tolerantan na ptice. Razvoj hibrida tolerantnih na napad ptica pružio bi ekonomičnu, ekološki sigurnu metodu rješavanja problema. Hibridi suncokreta s većom tolerantnošću na napad ptica imaju duge brakteje, horizontalan položaj glave

konkavnog oblika te veliku udaljenost između glave i stabljike (Gross i Hanzel, 1991).

Razvojem tehnologija danas se osmišljavaju nove metode zaštite od ptica upotrebom bespilotnih letjelica koje oponašaju ptice grabežljivice. Utvrđena je zadovoljavajuća učinkovitost ovih letjelica, ali je učinak ovisio o veličini polja i veličini jata (Egan i sur., 2023).

LITERATURA

1. Aheer, G.M., Ali, A., & Akram, M. (2009). Effect of weather factors on populations of *Helicoverpa armigera* moths at cotton-based agro-ecological sites. *Entomological Research*, 29(1), 36-42.
<https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2008.00184.x>
2. Avery, M.L. (2003). Avian repellents. In J.R. Plimmer (ed.), *Encyclopedia of Agrochemicals* (vol. 1., pp. 122-129). John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, USA.
3. Avilla, E., Vargas-Osuna, E., González-Cabrera, J., Ferré, J., & González-Zamora, J.E. (2005). Toxicity of several δ -endotoxins of *Bacillus thuringiensis* against *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) from Spain. *Journal of Invertebrate Pathology*, 90(1), 51-54. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2005.04.003>
4. Barsics, F., Haubrughe, E., & Verheggen, F.J. (2013). Wireworms' management: an overview of the existing methods, with particular regards to *Agriotes* spp. (Coleoptera: Elateridae). *Insects*, 4, 117-152.
<https://doi.org/10.3390/insects4010117>
5. Behere, G.T., Tay, W.T., Russell, D.A., Kranthi, K.R., & Batterham, P. (2013). Population genetic structure of the cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in India as inferred from EPIC-PCR DNA markers. *PLOS ONE* 8, e53448. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0053448>
6. Brandl, M.A., Schumann, M., Przyklenk, M., Patel, A., & Vidal, S. (2017). Wireworm damage reduction in potatoes with an attract-and-kill strategy using *Metarhizium brunneum*. *Journal of Pest Sciences*, 90(2), 479-493.
<https://doi.org/10.1007/s10340-016-0824-x>

7. Bučar, M. (2008). *Medonosne biljke kontinentalne Hrvatske: staništa, vrijeme cvjetanja, medonosna svojstva*. Matica hrvatska Petrinja.
8. Chellappan, M., Ranjith, M.T., Chaudhary, V., & Sreejeshnath, K.A. (2023). Bird pests: damage and ecofriendly management. *Annals of Arid Zone* 62(4), 361-372. <https://doi.org/10.59512/aaz.2023.62.4.11>
9. Cock, M.J.W., Beseh, P.K., Buddie, A.G., Cafã, G., & Crozier, J. (2017). Molecular methods to detect *Spodoptera frugiperda* in Ghana, and implications for monitoring the spread of invasive species in developing countries. *Scientific Reports*, 7(1), 4103. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04238-y>
10. Ćosić, J., Ivezić, M., Štefanić, E., Šamota, D., Kalinović, I., Rozman, V., Liška, A., & Ranogajec, Lj. (2008). *Najznačajniji štetnici, bolesti i korovi u ratarskoj proizvodnji*. Županija Osječko-baranjska.
11. Čaćija, M., Kozina, A., Igrc Barčić, J., & Bažok, R. (2017). Linking climate change and insect pest distribution: an example using *Agriotes ustulatus* Shall. (Coleoptera: Elateridae). *Agricultural and Forest Entomology*, 20(2), 288-297. <https://doi.org/10.1111/afe.12259>
12. Čamprag, D. (1997). *Skočibube (Elateridae)*. Design studio Stanišić, Bačka Palanka, Poljoprivredni fakultet, Institut za zaštitu bilja „Dr. Pavle Vukasović“, Novi Sad.
13. Damos, P., Soulopoulou, P., & Thomidis, T. (2020). First record and current status of the brown marmorated sting bug *Halyomorpha halys* damaging peaches and olives in northern Greece. *Journal of Plant Protection Research*, 60(3), 323-326. <https://doi.org/10.24425/jppr.2020.133317>
14. Douglas, H.B., Kundrata, R., Brunke, A.J., Escalona, H.E., Chapados, J.T., Eyres, J., Richter, R., Savard, K., Ślipiński, A., McKenna, D., & Dettman, J.R. (2021). Anchored phylogenomics, evolution and systematics of Elateridae: are all bioluminescent Elateroidea derived click beetles? *Biology*, 10(6), 451. <https://doi.org/10.3390/biology10060451>
15. Egan, C.C., Blackwell, B.F., Fernández-Juricic, E., & Klug, P.E. (2023). Dispersal of blackbird flocks from sunflower fields: efficacy influenced by flock and field size but not drone platform. *Wildlife Society Bulletin*, 47(3), e1478. <https://doi.org/10.1002/wsb.1478>
16. EPPO (2003). EPPO Standards. Diagnostic protocols for regulated pests. PM 7/19 *Helicoverpa armigera*. *EPPO Bulletin*, 33, 245-247.
17. EPPO (2015). PM 7/124 (1) *Spodoptera littoralis*, *Spodoptera litura*, *Spodoptera frugiperda*, *Spodoptera eridania*. *EPPO Bulletin*, 45, 410-444. <https://gd.eppo.int/taxon/LAPHFR/documents>
18. EPPO (2023). *Spodoptera frugiperda*. EPPO datasheets on pests recommended for regulation. Preuzeto 8.11.2023. s <https://gd.eppo.int>
19. FAO (2023). *Global Action for Fall Armyworm Control*. Preuzeto 8.11.2023. s

<http://www.fao.org/fall-armyworm/en/>

20. Faucheux M.J., Németh T., Kundrata R. (2020). Comparative antennal morphology of *Agriotes* (Coleoptera: Elateridae), with special reference to the typology and possible functions of sensilla. *Insects*, 11(2), 137.
<https://doi.org/10.3390/insects11020137>
21. Forić, N., Sarajlić, A., Vrandečić, K., & Majić, I. (2018). Potencijal entomopatogenih gljiva *Metarhizium spp.* u suzbijanju štetnih kukaca. *Glasnik zaštite bilja*, 41(4), 22-30.
22. Furlan, L. (1998). The biology of *Agriotes ustulatus* Schaller (Col., Elateridae). II. Larval development, pupation, whole cycle description and practical implications. *Journal of Applied Entomology*, 122, 71-78.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1998.tb01464.x>
23. Furlan, L. (2004). The biology of *Agriotes sordidus* Illiger (Col., Elateridae). *Journal of Applied Entomology*, 128(9-10), 696-706.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2004.00914.x>
24. Furlan, L. (2005). An IPM approach targeted against wireworms: what has been done and what has to be done. *Insect Pathogens and Insect Parasitic Nematodes: Melolontha. IOBC/wprs Bulletin*, 28(2), 91-100.
25. Furlan, L. (2014). IPM thresholds for *Agriotes* wireworm species in maize in Southern Europe. *Journal of Pest Science*, 87, 609-617.
<https://doi.org/10.1007/s10340-014-0583-5>
26. Furlan, L., & Tóth, M. (2007). Occurrence of click beetle pest spp. (Coleoptera, Elateridae) in Europe as detected by pheromone traps: survey results of 1998-2006. *Integrated Control of Soil Pests. IOBC WPRS Bulletin*, 30(7), 19-25.
27. Furlan, L., Toth, M., Yatsynin, V., & Ujvary, I. (2001). The project to implement IPM strategies against *Agriotes* species in Europe: what has been done and what is still to be done. In *Proceedings of the XXI IWGO Conference* (vol. 27., pp. 253-262).
28. Georgescu, E., Cana, L., & Balaban, N. (2013). Influence of the climatic conditions concerning maize leaf weevil (*Tanymecus dilaticollis* Gyll) attack on sunflower crops at NARDI Fundulea. *Seria A. Agronomy*, 56, 253-260.
29. Glasilo biljne zaštite (2023). *Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2023. godinu* (str. 1-120). Hrvatsko društvo za zaštitu bilja.
30. Gross, P.L. & Hanzel, J.J. (1991). Stability of morphological traits conferring bird resistance to sunflower across different environments. *Crop Science*, 31, 997-1000. <https://doi.org/10.2135/cropsci1991.0011183X003100040031x>
31. Gual, G., Miranda, D.S., Almeida, A.C.S., Cunha, P.C.R., & Jesus, F.G. (2023). Antixenosis and antibiosis to *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera Noctuidae) in sunflower genotypes. *Australian Journal of crop Science*, 17(10), 753-760.
<https://doi.org/10.21475/ajcs.23.17.10.p3555>

32. Hamel, D. (2017). Posljedica zabrane upotrebe rodenticida na poljoprivrednim površinama. *Glasilo biljne zaštite*, 17(4), 404-412. <https://hrcak.srce.hr/189213>
33. Ivezić, M. (2008). *Entomologija: kukci i ostali štetnici u ratarstvu*. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
34. Ivezić, M., & Raspudić, E. (2004). Štetnici suncokreta. U M. Vratarić (ur.), *Suncokret Helianthus annuus L.* (str. 329-360). Poljoprivredni institut Osijek.
35. Ivezić, M., Raspudić, E., Brmež, M., Pančić, S., & Majić, I. (2007). Implementation of pheromone trap sin detecting click beetles population level in east Croatia. *Cereal Research Communications*, 35(2), 513-516.
36. Kadoić Balaško, M., Zlodi, M., & Bažok, R. (2021). Mogućnost aklimatizacije jesenske sovica na području Zadarske županije. *Entomologia Croatica*, 20(1), 6-12. <https://doi.org/10.17971/ec.20.1.2>
37. Kanno, R.H., Bolzan, A., Kaiser, I.S., Lira, E.C., Amaral, F.S., Guidolin, A.S., & Omoto, C. (2020). Low risk of resistance evolution of *Spodoptera frugiperda* to chlorfenapyr in Brazil. *Journal of Pest Science*, 93(1), 365-378. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01165-x>
38. King, A.B.S. (1994). *Heliothis/Helicoverpa* (Lepidoptera: Noctuidae). In G.A. Matthews, & J.P. Tunstall (eds.), *Insect Pests of Cotton* (pp. 39-106). CAB International, UK.
39. Kovačević, Ž. (1961). *Primijenjena entomologija II. Poljoprivredni štetnici* (2. izd.). Poljoprivredni nakladni zavod, Zagreb.
40. Kučinić, M., & Mladinov, L. (1995). Novi podaci za faunu sovica (Insecta: Lepidoptera, Noctuidae) Republike Hrvatske. U N. Ljubešić (ur.), *Zbornik sažetaka Simpozija u počast Zdravka Lorkovića* (str. 81-82). Hrvatsko biološko društvo, Zagreb.
41. Maceljiski, M. (2002). *Poljoprivredna entomologija* (2. izd.). Zrinski d.d. Čakovec.
42. Majić, I., Raspudić, E., & Sarajlić, A. (2019). Suzbijanje žičnjaka u kukuruzu prema načelima integrirane zaštite bilja. U M. Brmež (ur.), *Okolišno prihvatljiva zaštita bilja* (str. 27-37). Fakultet agrobiotehničkih znanosti, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
43. Majić, I., Sarajlić, A., Lakatos, T., Tóth, T., Raspudić, E., Zebec, V., Kanižai Šarić, G., Kovačić, M., & Laznik, Ž. (2018). First report of entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) from Croatia. *Helminthologia*, 55 (3), 256-260. <https://doi.org/10.2478/helm-2018-0024>
44. Marić, A., Čamprag, D., & Maširević, S. (1987). *Bolesti i štetočine suncokreta i njihovo suzbijanje*. Nolit, Beograd.
45. Montezano, D.G., Specht, A., Sosa-Gómez, D.R., Roque-Specht, V.F., Sousa-Silva, J.C., Paula-Moraes, S.V., Peterson, J.A., & Hunt, T.E. (2018). Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African*

entomology, 26(2), 286-300. <https://doi.org/10.4001/003.026.0286>

46. Morris, O.N., Converse, V., & Harding, J. (2012). Virulence of entomopathogenic nematode–bacteria complexes for larvae of noctuids, a geometrid, and a pyralid. *The Canadian Entomologist*, 122(2), 309-319. <https://doi.org/10.4039/Ent122309-3>
47. Pedigo, L.P. (2002). *Entomology and pest management* (4th ed.). Prentice Hall, New Jersey.
48. Raspudić, E., Jurković, D., Vrandečić, K., Štefanić, E., Šamota, D., Baličević, R., Rozman, V., Liška, A., & Ranogajec, Lj. (2009). *Najznačajniji štetnici, bolesti i korovi u uzgoju povrća*. Županija Osječko-baranjska.
49. Rice, K.B., Bergh, C.J., Bergmann, E.J., Biddinger, D.J., Dieckhoff, C., Dively, G., Fraser, H., Garipey, T., Hamilton, G., Haye, T., Herbert, A., Hoelmer, K., Hooks, C.R., Jones, A., Krawczyk, G., Kuhar, T., Martinson, H., Mitchell, W., Nielsen, A.L., Pfeiffer, D.G., Raupp, M.J., Rodriguez-Saona, C., Shearer, P., Shrewsbury, P., Venugopal, P.D., Whalen, J., Wiman, N.G., Leskey, T.C., & Tooker, J.F. (2014). Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Integrated Pest Management*, 5(3), A1-A13. <https://doi.org/10.1603/IPM14002>
50. Rozman, V., Korunić, Z., & Liška, A. (2020). Kukci – gospodarski štetnici uskladištenih poljoprivrednih proizvoda i hrane te prepoznavanje prema nastalim štetama. U J. Korunić (ur.), *Zbornik predavanja – Trajna edukacija za izvoditelje obvezatnih mjera dezinfekcije, dezinskekcije i deratizacije i osobe u nadzoru – Cjelovito (integrirano) suzbijanje štetnika hrane, uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, predmeta opće uporabe te muzejskih štetnika* (str. 21-49). Korunić, Zagreb.
51. Sanseović, T. (1980). Lisne sovce sjevernoistočne Hrvatske. *Agronomski glasnik*, 42(1), 41-52. <https://hrcak.srce.hr/165770>
52. Soergel, D.C., Ostiguy, N., Fleischer, S.J., Troyer, R.R., Rajotte, E.G., & Krawczyk, G. (2015). Sunflower as a potential trap crop of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in pepper fields. *Environmental Entomology*, 44(6), 1581-1589. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv136>
53. Traugott, M., Schallhart, N., Kaufmann, R., & Juen, A. (2008). The feeding ecology of elaterid larvae in central European arable land: new perspectives based on naturally occurring stable isotopes. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(2), 342–349. <https://doi:10.1016/j.soilbio.2007.08.013>
54. Vennila, S., Wang, Z., Young, K., Khurana, J., Cruz, I., Chen, J., Reynaud, B., Delatte, H., Baufeld, P., Rajan, Roversi, P.F., Gargani, E., Otuka, A., Kobori, Y., Tabata, J., Sasaki, M., Park, H., Gwan-Seok, AlJabr, L.A.M., Al-Khateeb, S.A., Meagher, R., Balan, R.K., Day, R., Boddupalli, P., Al-Dobai, S., Tagliati, E., & Elkahky, M. (2019). G20 Discussion group on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *International workshop on*

facilitating international research collaboration on transboundary plant pests.
Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Tsukuba, Japan.

55. Vernon, R.S., Van Herk, W., Tolman, J., Ortiz Saavedra, H., Clodius, M., & Gage, B. (2008). Transitional sublethal and lethal effects of insecticides after dermal exposures to five economic species of wireworms (Coleoptera: Elateridae). *Journal of Economic Entomology*, 101(2), 365-374.
<https://doi.org/10.1093/jee/101.2.365>
56. Westbrook, J.K., Nagoshi, R.N., Meagher, R.L., Fleischer, S.J., & Jairam, S. (2016). Modeling seasonal migration of fall armyworm moths. *International Journal of Biometeorology*, 60(2), 255-267.
<https://doi.org/10.1007/s00484-015-1022-x>

9. KOROVI U SUNCOKRETU

*Renata Baličević
Marija Ravlić*

9.1. KOROVI

Korovi su biljne vrste koje rastu na površinama gdje nisu poželjne, odnosno to su biljne vrste koje u okviru ljudskih djelatnosti čine raznolike i velike štete. U svijetu postoji puno definicija i navoda o korovima. Prema švicarskom botaničaru A.P. de Candolle (1778. – 1841.) korovi predstavljaju sve one vrste koje su kultivirane protiv volje poljoprivrednika. U pravilu svaki usjev koji se uzgaja ima svoje točno određene pratioce među biljnim vrstama koje nazivamo korovima. Oni se sa usjevom udružuju i na taj način čine biljnu zajednicu (agrofitocenoza). Potpuno su prilagođeni uvjetima okoline i načinu biljne proizvodnje. Vezani su za antropogena staništa i ne mogu opstati izvan antropogenih obrađivanih staništa (vrtovi, oranice, trajni nasadi). Pod pojmom apsolutni korov podrazumijevamo sve biljne vrste koje nisu cilj uzgoja te mogu biti štetne za usjev (Slika 9.1.).



Slika 9.1. Zakorovljenost usjeva suncokreta

Za pojam relativni korov podrazumijevamo svaku biljnu vrstu na proizvodnoj površini koja nije predmet uzgoja (Slika 9.2.), što znači i rezidualne biljne vrste, primjerice pšenica u suncokretu.



Slika 9.2. Suncokret u usjevu češnjaka (relativni korov)

Korovi u poljoprivredi nanose izravne i neizravne štete. Utječu na smanjenje prinosa usjeva, a mogu ga i potpuno uništiti. Smanjeni prinos najčešća je posljedica kompeticije (suparništvo, natjecanje, borba) korova nad usjevom za osnovne stanišne čimbenike (svjetlo, voda, hranivo, prostor). Također, negativan alelopatski učinak korova na usjeve može utjecati na realizaciju očekivanog prinosa (Baličević i Ravlić, 2014).

Korovi u poljoprivrednoj proizvodnji svojim prisustvom otežavaju obradu tla, njegu usjeva i žetvu ili berbu te svakako poskupljuju proizvodnju. Također mogu utjecati na zdravstveno stanje usjeva jer su mnoge korovne vrste izvori zaraze biljnih bolesti i domaćini raznim štetnim organizmima.

Korovi predstavljaju i ekološku prijetnju jer brojne invazivne korovne vrste sposobne su mijenjati ekosustave na način da potiskuju autohtone biljne vrste (Randall, 1996; Crossman i sur., 2011).

9.2. SVOJSTVA KOROVA

Korovi svojim rastom i životnim oblikom određuju natjecateljsku snagu i izgled za preživljavanje u agrobiocenozi. Razmnožavaju se vegetativno (pomoću biljnih dijelova) i generativno (sjemenom). Korovne vrste brzo niču i razvijaju se, poneke plodonose već u stadiju nakon nicanja. Najčešće imaju nekoliko ciklusa razvoja u vegetaciji. Proizvode vrlo velik broj sjemenki po biljci koje su često slične po obliku i masi sjemenki usjeva. Klijavost sjemena korova je dugotrajna, a neke vrste mogu klijati i nakon više desetaka godina mirovanja.

9.2.1. PODJELA KOROVA

Korovne biljke su raznovrsna i raznolika skupina pa se dijele prema različitim mjerilima. Mogu se podijeliti na dvije osnovne grupe (Kojić i sur., 1972):

1. korovne biljke u užem smislu
2. korovne biljke u širem smislu.

Korovi u užem smislu predstavljaju skupinu biljaka koja je svojom biologijom i ekologijom najbolje prilagođena razvojnom ciklusu pojedinih usjeva. Ova skupina se naziva još i segetalni korovi. Segetalni korovi nalaze se samo u usjevima i pod snažnim su antropogenim utjecajem. Segetalna flora može se podijeliti na korove strnih žita, okopavina, voćnjaka, vinograda i vrtova (Knežević, 2006).

Korovi u širem smislu su sve nekorisne i štetne biljne vrste koje se pojavljuju na antropogenim staništima i izvan oraničnih površina. Ovoj grupi pripadaju ruderalne biljke, korovi livada i pašnjaka, korovi kanala, korovi šuma, korovi ribnjaka i drugih staništa.

Stanište ili biotop je područje u kojemu živi organizam ili skupina organizama te na kojemu djeluju brojni abiotički i biotički čimbenici.

Prema načinu i intenzitetu ljudskoga djelovanja, korove možemo podijeliti prema staništu kako je prikazano u Tablici 9.1.

Tablica 9.1. Podjela korova prema staništu (Hulina, 1998)

Stanište	Korovi
1) Kultivirano strna žita (ozima i jara) okopavine (kukuruz, suncokret, povrće...)	Plantae segetales (segetalci-agrestalci) Korovi u užem smislu a) apsolutni i relativni b) specijalisti i pioniri
2) Nekultivirano dвориšta, nasipi, putovi, željezničke pruge	Plantae ruderales (ruderalci) Korovi u širem smislu
3) Polukultivirano travnjaci, usjev lucerne, djeteline ekstenzivni voćnjaci i vinogradi	Segetalci i ruderalci
4) Vodeni sustavi ribnjaci i kanali	Akvatični i semiakvatični a) plivajući (flotantni) hidrofiti b) uronjeni (submerzni) hidrofiti c) higrofiti
5) Šume i živice	Korovi šuma i živica

Biološka podjela korova odnosi se na način ishrane, način razmnožavanja, dužinu života i vrijeme pojavljivanja tijekom godine (Tablica 9.2.). Trajanje života je vrijeme potrebno biljci da ostvari cjeloviti životni ciklus, od klijanja do osjemenjivanja. Prema trajanju života korove možemo podijeliti na jednogodišnje (ljetne ili zimske) i dvogodišnje (u prvoj godini stvaraju vegetativne organe, a u drugoj godini generativne organe) koji se razmnožavaju isključivo sjemenom te višegodišnje ili trajnice koji se razmnožavaju i sjemenom i vegetativno.

Postoji podjela korova prema značajkama lista koja je najčešća u praksi. Korovi se dijele na širokolisne (dvosupnice) i uskolisne (jednosupnice). Prema Hulina (1998) ovoj podjeli je prilagođena i industrija herbicida jer odlike lista (položaj, debljina, veličina, dlakavost, osobine kutikule, položaj i broj puči) u izravnoj su vezi s primjenom herbicida.

Tablica 9.2. Biološka podjela korova (Hulina, 1998)

I) Autotrofni	
A. razmnožavanje sjemenom	B. razmnožavanje sjemenom i vegetativno
1. jednogodišnji	1. vriježama
a) efemere (zimsko-proljetne, proljetne, ljetne)	2. korijenovim pupoljcima
b) jesensko-zimski	3. gomoljima
c) zimsko-proljetni	4. lukovicama
d) proljetni (ranoproljetni, kasnoproljetni)	5. podancima
2. dvogodišnji	6. turionima
II) Poluparaziti (hemiparaziti)	
A. na nadzemnim organima domaćina	B. na podzemnim organima domaćina
III) Paraziti (holoparaziti)	
A. na nadzemnim organima domaćina	B. na podzemnim organima domaćina

Svaka kultivirana biljka ima svoju skupinu korova sličnih biološko-ekoloških značajki. Zastupljenost korovnih vrsta ovisi o usjevu u kojem se pojavljuju. U odnosu na usjev koji zakorovljuju dijele se na:

1. korove usjeva gustog sklopa
2. korove okopavina
3. korove višegodišnjih nasada
4. korove nepoljoprivrednih površina.

9.3. KOROVI OKOPAVINSKIH USJEVA

Korove u okopavinskim ili širokorednim usjevima kao što su suncokret, kukuruz, šećerna repa, soja, krumpir itd., možemo podijeliti u dvije grupe prema životnom ciklusu: jednogodišnje i višegodišnje korovne vrste. Zakorovljenost jednogodišnjim širokolisnim i uskolisnim korovima značajna je karakteristika okopavinskih usjeva, dok su višegodišnje vrste prisutne ovisno o intenzitetu obrade tla i zakorovljenosti oranice (Knežević i sur., 2012). Također, važna je i podjela okopavinskih korovnih vrsta prema značajkama lista na uskolisne i širokolisne jer ima praktični značaj s gledišta pristupa i načina suzbijanja.

Najvažnije korovne vrste u okopavinskim usjevima prikazane su u Tablici 9.3.

Tablica 9.3. Najznačajnije korovne vrste u okopavinskim usjevima

<u>Jednogodišnje širokolisne vrste</u>	<u>Višegodišnje širokolisne vrste</u>
<i>Abutilon theophrasti</i> – mračnjak	<i>Convolvulus arvensis</i> – slak
<i>Amaranthus retroflexus</i> – šćir	<i>Cirsium arvense</i> – osjak
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> – ambrozija	<i>Rumex crispus</i> – kiselica
<i>Anagalis arvensis</i> – krivičica	<i>Symphytum officinale</i> – gavez
<i>Chamomilla recutita</i> – prava kamilica	
<i>Chenopodium album</i> – bijela loboda	<u>Jednogodišnje uskolisne vrste</u>
<i>Ch. polyspermum</i> – višesjemena loboda	<i>Echinochloa crus-galli</i> – koštan
<i>Datura stramonium</i> – kužnjak	<i>Setaria glauca</i> – crvenkasti muhar
<i>Fallopia convolvulus</i> – povijajuća heljda	<i>Setaria viridis</i> – zeleni muhar
<i>Hibiscus trionum</i> – sljezolika	<i>Digitaria sanguinalis</i> – svračica
<i>Polygonum persicaria</i> – pjegasti dvornik	<i>Panicum milliaceum</i> – proso
<i>Stachys annua</i> – čistac	<i>Panicum capillare</i> – vlasasto proso
<i>Sinapis arvensis</i> – gorušica	
<i>Solanum nigrum</i> – crna pomoćnica	<u>Višegodišnje uskolisne vrste</u>
<i>Xanthium strumarium</i> – dikica	<i>Sorghum helepense</i> – divlji sirak
	<i>Agropyron repens</i> – pirika
	<i>Cynodon dactylon</i> – troskot



Slika 9.3. Korovna flora suncokreta



Slika 9.4. *Ambrosia artemisiifolia* u suncokretu

Korovna zajednica u usjevu suncokreta (Slika 9.3.) u Hrvatskoj iznimno je raznolika (Mijić i sur., 2022), a najčešće susrećemo *Polygonum persicaria*, *Polygonum lapathifolium*, *Ambrosia artemisiifolia* (Slika 9.4.), *Chenopodium polyspermum*, *Amaranthus retroflexus*, *Solanum nigrum*, *Abutilon theophrasti*, *Datura stramonium*, *Xanthium strumarium*, *Convolvulus arvensis* (Slika 9.5.), *Cirsium arvense*,

Echinochloa crus-galli, *Setaria glauca*, *Setaria viridis*, *Digitaria sanguinalis*, *Panicum* spp. i *Sorghum halepense* (Slika 9.6.).



Slika 9.5. *Convolvulus arvensis*
u suncokretu



Slika 9.6. *Sorghum halepense*
u suncokretu

Pojava korova u suncokretu izravno utječe na intenzitet kompetitivnog odnosa između usjeva i korovne zajednice u usjevu suncokreta što rezultira manjim ili većim gubicima prinosa (Vratarić, 2004). Iako suncokret posjeduje velike listove i snažan habitus, korovi imaju prednost u početnim fazama rasta i razvoja (Štefanić i sur., 2023). Biljku suncokreta karakterizira slabiji rast u vrijeme nicanja i početnim fenološkim fazama.

9.4. ZAŠTITA SUNCOKRETA OD KOROVA

Zaštita od korova u usjevu suncokreta predstavlja važan tehnološki postupak kojim se optimizira kvaliteta i količina prinosa. Pravovremeno suzbijanje korova doprinosi i smanjenju zakorovljenosti u usjevima uzgajanim nakon suncokreta. Prema Bilandžić i sur. (2003) nepravovremeno suzbijanje korova može uzrokovati značajnije zastoje u rastu i razvoju suncokreta što rezultira gubitkom prinosa do 1 t/ha te se smanjuje i kvaliteta zrna.

Suzbijanje korova obuhvaća sve mjere zaštite od korova kojima smanjujemo zakorovljenost i kompeticiju korova prema usjevu.

Preventivne (neizravne) mjere predstavljaju osnovni pristup zaštiti od korova kojima sprječavamo unošenje novih korovnih vrsta i daljnje širenje postojećih na određenom području. U prevenciju ubrajamo:

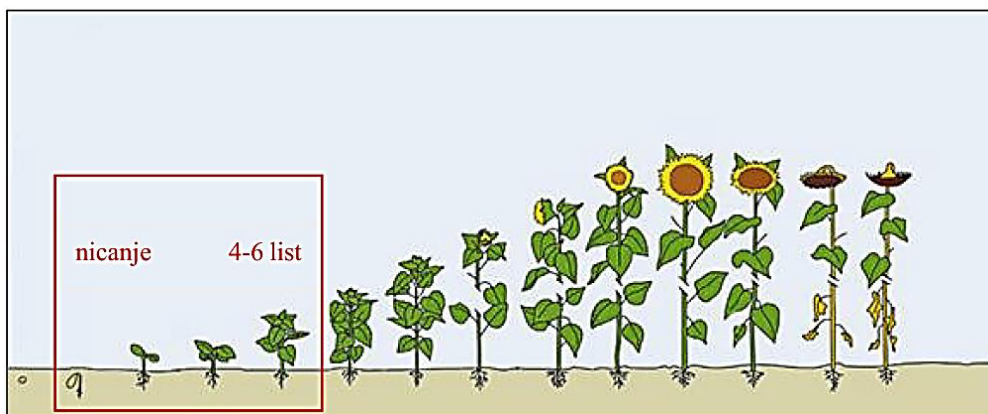
- održavanje čistoće oruđa i gospodarskih površina
- suzbijanje korova na okolnim nepoljoprivrednim površinama
- korištenje zrelog organskog gnojiva
- sprječavanje osjemenjivanja korova i vegetativnog širenja
- zakonsku regulativu.

Kurativne (izravne) mjere suzbijanja predstavljaju skup mjera kojima suzbijamo korove. Podijeljene su u nekoliko skupina:

- agrotehničke mjere obuhvaćaju plodored, podusjeve (za trajne nasade, češnjak, luk i kupusnjače), prilagodbu vremena i gustoće sjetve, kontrolu plodnosti tla
- mehaničke mjere obuhvaćaju obradu tla, zatravljivanje, zastiranje (malčiranje žetvenim ostacima, plastičnim folijama, živim malčem), pljevljenje, natapanje
- fizikalne mjere su suzbijanje korova pomoću plamena, solarizacija tla (upotreba prozirne folije za zagrijavanje tla)
- biološke mjere podrazumijevaju upotrebu živih organizama za suzbijanje korova kao što su fitofagni kukci, nematode, mikrobiološki agensi (patogene gljive i bakterije), metaboliti gljiva (mikotoksini), biljke kompetitori
- kemijske mjere u suzbijanju korova predstavljaju primjenu sredstava za zaštitu bilja stvorenih kemijskom sintezom (herbicidi).

9.5. KRITIČNO RAZDOBLJE ZAKOROVljenosti

Negativan utjecaj korova na prinos počinje kada korovi u nadmetanju za prostor, hraniva, vodu, svjetlost ili druge ograničene izvore počinju pobjeđivati kulturnu biljku (Slika 9.7.), a prestaje kada je kulturna biljka dovoljno jaka da u toj borbi pobjedi korove (Hodi i sur., 2006).



Slika 9.7. Kritično razdoblje zakorovljenosti suncokreta

Razdoblje u kojemu prisutnost korova u usjevu utječe na prinos naziva se kritično razdoblje zakorovljenosti (KRZ). Sve mjere suzbijanja korova trebaju biti usmjerene upravo u tom razdoblju. Poznavanje KRZ-a pojedinih usjeva ključno je za precizno planiranje strategije suzbijanja korova (Halford i sur., 2001). Zimdahl (1988) kritično razdoblje zakorovljenosti definira kao vremenski raspon od onog vremena nakon nicanja kada korovi još ne reduciraju prinos usjeva do vremena nakon kojega kompeticija korova više neće utjecati na smanjenje prinosa.

Swanton i Weise (1991) definiraju kritično razdoblje zakorovljenosti kao vremenski interval u kojemu je nužno osigurati okolinu bez korova kako bi se spriječio gubitak prinosa. Kritično razdoblje zakorovljenosti kada je suncokret najizloženiji napadu korova traje od nicanja pa do faze razvoja 4 do 6 pravih listova. Nakon razvoja šestoga lista, biljke suncokreta brzo razvijaju bujnu nadzemnu masu pa korovi koji niču nakon kritičnog razdoblja zakorovljenosti uglavnom ne nanose izravnu štetu usjevu.

9.6. INTEGRIRANA ZAŠTITA BILJA

Integrirana poljoprivredna proizvodnja podrazumijeva samoodrživu proizvodnju temeljenu na prirodnim izvorima i mehanizmima regulacije koji zamjenjuju potencijalne onečišćivače. Sastavni je dio integrirane poljoprivredne proizvodnje i integrirana zaštita bilja.

Integrirana zaštita bilja sustav je zaštite bilja koji obuhvaća primjenu svih mjera zaštite bilja s naglaskom na što manju uporabu kemijskih sredstava za zaštitu bilja. Primjena kemijskih sredstava svodi se na najnužnije postupke za održavanje populacije štetnih organizama ispod razine gospodarske štete.

Integrirano suzbijanje korova nastoji smanjiti primjenu herbicida korištenjem drugih neizravnih i izravnih mjera zaštite. Dugotrajna primjena herbicida izazvala je različite utjecaje na ljudsko zdravlje i okolinu. Posebno zabrinjava pojava rezistentnosti korova na određene kemijske grupe herbicida. Invazivnost i učestale migracije korovnih vrsta predstavljaju izazove u strategiji primjene integriranog suzbijanja korova u poljoprivrednoj proizvodnji.

Hrvatska kao članica EU obvezna je poljoprivrednu proizvodnju prilagoditi načelima integrirane biljne proizvodnje a sukladno tome i načelima integrirane zaštite bilja te na taj način smanjiti zdravstvene, ekološke i ekonomske rizike. Kroz zakonsku regulativu propisani su postupci, međutim u praksi je potrebno puno više znanja i iskustva za unaprjeđenje integrirane zaštite bilja.

9.6.1. PRIMJENA I MEHANIZMI DJELOVANJA HERBICIDA

Herbicidi su kemijska sredstva za suzbijanje ili zaustavljanje rasta pojedinih biljaka (Slika 9.8., 9.9.). Izbor herbicida ovisi o stanju zakorovljenosti i stupnju razvoja korova. Svaki herbicid ima određeni spektar djelovanja na korovne vrste stoga je poznavanje zastupljenosti korovnih vrsta određenog staništa osnovni preduvjet za

pravilan izbor herbicida. Na pozitivan učinak primjene herbicida veliki utjecaj imaju agroekološki uvjeti u vrijeme primjene i aktivacije pripravka.



Slika 9.8. Tretiranje herbicidima

Herbicid u biljku može dospjeti na nekoliko načina:

1. kroz list
2. kroz korijen
3. kroz list i korijen.

Herbicid se aplicira na površinu lista, kroz kutikulu, epidermu i palisadni parenhim prodire do floema te se putem asimilata (škrob) sistemski translocira do mjesta djelovanja.

Djelovanje herbicida kroz korijen odvija se kada se sredstva primjenjuju putem tla tj. prskanjem po površini ili unošenjem u tlo. Za aktivaciju sredstva potrebne su oborine. Kiša s površine tla premješta herbicid u zonu korijena korovne biljke koja ga usvaja. S vodom herbicid prodire kroz epidermu u endodermu primarne kore te dopijeva u ksilemu, odakle

uzlaznim kretanjem vode u biljci dopijeva do mjesta djelovanja.



Slika 9.9. Usjev suncokreta nakon herbicidnog tretiranja

Prema aktivnosti herbicidi se dijela na:

1. kontaktne herbicide
2. sistemične herbicide.

Kontaktne herbicide uništavaju tkiva biljke s kojima dođu u kontakt. Općenito su to herbicide najbržeg djelovanja. Manje su učinkoviti kod biljaka koje imaju sposobnost obnavljanja iz korijena.

Translokacijski (sistemični) herbicide djeluju putem lista ili korijena tretirane biljke. Učinkovito kontroliraju i biljke koje se obnavljaju iz korijena te imaju nešto sporije djelovanje.

Herbicide su sposobni zaustaviti ili usporiti određene životno važne fiziološke procese biljke kada dostiju do mjesta molekularnog djelovanja. S gledišta utjecaja na fiziološke procese, herbicide se mogu podijeliti u grupe prema mehanizmu djelovanja (Tablica 9.4.).

Tablica 9.4. Podjela herbicida prema mehanizmu djelovanja (Herbicide Resistance Action Committee – HRAC)

A	inhibitori acetyl-CoA karboksilaze (ACCase)
B	inhibitori acetolaktat sintaze (ALS)
C	inhibitori fotosinteze u fotosustavu II
D	inhibitori fotosinteze u fotosustavu I
E	inhibitori protoporfirinogen oksidaze (PPO)
F	inhibitori biosinteze karotenoida
G	inhibitori EPSP sintaze
H	inhibitori glutamin sintetaze
I	inhibitori DHP (dihidropteroat) sintaze
K	inhibitori diobe stanica
L	inhibitori sinteze stanične stijenke (celuloze)
N	inhibitori sinteze lipida
O	sintetski auksini (regulatori rasta)

Herbicide su prema kemijskoj pripadnosti, strukturi, građi i zajedničkim svojstvima razvrstani u grupe, bez obzira na mehanizme djelovanja, vrijeme i način primjene. Razvrstavanje herbicida u grupe po kemijskoj pripadnosti zasniva se na kemijskoj sličnosti pojedinih herbicidno aktivnih molekula.

Herbicide se mogu primijeniti na dva načina:

1. selektivna primjena
2. totalna (neselektivna) primjena.

Selektivni herbicide uništavaju određenu skupinu biljaka dok na druge ne djeluju. Selektivnost nije apsolutna, ovisi o dozi, vremenu i načinu primjene.

Totalni herbicidi na određenoj površini uništavaju svu vegetaciju. Djeluju neselektivno.

9.6.2. VRIJEME PRIMJENE HERBICIDA

Selektivne herbicide možemo primijeniti:

1. prije sjetve odnosno sadnje usjeva (pre-sowing),
2. nakon sjetve, a prije nicanja (pre-emergence) i
3. nakon nicanja (post-emergence).

Prije sjetve ili sadnje usjeva (pre-sowing) mogu se primijeniti rezidualni herbicidi i to tretiranjem tla sa ili bez inkorporacije. U ovoj fazi korovi još nisu niknuli te će se aplicirani herbicid nakon nicanja usvojiti putem korijena. Ako je površina koju tretiramo već zakorovljena, potrebno je koristiti folijarne herbicide.

Nakon sjetve, a prije nicanja (pre-emergence) također se mogu primijeniti rezidualni i folijarni herbicidi. Rezidualne herbicide koristimo tretiranjem po tlu dok korov i usjev nisu nikli, a folijarne tretiranjem po listu izniklih korova.

Nakon nicanja (post-emergence) usjeva i korova primjenjuju se folijarni (kontaktni ili sistemični) herbicidi. Ako korovi još nisu iznikli, mogu se aplicirati zemljišni rezidualni herbicidi.

Totalne herbicide koristimo prije sjetve usjeva tretiranjem tla rezidualnim herbicidima. Nakon nicanja korova moguća je primjena kontaktnih herbicida. U višegodišnjim nasadima totalne herbicide koristimo primjenom u trake.

Suzbijanje korova u suncokretu prije sjetve (pre-sowing) nije praktično za provedbu zbog nepostojanja registriranih djelatnih tvari herbicida za tu namjenu.

Korove u suncokretu najčešće suzbijamo nakon sjetve, a prije nicanja (pre-emergence). Za takvu primjenu je registriran i najveći broj djelatnih tvari herbicidnih pripravaka. Najčešće su to kombinirani pripravci (dvojne ili čak trojne kombinacije), koji spektrom obuhvaćaju jednogodišnje uskolisne i širokolisne korove (Bilandžić i sur., 1993). Herbicidi koji se primjenjuju u ovom roku ne suzbijaju višegodišnje korove. Biljka usvaja herbicid sjemenom, korijenom i nicajućom stabljikom iz tekuće faze tla, zbog čega su za njegov učinak važne oborine (u interakciji su količina i raspored oborina). Važno je dozu herbicida prilagoditi tlu prema preporukama proizvođača.

Primjenom herbicida nakon nicanja (post-emergence), u usjevu suncokreta do nedavno je bilo moguće suzbiti samo jednogodišnje i višegodišnje uskolisne travne korove. Herbicidi koji se primjenjuju nakon nicanja visoko su selektivni prema suncokretu pa ne postoji opasnost oštećenja usjeva. Primjena herbicida je ciljana zbog lakše determinacije korovnih vrsta koje se nalaze u višim razvojnim stadijima.

Kod primjene nakon nicanja, biljka usvaja herbicid preko lista i stabljike. Za usvajanje i premještanje do mjesta djelovanja post-emergence herbicida, značajna je uloga vanjskih čimbenika, od kojih su vlaga zraka i temperatura najvažnije.

9.7. HIBRIDNI SUNCOKRETA OTPORNI NA HERBICIDE



Slika 9.10. Suncokret pred kraj vegetacije

Pojavom kultivara tolerantnih na herbicide, Clearfield, Clearfield Plus i Express Sun tehnologije, iz kemijskih skupina: imidazolinona (imazamoksa) i sulfonilurea (tribenuron-metila) herbicida, znatno je olakšano suzbijanje širokolisnih korovnih vrsta u suncokretu (Slika 9.10.). Prema Mijić i sur. (2022), gotovo sve sjemenske kuće i instituti imaju hibride suncokreta bazirane na Clearfield, Clearfield Plus i Express Sun tehnologiji. Navedene tehnologije, osim što omogućavaju uništavanje širokolisnih korova nakon nicanja suncokreta, uspješno rješavaju i problem volovoda (*Orobanche cumana*). Uvođenje u proizvodnju Clearfield, Clearfield Plus i Express Sun tehnologija ne isključuje primjenu ostalih herbicida, ali oni u većini slučajeva nisu potrebni (Malidža i sur., 2004). S ciljem smanjenja rizika od

manjeg učinka klasičnih zemljišnih herbicida (neodgovarajuća predstajena priprema tla, suša) primjena ovih tehnologija proizvođačima osigurava naknadnu primjenu herbicida.

Ove tehnologije rezultiraju dobrim učinkom na korove, fleksibilnošću u vremenu primjene, niskim dozama sredstava i niskom toksičnošću za sisavce (Tan i sur., 2005), no postoje i određena ograničenja. Oslanjanje na jedan herbicid ili samo na herbicide s istim mehanizmom djelovanja kod suncokreta otpornog na herbicide, može dovesti do promjene populacije korova (Tonev i sur., 2020). Moguća je pojava rezistentnih korova, što predstavlja problem suzbijanja u usjevima koji slijede u plodoredu. Također, povećan je i rizik od prijenosa svojstva tolerancije na herbicid korova koji su srodni tolerantnim kulturama.

Strategiju suzbijanja korova u usjevu suncokreta treba provoditi prema načelima integrirane zaštite bilja s uključivanjem svih raspoloživih metoda odabranih prema uvjetima koji su prisutni u usjevu.

9.8. ALELOPATIJA

Pojava alelopatije među biljnim vrstama poznata je više od 2.000 godina, no pojam prvi put 1937. godine uvodi austrijski botaničar Hans Molisch kao štetno djelovanje jedne biljne vrste na drugu (Rice, 1984; Rizvi i sur., 1992). Danas je alelopatija

definirana kao izravan ili neizravan, pozitivan ili negativan utjecaj jedne biljke, gljive ili mikroorganizma na rast i razvoj drugog putem kemijskih tvari (alelokemikalija) koje se izlučuju u okoliš (Rice, 1984; Narwal i sur., 2005). Alelokemikalije su prisutne u svim biljnim dijelovima, od korijena do sjemena, a otpuštaju se u okolinu izlučivanjem iz podzemnih biljnih organa, volatilizacijom isparljivih spojeva, ispiranjem iz nadzemnih biljnih dijelova, ili nastaju tijekom razgradnje njihovih ostataka (Skrzypek i sur., 2015). U biljkama su prisutne u obliku vodotopljivih glikozida, alkaloida, tanina, fenola, terpenoida i drugih spojeva, većinom sekundarnih metabolita koji nemaju štetan utjecaj za samu biljku, međutim u okolini se degradiraju i transformiraju te mogu postati toksični za druge biljke pa i jedinke iste vrste (autotoksičnost) (Narwal i sur., 2005). U okolini se alelokemikalije usvajaju od strane biljaka, apsorbiraju u tlo, transformiraju ili razgrađuju od strane mikroorganizama, degradiraju pod utjecajem Sunčeve svjetlosti ili ispiru iz tla (Lalljee i Facknath, 2000; Narwal i sur., 2005). Alelokemikalije djeluju na klijanje sjemena, rast i fiziološke aktivnosti biljaka kroz procese koji uključuju diobu i produljenje stanica, usvajanje minerala, disanje, sintezu bjelančevina, propusnost membrana (Rice, 1984), oštećenje stanične stijenke (Liu i Lovett, 1993) i hormonsku ravnotežu (Dayan i sur., 2000).

Alelopatske interakcije odvijaju se među biljnim vrstama u prirodnim sustavima te u agroekosustavima. Alelopatija ima značajnu ulogu u poljoprivredi, gdje se alelopatske interakcije odvijaju među usjevima i korovima (Narwal i sur., 2005; Chon i Nelson, 2010; Balićević i sur., 2015), ali i u zaštiti usjeva, odnosno kontroli korova, štetnika i bolesti. U poljoprivrednim sustavima primjena alelopatski aktivnih biljaka moguća je na različite načine, primjerice kao postrni usjevi koji pokrivaju ili potiskuju korove, malčiranjem ili inkorporacijom biljnih ostataka, kao zelena gnojdba, združeni usjevi ili u plodoredu te kao primjena genotipova s visokim alelopatskim potencijalom. Korovi se mogu suzbiti primjenom vodenih ekstrakata alelopatskih usjeva kao prirodnih herbicida te direktnom primjenom pročišćenih alelokemikalija ili njihovih derivata kao što su sorgoleon, artemisinin i glukozinolati (Reigosa i sur., 2001; Soltys i sur., 2013). Prema Bhowmik i Inderjit (2003) korištenje alelopatije kao strategije u suzbijanju korova ne može eliminirati korištenje herbicida, ali se njihova upotreba može smanjiti, dok Farooq i sur. (2020) ističu da alelopatsko suzbijanje korova može biti ekološki prihvatljivo sredstvo za suzbijanje korova u biljnim sustavima, bez ovisnosti o kemijskim herbicidima.

Suncokret se ubraja među usjeve s visokim alelopatskim potencijalom. Prema Azania i sur. (2003) alelopatski utjecaj suncokreta ostvaruje preko oslobađanja i nakupljanja korijenovih izlučevina u tlu. Isto tako, unošenje njegove svježe (zelena gnojdba) ili suhe biomase u tlo je inhibitorno za neke usjeve i korovne vrste. Utvrđeno je nekoliko alelokemikalija iz suncokreta koje inhibiraju klijanje sjemena i rast klijanaca vrsta *Amaranthus albus*, *Amaranthus viridis*, *Elymus repens*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Avena fatua* L., *Chenopodium album*, *Echinochloa crus-galli* (L.) i drugih korova. Iz toga proizilazi da se inhibicijski učinci ovog usjeva mogu koristiti za suzbijanje korova kako bi se postigla smanjena upotreba herbicida u održivoj poljoprivredi. U istraživanju Bogatek i sur. (2006), vodeni ekstrakti listova suncokreta u znatnoj mjeri, a pri većim koncentracijama u cijelosti, inhibirali su klijanje sjemena korova *Sinapis alba* (bijela gorušica) u laboratorijskim uvjetima. Ashrafi i sur. (2008), u

istraživanjima provedenim u stakleniku i laboratoriju, utvrdili su alelopatski učinak suncokreta na divlji ječam (*Hordeum spontaneum*) kroz smanjenu klijavost sjemena i smanjen rast biljaka. Alelopatski učinak povećavao se s povećanom koncentracijom, a najbolji rezultat postigao je vodeni ekstrakt lista suncokreta, zatim cvjetova, mješavina svih tkiva, stabljike, dok je najmanji učinak imao vodeni ekstrakt korijena. Inhibitorne tvari prisutne u suncokretu koje iskazuju alelopatski potencijal mogle bi se koristiti kao prirodni herbicid, uz prethodna istraživanja. Ravlić i sur. (2022) istaživali su alelopatski potencijal vodenih ekstrakata suhog lista različitih genotipova suncokreta na klijavost i rast salate te zaključili da je nekoliko genotipova pokazalo značajno veći negativni utjecaj, posebice na duljinu izdanaka i svježiu masu klijanaca. Izuzev genotipa, na alelopatski potencijal utjecali su i faza razvoja suncokreta u kojoj su prikupljeni listovi (butonizacija i cvatnja) te koncentracija vodenog ekstrakta. Nadeem i sur. (2020) istražujući utjecaj vodenih ekstrakata kulturnih biljaka i herbicida na korovnu floru u pamuku dolaze do zaključka da vodeni ekstrakti sirka i suncokreta u kombinaciji s 1/3 preporučene doze aktivne tvari S-metolaklor učinkovito suzbijaju korove i povećavaju prinos sjemenskog pamuka. Prednost ovakvog tretiranja je smanjenje primjene herbicida za 67 %. Koristi se ogledaju kroz sigurnost okoline, ublažavajući rizike po zdravlje ljudi i minimizirajući širenje biotipova korova tolerantnih na herbicide.

Većina istraživanja alelopatije provodi se u kontroliranim laboratorijskim uvjetima na umjetnim podlogama kao što su filter papir i agar (Chon i Nelson, 2010), iako je na taj način nemoguće oponašati uvjete u polju (Qasem i Hill, 1989). Međutim, laboratorijska istraživanja omogućuju brzu procjenu većeg broja biljaka i njihovu selekciju za daljnja istraživanja (Ravlić i sur., 2014) te eliminiranje svih drugih utjecaja koji se odvijaju u poljskim uvjetima (Inderjit i Dakshini, 1995). Prema navodima Peharda (2017), za potpunu procjenu alelopatskog potencijala pojedine biljne vrste potrebno je provesti više različitih metoda provedbe pokusa. Yang i sur. (2022) uvode novu metodu agar profila u centrifugirnoj epruveti (CTAP) za određivanje alelopatskih učinaka vodenih ekstrakata, koja u znatnoj mjeri skraćuje vrijeme i umanjuje trud pri analizama. Poljski pokusi pak zahtijevaju više vremena i skuplji su od laboratorijskih te su krajnji cilj alelopatske procjene neke biljne vrste. Identifikacija i detaljno proučavanje mehanizma djelovanja alelokemikalija s inhibitornim učinkom ima značajan potencijal u proizvodnji bioherbicida, dok alelokemikalije sa stimulirajućim učinkom imaju mogućnost primjene u obliku biostimulatora, odnosno promotora rasta i razvoja biljaka.

LITERATURA

1. Ashrafi, Z.Y., Sadeghi, S., Mashhadi, H.R., & Hassan, M.A. (2008). Allelopathic effects of sunflower (*Helianthus annuus*) on germination and growth of wild barley (*Hordeum spontaneum*). *Journal of Agricultural Technology*, 4(1), 219-229.
2. Azania, A.A.P.M., Azania, C.A.M., Alves, P.L.C.A., Palaniraj, R., Kadian, H.S., Sati, S.C., Rawat, L.S., Dahiya, D.S., & Narwal, S.S. (2003). Allelopathic plants. 7. Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Allelopathy Journal*, 11(1), 1-20. <http://hdl.handle.net/11449/932>
3. Baličević, R., & Ravlić, M. (2014). *Herbicidi u zaštiti bilja*. Poljoprivredni fakultet, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
4. Baličević, R., Ravlić, M., & Ravlić, I. (2015). Allelopathic effect of aromatic and medicinal plants on *Tripleurospermum inodorum* (L.) C.H. Schultz. *Herbologia*, 15(2), 40-53. doi: 10.5644/Herb.15.2.04
5. Bhowmik, P.C., & Inderjit (2003). Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. *Crop Protection*, 22(4), 661-671. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(02\)00242-9](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(02)00242-9)
6. Bilandžić, M., Krizmanić, M., Jukić, V., & Vratarić, M. (1993). Djelotvornost nekih kombinacija herbicida na korove u usjevu suncokreta na području Osijeka. *Znanost i praksa u poljoprivredi i prehrambenoj tehnologiji*, 23(1-2), 48-64.
7. Bilandžić, M., Krizmanić, M., Mijić, A., & Liović, I. (2003). Suzbijanje korova u suncokretu: Osijek, 2000.-2002. *Sjemenarstvo*, 20(1-2), 15-27.
8. Bogatek, R., Gniazdowska, A., Zakrzewska, W., Oracz, K., & Gawroński, S.W. (2006). Allelopathic effect of sunflower extracts on mustard seed germination and seedling growth. *Biologia Plantarum*, 50, 156-158. <https://doi.org/10.1007/s10535-005-0094-6>
9. Chon, S.U., & Nelson, C.J. (2010). Allelopathy in *Compositae* plants. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30(2), 349-358. <https://doi.org/10.1051/agro/2009027>
10. Crossman, N.D., Bryan, B.A., & Cook, D.A. (2011). An invasive plant and climate change threat indeks for weed risk management: Integrating habitat distribution pattern and dispersal process. *Ecological Indicators*, 11(1), 183-198. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.10.011>
11. Dayan, F.E., Romagni, J.G., & Duke, S.O. (2000). Investigation of the mode of action of natural phytotoxins. *Journal of Chemical Ecology*, 26, 2079-2094. <https://doi.org/10.1023/A:1005512331061>
12. Farooq, N., Abass, T., Tanveer, A., & Jabra, K. (2020). Allelopathy for weed management. In J.M. Merillon, & K. Ramawat (eds.), *Co-evolution of secondary metabolites* (pp. 505-519). Springer, Cham.

https://doi.org/10.1007/978-3-319-96397-6_16

13. Halford, C., Hamill, A.S., Zhang, J., & Doucet, C. (2001). Critical period of weed control in no-till soybean (*Glycine max*) and corn (*Zea mays*). *Weed Technology*, 15(4), 737-744.
[https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2001\)015\[0737:CPOWCI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2001)015[0737:CPOWCI]2.0.CO;2)
14. Hodi, L., Torma, M., Mucsi, K., & Kazinczi, G. (2006). Critical periods for weed control in sunflower in south-eastern region of Hungary. In S. Hidvegi (ed.), *Proceedings of the V. Alps-Adria Scientific Workshop* (pp. 469-472). Cereal Research Non-Profit Company, Szeged, Hungary.
15. HRAC (2022). *HRAC Mode of action classification 2022 map*.
<https://hracglobal.com/tools/hrac-mode-of-action-classification-2022-map>
16. Hulina N. (1998). *Korovi*. Školska knjiga Zagreb.
17. Inderjit, & Dakshini, K.M.M. (1995). On laboratory bioassay in allelopathy. *The Botanical Review*, 61(1), 28-44.
18. Knežević, M. (2006). *Atlas korovne, ruderalne i travnjačke flore*. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijek.
19. Knežević, M., Baličević, R., Ravlić, M., & Ravlić, J. (2012). Impact of tillage systems and herbicides on weeds and soybean yield. *Herbologia*, 13(2), 29-39.
20. Kojić, M., Stanković, A., & Čanak, M. (1972). *Korovi - biologija i suzbijanje*. Institut za zaštitu bilja Novi Sad.
21. Lalljee, B., & Facknath, S. (2000). Allelopathic interactions in soil. In S.S. Narwal, R.E. Hoagland, R.H. Dilday, & M.J. Reigosa (eds.), *Allelopathy in Ecological Agriculture and Forestry* (pp. 47-58). Springer, Dordrecht.
https://doi.org/10.1007/978-94-011-4173-4_4
22. Liu, D.L., & Lovett, J.V. (1993). Biologically active secondary metabolites of barley. II. Phytotoxicity of barley allelochemicals. *Journal of Chemical Ecology*, 19(10), 2231-2244. <https://doi.org/10.1007/BF00979660>
23. Malidža, G., Jocić, S., Škorić, D., & Orbović, B. (2004). Clearfield sistem proizvodnje suncokreta. U D. Miladinović (ur.), *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* (40, str. 279-290). Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
24. Mijić, A., Duvnjak, T., Liović, I., Sudarić, A., Barić, K., Jug, D., & Markulj Kulundžić A. (2022). Korovi u proizvodnji suncokreta i njihovo suzbijanje. *Journal of Central European Agriculture*, 23(4), 782-794.
<https://doi.org/10.5513/JCEA01/23.4.3637>
25. Nadeem, I., Khaliq, A., & Cheema, Z.A. (2020). Weed control through allelopathic crop water extracts and S-metolachlor in cotton. *Information Proccesing in Agriculture*, 7(1), 165-172.
<https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.03.006>

26. Narwal, S.S., Palaniraj, R., & Sati, S.C. (2005). Role of allelopathy in crop production. *Herbologia*, 6(2), 1-69.
27. Peharda, A. (2017). *Metode istraživanja alelopatskog utjecaja* [Diplomski rad, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek]. Repozitorij Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:848401>
28. Qasem, J.R., & Hill, T.A. (1989). On difficulties with allelopathy methodology. *Weed Research*, 29(5), 345-347. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1989.tb01304.x>
29. Randall, J.M. (1996). Weed control for the preservation of biological diversity. *Weed Technology*, 10, 370-383. <http://www.jstor.org/stable/3988073>
30. Ravlić, M., Baličević, R., & Lucić, I. (2014). Allelopathic effect of parsley (*Petroselinum crispum* Mill.) cogermination, water extracts and residues on hoary cress (*Lepidium draba* (L.) Desv.). *Poljoprivreda*, 20(1), 22-26. <https://hrcak.srce.hr/file/182272>
31. Ravlić, M., Markulj Kulundžić, A., Baličević, R., Marković, M., Viljevac Vuletić, M., Kranjac, D., & Sarajlić, A. (2022). Allelopathic potential of sunflower genotypes at different growth stages on lettuce. *Applied Sciences*, 12(24), 12568. <https://doi.org/10.3390/app122412568>
32. Reigosa, M.J., Gonzáles, L., Sánchez-Moeriras, A., Durán, B., Puime, D., Fernández, D., & Bolano, J.C. (2001). Comparison of physiological effects of allelochemicals and commercial herbicides. *Allelopathy Journal*, 8(2), 211-220.
33. Rice, E.L. (1984). *Allelopathy* (2nd ed.). Academic Press, New York.
34. Rizvi, S.J.H., Haque, H., Singh, V.K., & Rizvi, V. (1992). A discipline called allelopathy. In S.J.H. Rizvi, & V. Rizvi (eds.), *Allelopathy: basic and applied aspects* (pp. 1-10). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-2376-1_1
35. Skrzypek, E., Repka, P., Stachurska-Swakon, A., Barabasz-Krasny, B., & Mozdzen, M. (2015). Allelopathic effect of aqueous extracts from the leaves of peppermint (*Mentha piperita* L.) on selected physiological processes of common sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 43(2), 335-342. <https://doi.org/10.15835/nbha43210034>
36. Soltys, D., Krasuska, U., Bogatek, R., & Gniazdowska, A. (2013). Allelochemicals as bioherbicides - present and perspectives. In A.J. Price, & J.A. Kelton (eds.), *Herbicides - current research and case studies in use*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/56185>
37. Swanton, C.J., & Weise, S.F. (1991). Integrated weed management: the rationale and approach. *Weed Technology*, 5(3), 657-663. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00027512>
38. Štefanić, E., Rašić, S., Lučić, P., Zimmer, D., Mijić, A., Antunović, S., Japundžić-Palenkić, B., Lukačević, M., Zima, D., & Štefanić, I. (2023). The

critical period of weed control influences sunflower (*Helianthus annuus* L.) yield, yield components but not oil content. *Agronomy*, 13(8), 2008. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082008>

39. Tan, S., Evans, R.R., Dahmer, M.L., Singh, B.K., & Shaner, D.L. (2005). Imidazolinone tolerant crops: history, current status and future. *Pesticide Management Science*, 61(3), 246-257. <https://doi.org/10.1002/ps.993>
40. Tonev, T., Kalinova, S., Yanev, M., Mitkov, A., & Neshev, N. (2020). Weed association dynamics in the sunflower fields. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 63(1), 586-593.
41. Vratarić, M. (2004). Korovi u suncokretu i njihovo suzbijanje. U M. Vratarić (ur.), *Suncokret Helianthus annuus* L. (str. 259-282). Poljoprivredni institut Osijek.
42. Yang, H.N., Zhou, C.Y., Wu, L.M., Li, Z.R., & Wang, L.F. (2022): New centrifuge tube agar profile method to determine the allelopathic effects of plants. *Allelopathy Journal*, 55(2), 151-162.
43. Zimdahl, R.L. (1988). The concept and application of the critical weed-free period. In M.A. Altieri, & M. Liebman (eds.), *Weed Management in Agroecosystems: Ecological Approaches* (pp. 145-155). Boca Raton, FL: CRC Press.

10. OPLEMENJIVANJE SUNCOKRETA

Ivica Liović

Anto Mijić

Aleksandra Sudarić

Maja Matoša Kočar

10.1. POVIJEST OPLEMENJIVANJA SUNCOKRETA

Oplemenjivanje suncokreta na znanstvenim osnovama je započeto u Rusiji osnivanjem eksperimentalnih stanica u Kharkovu 1910., Krugliku 1912. i Saratovu 1913. (Pustovoit, 1964, cit. Fick i Miller, 1997). Stanicu Kruglik u Krasnodaru je osnovao i uspješno vodio Vasilij S. Pustovoit (Slika 10.1.), a kasnije je od te stanice nastao All-Russia Research Institute of Oil Crops (VNIIMK). Pustovoit je razvio jedan od najuspješnijih oplemenjivačkih programa suncokreta, temeljen na



Slika 10.1. Vasilij
Stepanovič Pustovoit

individualnoj selekciji i rezervi sjemena, kojim je povećao sadržaj ulja s početnih 28 – 32 % na preko 50 % (Goryunova i sur., 2019). U eksperimentalnoj stanici Saratov, Plachek je 1915. godine započeo proučavanje heterozisa radeći pokuse s inbridingom i kombinacijskim sposobnostima inbred linija (Plachek, 1930, cit. Škorić, 2012). Ipak, u to vrijeme heterozis nije imao praktičnu primjenu na velikim površinama jer je emaskulacija dvospolnih cvjetova radi hibridizacije bila iznimno fizički i vremenski zahtjevan posao.

U ranim 1920-im osnovani su veliki oplemenjivački centri suncokreta u Krasnodaru (VNIIMK), Rostovu na Donu, Kharkovu, Odesi, Armaviru i Saratovu. Prve metode oplemenjivanja suncokreta su bile masovna i individualna selekcija u postojećim lokalnim populacijama. Prva značajna ruska sorta suncokreta Saratovski 169 je sijana na površinama koje su prelazile milijun hektara. Ruske sorte suncokreta Peredovik, Armavirski 3497, Mayak, VNIIMK 8931, VNIIMK 6540, Smena i dr. imale su visok prinos zrna i sadržaj ulja, što je značajno doprinijelo širenju suncokreta kao kulture za proizvodnju ulja na sve kontinente (Škorić, 2012).

U ostalim dijelovima svijeta s oplemenjivanjem suncokreta započelo se nešto kasnije. U Argentini je oplemenjivanje počelo 1931., iako su ruski doseljenici donijeli suncokret u Argentinu još početkom 20. stoljeća (Bertero de Romano i Vázquez,

2003). U Kanadi je oplemenjivanje suncokreta službeno počelo 1937., a u SAD-u tek 1950. godine, iako su prva genetska istraživanja na suncokretu provedena upravo u SAD-u već 1912. godine (Fick i Miller, 1997).

Do prvih ispitivanja o praktičnoj primjeni heterozisa kod suncokreta došlo je 1940-ih godina, kada je utvrđeno povećanje prinosa zrna za 60 % kod hibrida u odnosu na sorte (Morozov, 1947, cit. Jocić i sur., 2015). Hibride suncokreta su prvi puta pokušali komercijalno koristiti u Kanadi 1950-ih godina, pri čemu su korištene inbred linije visoke samo-inkompatibilnosti kao majčinske linije hibrida (Putt, 1962). S obzirom na to da majčinske linije nisu bile potpuno samo-inkompatibilne, u sjemenskoj proizvodnji dobivalo se oko 50 % hibridnog sjemena.

Tijekom 1960-ih, otvoreni su brojni centri za oplemenjivanje suncokreta u Rumunjskoj, Bugarskoj, Jugoslaviji, Mađarskoj, Francuskoj itd. Istraživački rad je bio usmjeren prema stvaranju hibrida, radi iskorištenja pojave heterozisa tj. bujnosti koja nastaje križanjem genetski različitih samooplodnih homozigotnih (inbred) linija pri čemu se postiže stanje maksimalne heterozigotnosti alela.

Važan korak u komercijalnom korištenju hibrida suncokreta bilo je otkriće genetske muške sterilnosti. Leclercq (1966, cit. Jocić i sur., 2015) je otkrio da je gen za mušku sterilnost povezan s genom za antocijansku tj. ljubičastu obojenost hipokotila što je omogućilo praktičnu primjenu hibrida suncokreta u Francuskoj i Rumunjskoj 1970-ih godina. Na ovaj način omogućena je proizvodnja skoro 100 % hibridnog sjemena koje je imalo za 24 % veći prinos u odnosu na sorte. Prvi priznati hibrid ovog tipa je bio INRA6501 iz 1969. godine. Međutim, glavni nedostatak bila je skupa sjemenska proizvodnja koja je zahtijevala mnogo rada za uklanjanje fertilnih antocijan biljaka iz redova majčinskih biljaka i sterilnih zelenih biljaka iz redova biljaka očeva.

Korištenje heterozisa kod suncokreta počelo je s pronalaskom stabilnog izvora citoplazmatske muške sterilnosti (cms), koji je otkrio Leclercq (1969) križajući kultivirani suncokret s divljim *Helianthus petiolaris* i pronalaženjem restorer gena koji obnavljaju fertilnost kod hibridnih biljaka (Kinman, 1970). Prvi priznati hibridi na bazi cms-a bili su Fransol i Relax, koji su priznati 1974. u Francuskoj.

Veliki napredak u oplemenjivanju suncokreta napravila je Galina V. Pustovoit, koja je uvela interspecies hibridizaciju križajući divlji suncokret *Helianthus tuberosus* s kultiviranim suncokretom VNIIMK 8931 (Pustovoit i sur., 1976). Ovo je bilo značajno zbog unošenja gena otpornosti na plamenjaču suncokreta iz divljih formi u kultivirane sorte suncokreta.

Nakon ovih otkrića, intenziviran je rad na oplemenjivanju suncokreta u privatnim i javnim oplemenjivačkim centrima širom svijeta, što je omogućilo da suncokret postane važna uljna kultura u mnogim zemljama na svim kontinentima.

10.2. SORTE SUNCOKRETA

Sve do komercijalizacije uzgoja hibrida, u širokoj proizvodnji suncokreta korištene su

sorte. Tijekom povjesnog razvoja, u oplemenjivanju suncokreta za razvoj superiornih sorata, korištene su sljedeće metode selekcije: masovna selekcija i Pustovoitova metoda rezerve.

10.2.1. MASOVNA SELEKCIJA

Masovna selekcija je najstarija metoda selekcije u oplemenjivanju suncokreta. Uspješnost selekcijskog postupka ovisi o nekoliko činitelja: stupnju nasljednosti (heritabilnosti) svojstva na koje se obavlja selekcija, veličini uzorka odabranih biljaka, veličini interakcije genotip x okolina te djelovanju gena. Masovna selekcija je učinkovitija ako geni za svojstvo na koje se provodi selekcija imaju aditivno djelovanje (Borojević, 1981).

Masovna selekcija podrazumijeva odabir najboljih biljaka iz populacija na osnovu fenotipa (fenotipizacija), sjetvu sjemena odabranih biljaka zajedno te uzgoj u sljedećoj generaciji s ciljem dobivanja novih sorti.

Masovnu selekciju suncokreta prvi su koristili američki Indijanci koji su uzgajali genotipove različitog habitusa, boje (bijela, crna, antocijan, šarena) i veličine zrna (Heiser, 1976, cit. Marinković i sur., 2003). Krajem 19. stoljeća, masovnom selekcijom ruski seljaci stvorili su veliki broj lokalnih populacija poboljšanih proizvodnih svojstava. Prve sorte suncokreta, stvorene uz pomoć masovne selekcije, imale su veliku varijabilnost u dužini vegetacije i svojstvima zrna. Sorte dobro ispunjenog, zaobljenog zrna s tankom ljuskom i sadržajem ulja 20 – 30 % korištene su za proizvodnju ulja, a sorte velikog i dugog zrna s debljom ljuskom i sadržajem ulja 15 – 20 % za ljudsku prehranu. Nakon velikih šteta u proizvodnji uzrokovanih suncokretovim moljcem (*Homeosoma nebulella* Hb.) i volovodom (*Orobancha cumana* Wallr.), krajem 19. i početkom 20. stoljeća, masovnom selekcijom stvorene su sorte otporne na navedenog štetnika i parazita.

Početkom 20. stoljeća, u oplemenjivačkim stanicama suncokreta u Kubanu, Saratovu i Kharkovu bivšeg Sovjetskog Saveza, poboljšanom metodom masovne selekcije stvorene su sorte Kruglik A-41, Zhdanovsky 8281 i Saratovski 169, koje su kasnije uzgajane na preko milijun hektara. Unaprjeđenje metode masovne selekcije očitovalo se u samooplodnji biljaka odabranih iz populacije na osnovu fenotipa. Potomstva zasebno sijanog sjemena, koja su nastala samooplođnjom, praćena su tijekom vegetacije i nakon žetve, a prema procjeni ispitivanih svojstava, sjeme superiornih potomstava je posijano u smjesi u prostornoj izolaciji.

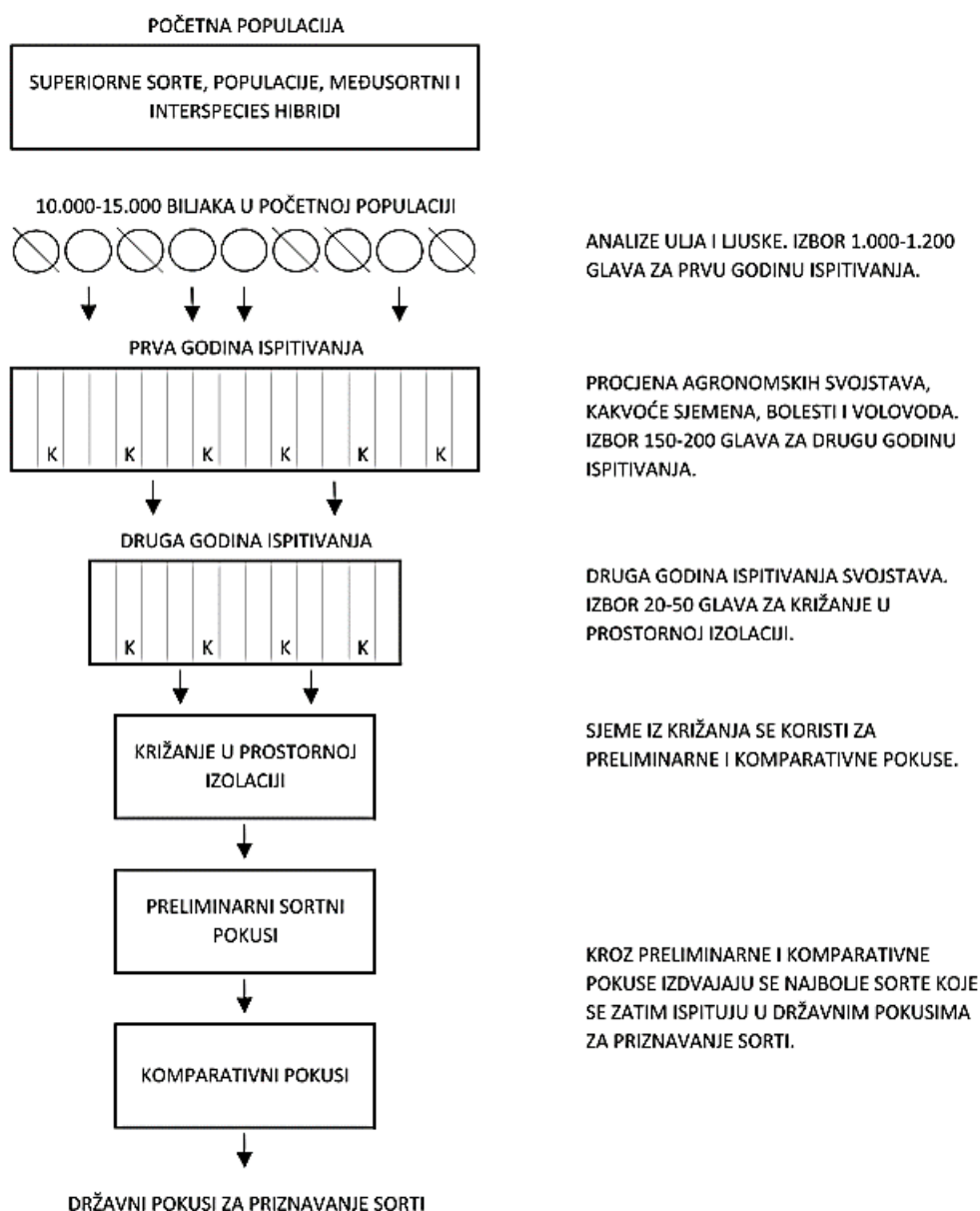
Iako se masovna selekcija kod suncokreta uspješno koristila za povećanje ranozrelosti, sadržaja ulja u zrnu i otpornosti prema bolestima i štetnicima, ovom metodom nije povećan prinos zrna.

10.2.2. PUSTOVOITOVA METODA REZERVE

Tijekom 1920-ih, V.S. Pustovoit je razvio vrlo uspješnu metodu oplemenjivanja suncokreta koja je nazvana Pustovoitova „metoda rezerve“ (Pustovoit, 1964, cit. Fick i Miller, 1997). Metoda je varijanta rekurentne selekcije koja uključuje procjenu vrijednosti elitnih biljaka suncokreta kroz potomstvo i međusobno križanje odabranih

najboljih (superiornih) linija (elitne linije).

Iz heterogene populacije suncokreta (lokalne i raširene sorte, sorte otporne na volovod, međusortni i interspecies hibridi), izabrano je 10 do 15 tisuća biljaka (Grafikon 10.1.). Tijekom vegetacije ocjenjen je izgled pojedinačnih biljaka (visina, promjer i položaj glave, zbijenost sjemena u glavi, otpornost na bolesti i štetnike), a nakon žetve prinos i svojstva zrna kao što su sadržaj ljuske i ulja.



Grafikon 10.1. Pustovoitova „metoda rezerve“ u oplemenjivanju suncokreta

U prvoj godini ispitivanja, posijano je 1.000 do 1.200 najboljih elitnih potomstava u dva ponavljanja. Svako potomstvo je posijano u jedan red, a u svaki treći red je posijana najbolja lokalna sorta kao kontrola (K). Ovakvim načinom sjetve, gdje je uz svaki red izabranog potomstva bio red kontrole, izbjegnut je veliki utjecaj heterogenosti tla. Tijekom vegetacije, potomstva su ocjenjena prema izgledu pojedinačnih biljaka (visina biljke, promjer i položaj glave, otpornost na bolesti i štetnike, zrioba) i prinosu zrna. Na prosječnim uzorcima zrna, iz redova odabranih biljaka, određeni su sadržaj ljuske i ulja, pancirnost ljuske, hektolitarska masa i masa 1.000 zrna.

Za drugu godinu ispitivanja posijano je 15 – 20 % najboljih potomstava iz prve godine. Odabrana potomstva su također posijana i u zaraženo polje nekom bolesti ili volovodom, ovisno o cilju oplemenjivanja suncokreta. Za sjetvu je korišteno sjeme elitnih biljaka iz rezerve jer su tijekom prethodne vegetacije izabrana potomstva međusobno križana i s odbačenim biljkama. Način rada, analizirana svojstva i procjene su kao i u prethodnoj godini.

Nakon druge godine ispitivanja, posijano je 20 – 50 najboljih biljaka, boljih od kontrole po prinosu zrna, sadržaju ulja, otpornosti prema bolestima i volovodu, u prostornu izolaciju radi međusobnog oprašivanja. Za sjetvu je korišteno sjeme elitnih biljaka iz rezerve, pri čemu je bio jako važan razmještaj pojedinih potomstava radi što boljeg međusobnog oprašivanja. Razmak između i unutar redova od 70 cm omogućio je dobar razvoj biljaka s velikom količinom sjemena u glavi. Ocjenjena je otpornost prema plamenjači, a kod biljaka nepovoljnih svojstava (bolesne, granate, previsoke, lomljive i sl.) uklonjene su glave prije cvatnje. Nakon žetve, sjeme pojedinačnih glava je ponovo analizirano na sadržaj ljuske i ulja, a sjeme najboljih biljaka je pomiješano i korišteno za novi ciklus selekcije, sortna ispitivanja i sjemensku proizvodnju.

U preliminarna sortna ispitivanja, posijane su najbolje linije iz polja kontroliranog oprašivanja i zaraženog polja, s lokalnom sortom kao kontrolom. Sjetvene parcele su imale 6 redova, a za obračun su služila srednja 4 reda površine 40 – 50 m². Posijana su 3 – 4 ponavljanja, a uz preliminarna ispitivanja, na zaraženoj parceli je ocjenjena otpornost odabranih linija na dominantne bolesti.

Najbolje linije iz preliminarnih ispitivanja, u pogledu proizvodnih svojstava i otpornosti prema bolestima, išle su u predsortna ispitivanja na više lokacija gdje se uzgaja suncokret. Od 6 posijanih redova, za obračun su korištena srednja 4 reda površine 80 – 100 m². Linije su posijane u 3 – 4 ponavljanja, a kao kontrola je korištena sorta iz široke proizvodnje. Za sjetvu preliminarnih i predsortnih ispitivanja korišteno je sjeme iz polja kontroliranog oprašivanja.

U komisiji za priznavanje sorti ispitivane su sorte, koje su u predsortnim ispitivanjima pokazale najbolje proizvodne rezultate i otpornost prema bolestima i štetnicima, sa standardnim sortama na različitim lokacijama u trajanju od 3 godine. Sorte koje su nakon ispitivanja imale veći prinos zrna, odnosno ulja i zadovoljavajuću otpornost prema bolestima i štetnicima, u odnosu na standardne sorte, priznate su kao nove sorte. Nakon priznavanja, umnaža se sjeme i uvodi se nova sorta u proizvodnju.

Glavni doprinos Pustovoitove metode rezerve je povećanje sadržaja ulja, s 30 – 33 %

prije korištenja ove metode na 51 % ulja u zrnu 1958. godine, kada je nastala sorta Peredovik koja je tijekom 1960-ih proširena u Sjevernoj Americi i zapadnoj Europi. Od tada je počeo uzgoj suncokreta kao uljne kulture širom svijeta. Također, značajni rezultati su postignuti obzirom na ranozrelost te otpornost prema bolestima i suncokretovu moljcu. U nastalim sortama značajno je povećana genetska varijabilnost pa su te sorte bile izvor otpornosti prema plamenjači, hrđi i ostalim bolestima suncokreta, novim rasama volovoda te početni materijal u selekciji inbred linija za stvaranje hibrida.

10.3. HIBRIDNI SUNCOKRETA

Hibridi se stvaraju radi iskorištavanja pojave heterozisa tj. bujnosti u F₁ generaciji (prvoj generaciji nakon križanja) pri čemu se dobije veći prinos zrna. Heterozis nastaje križanjem genetski različitih samooplodnih homozigotnih (inbred) linija pri čemu se postiže stanje maksimalne heterozigotnosti alela.

10.3.1. CILJEVI OPLEMENJIVANJA

Ciljevi oplemenjivanja suncokreta ovise o namjeni hibrida. Prema Jociću i sur. (2015), oplemenjivanje suncokreta je usmjereno na:

1. stvaranje uljnih hibrida visokog prinosa zrna i ulja, otpornih prema dominantnim bolestima i tolerantnim na sušu
2. stvaranje hibrida različitog sastava masnih kiselina i tokoferola
3. stvaranje hibrida povećanog sadržaja bjelančevina
4. stvaranje hibrida tolerantnih na neke grupe herbicida
5. stvaranje ukrasnih hibrida suncokreta.

10.3.1.1. Uljni hibridi suncokreta

Suncokret se uzgaja primarno radi proizvodnje ulja. Na količinu proizvedenog ulja najveći utjecaj ima prinos zrna, a zatim sadržaj ulja u zrnu. Zbog toga, uljni hibridi trebaju imati visok i stabilan prinos zrna i sadržaj ulja u određenim agroekološkim uvjetima (Krizmanić i sur., 2012; Mijić i sur., 2017; Liović i sur., 2021) te povoljan odnos masnih kiselina i tokoferola u ulju. Oplemenjivanjem se nastoje stvoriti hibridi koji će u različitim proizvodnim uvjetima imati prinos zrna iznad 5,5 t/ha i sadržaj ulja u zrnu preko 50 % (Krizmanić, 2012). Pored toga, hibridi trebaju biti otporni ili tolerantni prema dominantnim bolestima i štetnicima, volovodu i stresnim uvjetima proizvodnje kao što su visoke temperature zraka i suša (Markulj Kulundžić i sur., 2016) te atraktivni prema oprašivačima.

10.3.1.2. Hibridi suncokreta određene kakvoće ulja

Suncokretovo ulje se koristi u ljuskoj prehrani za kuhanje, pečenje i pripremu salata te za proizvodnju margarina i majoneza. Od suncokretovog ulja se proizvodi biodizel, različita ulja za podmazivanje, lakovi, boje, sapuni i proizvodi u kozmetičkoj industriji. Ovisno o namjeni, kakvoća ulja je određena sastavom masnih kiselina,

triglicerida, tokoferola i sterola. U prosjeku, standardno suncokretovo ulje sadrži 70 % linolne kiseline (C18:2), 20 % oleinske kiseline (C18:1), 4 – 9 % palmitinske kiseline (C16:0) i 1 – 7 % stearinske kiseline (C18:0). Tokoferoli su prisutni u 4 izomera kao α , β , γ i δ . U standardnom ulju dominira α -tokoferol (95 %), a u znatno manjim količinama su β -tokoferol (3 %) i γ -tokoferol (2 %) (Jocić i sur., 2015). U oplemenjivanju suncokreta na kakvoću ulja moguće je ići u tri smjera s obzirom na sastav viših masnih kiselina i to:

1. visoko oleinski tip (preko 80 % oleinske kiseline)
2. visoko linolni tip (preko 75 % linolne kiseline)
3. intermedijarni tip s poznatim odnosom viših masnih kiselina (Vratarić i Sudarić, 2004).

Prvu značajnu promjenu kakvoće suncokretovog ulja napravio je Soldatov (1976, cit. Škorić, 2004) koji je tretiranjem sorte VNIIMK 8931 s 0,5 %-tnom otopinom dimetil-sulfata dobio sortu Pervenec s 80 – 90 % oleinske kiseline u ulju. Oleinski tip ulja je 3 puta postojaniji od standardnog ulja, a kombiniranjem gena za visoki sadržaj oleinske kiseline i tokoferola dobije se 15 – 16 puta stabilnije ulje (Škorić, 2004).

10.3.1.3. Hibridi suncokreta povećanog sadržaja bjelančevina

U oplemenjivačkim programima suncokreta, koji su primarno usmjereni na povećanje ukupnih bjelančevina u zrnu, cilj je ostvariti povećanje do 40 %. S obzirom da je količina bjelančevina u pozitivnoj korelaciji s urodom zrna, moguće je postići povećanje količine bjelančevina kroz povećanje uroda zrna po jedinici površine, a da se postotak ne mijenja ili povećanjem postotka kod istih uroda. Selekcija na višu količinu bjelančevina u zrnu, rezultira smanjenjem količine ulja u zrnu zbog negativne povezanosti ovih svojstava. Količina bjelančevina proporcionalno je povezana s veličinom jezgre. Stoga, uporedo sa selekcijom na visoki sadržaj bjelančevina u zrnu, selekcija treba ići u smjeru izbora genotipova koji imaju što veću jezgru (Vratarić i Sudarić, 2004). U oplemenjivanju na ukupnu količinu bjelančevina od značaja je i aminokiselinski sastav jer on ukazuje na hranidbenu vrijednost bjelančevina. Posebno je važno povećanje esencijalne aminokiseline lizina. U cjelini, rezultat oplemenjivanja suncokreta na povećanu količinu bjelančevina su hibridi (proteinski suncokret) koji trebaju imati velika i ujednačena zrna s krupnom jezgrom, količinu bjelančevina u zrnu iznad 25 %, povećan sadržaj esencijalnih amino kiselina, a sadržaj ulja ispod 40 % uz povećanje stabilnosti ulja (visoko oleinski tip ulja). Zrna se trebaju lagano ljuštiti, a kakvoća zrna se treba održati tijekom dugotrajnog uskladištenja (Jovanović, 2001; Škorić i sur., 2006).

10.3.1.4. Hibridi suncokreta tolerantni na neke grupe herbicida

U populaciji divljeg suncokreta roda *Helianthus*, u američkoj državi Kansas (SAD) 1996. godine, pronađeni su geni otpornosti prema herbicidima iz grupe imidazolinona (Al-Khatib i sur., 1998) i sulfoniluree (Al-Khatib i sur., 1999). Zbog nedostatka djelotvornih herbicida za širokolisne korove s primjenom nakon nicanja, oplemenjivači suncokreta su radili na razvoju hibrida otpornih prema herbicidima iz grupe imidazolinona i sulfoniluree. Unošenjem gena otpornosti u roditeljske linije

omogućeno je dobivanje tolerantnih hibrida suncokreta prema herbicidima iz grupe imidazolinona (Miller i Al-Khatib, 2000; Jocić i sur., 2004) i sulfoniluree (Miller i Al-Khatib, 2004; Jocić i sur., 2008).

10.3.1.5. Ukrasni hibridi suncokreta

Kod oplemenjivanja ukrasnih hibrida suncokreta treba voditi računa o izgledu cijele biljke, boji jezičastih i cjevastih cvjetova te dužini cvatnje. Pored toga, cvjetovi trebaju biti sterilni, odnosno bez polena koji može izazvati alergiju kod osjetljivih osoba. Ovisno o namjeni, ukrasni hibridi se koriste kao rezano cvijeće, za uzgoj u vrtovima i parkovima te uzgoj u loncima (Miklić i sur., 2008).

10.3.2. STVARANJE HIBRIDA SUNCOKRETA

Proces stvaranja hibrida temelji se na primjeni citoplazmatske muške sterilnosti (cms), pri čemu je potrebno prvo stvoriti inbred linije, najčešće pedigree metodom, a zatim ispitati njihove kombinacijske sposobnosti i prevesti linije najboljih kombinacijskih sposobnosti u sterilnu i fertilnu formu s genima za obnovu fertilnosti. Nakon stvaranja roditeljskih komponenti, slijedi njihovo međusobno križanje radi pronalaženja najboljih hibridnih kombinacija.

10.3.2.1. Stvaranje inbred linija

Inbred linije nastaju kontinuiranom samooplodnjom tijekom šest ili više generacija pri čemu je važno da početni materijal ima što veću genetsku varijabilnost. Početni materijal za stvaranje inbred linija suncokreta mogu biti lokalne populacije, međusortni i interspecies hibridi, populacije dobivene planskim križanjima ili poboljšane rekurentnom selekcijom te komercijalne sorte i hibridi.

Prva ispitivanja samooplodnje suncokreta proveo je Corden 1920. godine na sorti Mammoth Russian (Jocić i sur., 2015). Najčešće korištene metode za stvaranje inbred linija su pedigree, bulk, potomstvo jednog sjemena, povratno križanje i rekurentna selekcija (Miller, 1987). Pedigree metodom se biraju pojedinačne biljke u razdvajajućim generacijama i prate do stvaranja inbred linija. U stvaranju inbred linija otpornih prema bolestima primjenjuje se kontrolirano zaražavanje početne populacije te ocjenjivanje zaraze opažanjem promjena na fenotipu zaraženih biljaka. Velika pozornost se poklanja i otpornosti na štetnike i volovod.

Prema pedigree metodi (Marinković i sur., 2003), sjeme prve generacije samooplodnje sije se u poseban red tzv. „glava na red“. Ovisno o cilju selekcije, glave najboljih biljaka suncokreta izoliraju se izolatorima, najčešće papirnatim vrećicama, neposredno prije cvatnje. Svaka glava se žanje i vrši posebno. U slijedećoj generaciji, odabrane biljke se također siju „glava na red“. Zbog samooplodnje dolazi do razdvajanja svojstava pa su zato potomstva vrlo različita. U ovoj i narednim generacijama samooplodnje ocjenjuju se duljina vegetacije, visina biljke, prinos sjemena po biljci, položaj glave, masa 1.000 sjemenki, sadržaj ljuske i ulja, otpornost prema bolestima i polijeganju, a po potrebi i ostala svojstva. Za daljnju sjetvu „glava na red“ koriste se najbolje biljke iz najboljih potomstava. U narednim generacijama

samooplodnje potomstva postaju ujednačenija, a razlike između različitih potomstava se povećavaju. Zbog samooplodnje pojavljuju se jako niske biljke, žućenje listova, albinizam i djelomična sterilnost kod nekih biljaka. Depresija uslijed samooplodnje (*inbreeding depression*) je izraženija za svojstva kao visina biljke, prinos sjemena i sl. Nakon šest generacija samooplodnje i izbora, negativno djelovanje samooplodnje prestaje, a dobivene linije su vrlo ujednačene za većinu svojstava i preko 98 % homozigotne.

10.3.2.2. Ispitivanje kombinacijskih sposobnosti

Nakon stvaranja novih inbred linija, potrebno je utvrditi koje će linije i u kojoj mjeri dati heterozis u F_1 generaciji. To se utvrđuje ispitivanjem kombinacijskih sposobnosti, koje mogu biti opća i specifična. Opća kombinacijska sposobnost (OKS) je prosječna vrijednost ponašanja neke inbred linije u križanjima s drugim linijama, a specifična kombinacijska sposobnost (SKS) je vrijednost jedne inbred linije u križanju s drugom linijom. Kombinacijske sposobnosti inbred linija se obično ispituju nakon četvrte generacije samooplodnje. OKS se obično ispituje u polycross ili topcross križanjima, a SKS u dialelnim križanjima.



Slika 10.2. Križanje cms i rf linije radi procjene kombinacijskih sposobnosti

Polycross metoda

Odabrane inbred linije za ispitivanje OKS siju se prostorno izolirane u 4 – 5 ponavljanja potpuno randomiziranog blokno sustava, što omogućava različite kombinacije križanja i dobivanje raznolikog potomstva pojedinačnih linija. OKS inbred linija se određuje na osnovu proizvodnih rezultata potomstava u komparativnim pokusima. Obzirom da je u stvarnim uvjetima teško provedivo da se svaka linija križa sa svakom linijom, ova se metoda rijetko koristi za ispitivanje OKS inbred linija suncokreta.

Topcross metoda

U slučaju topcross metode, za procjenu OKS novih inbred linija suncokreta, koristi se zajednički tester koji je najčešće sterilna (cms) linija (Slika 10.2.) dobre kombinacijske sposobnosti. Križanci odabranih linija sa zajedničkim testerom ispituju se slijedeće godine u komparativnim pokusima, a na osnovu rezultata određuje se OKS (Liović i sur., 2012). Za inbred linije koje su pokazale dobru OKS, iduće vegetacijske sezone u dialelnim križanjima utvrđuje se SKS.

Dialelna križanja

Metoda dialelnih križanja podrazumijeva križanja svake linije sa svakom linijom (Mijić i sur., 2008) te recipročna križanja. Zbog velikog broja kombinacija križanja, metoda nije pogodna za ispitivanje velikog broja linija. Osim za procjenu SKS, dialelna križanja se koriste za procjenu OKS te u genetskim istraživanjima za određivanje načina nasljeđivanja svojstava, broja gena koji kontroliraju svojstva i djelovanje gena (Jocić i sur., 2015).

10.3.2.3. Muška sterilnost

Muško sterilne biljke, kao majčinska komponenta, neophodne su za proizvodnju hibridnog sjemena suncokreta. Suncokret posjeduje tri tipa muške sterilnosti: genetska muška sterilnost, citoplazmatska muška sterilnost i citoplazmatsko-genetska muška sterilnost. Najkorisnija je citoplazmatska muška sterilnost.

Genetska muška sterilnost

Genetska muška sterilnost (gms) je posljedica djelovanja jednog ili više gena iz stanične jezgre. Izvori genetske muške sterilnosti (Leclercq, 1966; Vranceanu i Stoenescu, 1969; Kovačik, 1971; Burlov, 1972; Škorić, 1975, cit. Marinković i sur., 2003) imaju recesivni gen koji uvjetuje mušku sterilnost, a nalazi se na istom kromosomu s genom za boju hipokotila. U potomstvu tako nastaju muško sterilne biljke sa zelenom bojom hipokotila i muško fertilne biljke s antocijanom, odnosno ljubičasto obojenim hipokotilom. Zbog velikog utroška ručnog rada pri uklanjanju fertilnih biljaka iz redova majki i sterilnih biljaka iz redova oca u fazi nicanja, genetska muška sterilnost nije imala širu primjenu.

Citoplazmatska muška sterilnost

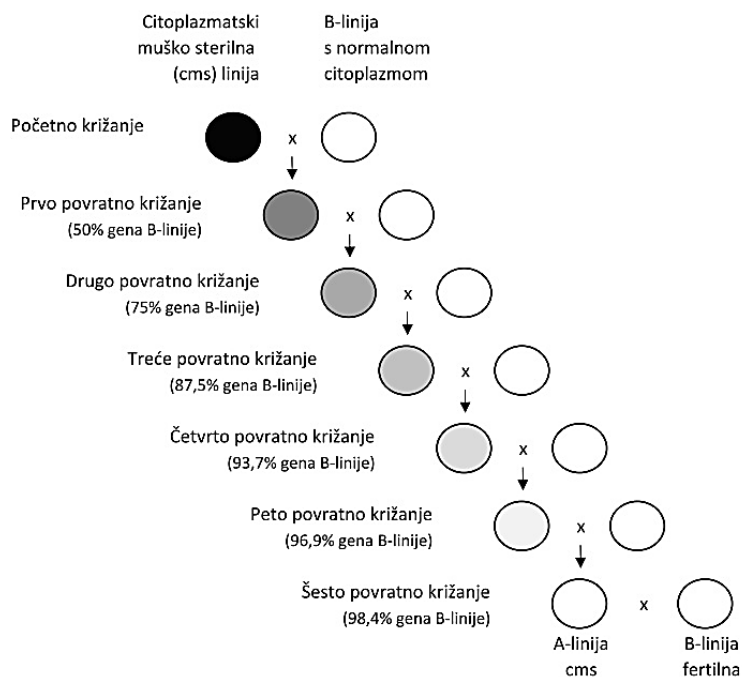
Citoplazmatska muška sterilnost (cms) je posljedica djelovanja plazmagenta iz citoplazme. Potomstvo nastalo križanjem takvih biljaka s muško fertilnim biljkama, koje ne sadrže gene za obnovu fertilnosti, biti će muško sterilno. Prema tome, ako želimo imati muško fertilno sjeme u potomstvu, trebamo u proizvodnji hibridnog sjemena suncokreta križati cms liniju, kao majčinsku komponentu, s muško fertilnom linijom koja ima *Rf* gene za obnovu fertilnosti, kao očinskom komponentom. Do sada je otkriven veliki broj izvora citoplazmatske muške sterilnosti, ali u svjetskim razmjerima proizvodnja hibrida suncokreta je bazirana samo na korištenju citoplazmatske muške sterilnosti koju je otkrio Leclercq (1969) križanjem *Helianthus petiolaris* Nutt. x *Helianthus annuus* L. (sorta Armavirski 9345).

Citoplazmatsko-genetska muška sterilnost

Ovaj tip muške sterilnosti nastaje djelovanjem faktora sterilnosti u jezgri i citoplazmi. Homozigotna muško sterilna (majčinska) linija ima genotip SS(S), a muško fertilna (očinska) linija FF(F). Proizvodnjom hibridnog sjemena, na majčinskoj liniji se dobije heterozigotno potomstvo genotipa FS(S) s fertilnim polenom. U sjemenskoj proizvodnji suncokreta ovaj tip muške sterilnosti također nije imao širu primjenu.

10.3.2.4. Restauracija fertilnosti

Sadašnji hibridi suncokreta nastaju križanjem citoplazmatski muško sterilne majčinske linije i muško fertilne linije polinatora s genima za obnovu fertilnosti (*Rf* – *restorer of fertility*) polena u F₁ generaciji. Vrlo brzo nakon otkrića pogodne muško sterilne citoplazme PET1 (Leclercq, 1969) za proizvodnju hibridnog sjemena, pronađeni su odgovarajući izvori dominantnog *Rf* gena za obnovu fertilnosti (Kinman, 1970; Enns i sur., 1970; Leclercq, 1971).



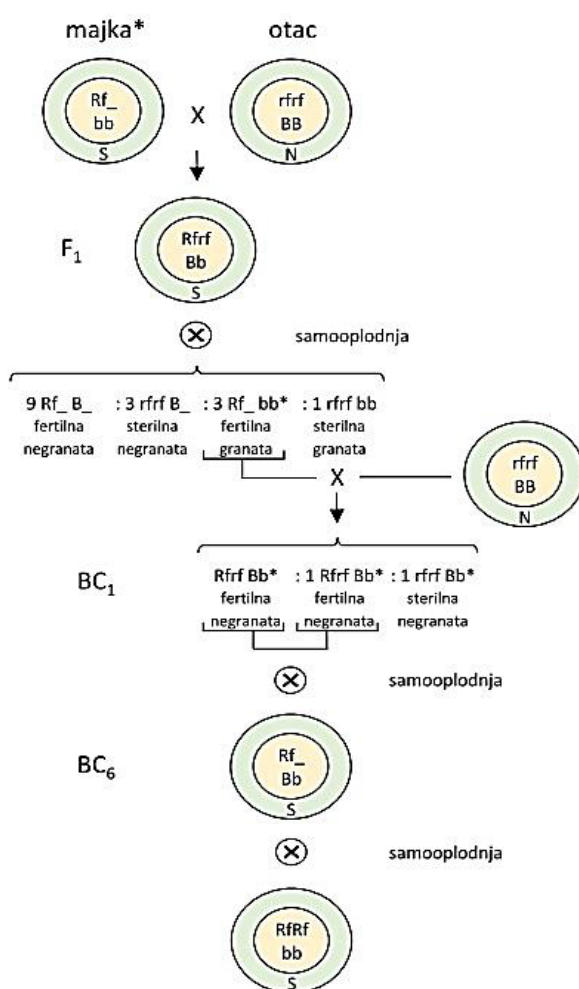
Grafikon 10.2. Prevođenje fertilne B-linije u citoplazmatski muško sterilnu (cms) liniju

10.3.2.5. Prevođenje i održavanje cms linija

Današnji hibridi suncokreta nastaju križanjem citoplazmatski muško sterilne (cms) linije, kao majčinske komponente, i citoplazmatski muško fertilne linije s genima za obnovu fertilnosti (*Rf*), kao očinske komponente. Majčinska komponenta, koja treba

biti citoplazmatski muško sterilna, nastaje povratnim križanjima donora cms-a s odabranom citoplazmatski muško fertilnom inbred linijom tj. recipijentom (Grafikon 10.2.). Povratna križanja potomstva s fertilnom inbred linijom provode se 6 – 7 puta, dok sterilni analog ne bude jednak fertilnoj liniji. Na kraju se dobije citoplazmatski muško sterilna A-linija, koja ima sva svojstva fertilne inbred linije, i fertilna B-linija koja služi kao održivač A-linije. U proizvodnji hibrida, A-linija se koristi kao majčinska komponenta.

Održavanje A-linije i B-linije provodi se sjetvom u prostornoj izolaciji. A sterilna i B fertilna linija siju se istovremeno po shemi 4 x 2 reda. Tijekom butonizacije i cvatnje uklanjaju se atipične i fertilne biljke iz redova sterilne A-linije te atipične biljke iz redova B-linije.



Grafikon 10.3. Prevođenje normalne negranate inbred linije suncokreta u restorer liniju s recesivnim grananjem, * biljke s uklonjenim polenom

10.3.2.6. Stvaranje i održavanje restorer linija

Restorer linije (R-linije), kao očinske komponente u proizvodnji hibridnog sjemena suncokreta, posjeduju *Rf* gene za obnovu fertilnosti citoplazme majčinske linije. U prošlosti, restorer linije su nastajale unošenjem *Rf* gena u odabrane inbred linije dobrih kombinacijskih sposobnosti uz pomoć povratnih križanja (Grafikon 10.3.), dok se danas koriste tzv. sintetičke restorer populacije nastale od linija s povoljnim agronomskim svojstvima, koje već posjeduju *Rf* gen u homozigotnom stanju. Uz povoljna agronomska svojstva i dobre kombinacijske sposobnosti, za restorer linije je važno i da imaju recesivno grananje tj. da budu granate što osigurava produžavanje trajanja cvatnje očinske komponente te dobivanje negranatog potomstva (Miklič i sur., 2011).

Stvorenu restorer liniju je potrebno održavati pri čemu se uklanjaju atipične biljke. Na posijanim biljkama restorer linije napravi se 200 – 300 samooplodnji, a tijekom cvatnje se nanosi polen na pojedinačne muško sterilne biljke. Nakon zriobe, posebno se požanju samooplođene biljke, a posebno njihovi križanci. Slijedeće godine se posiju križanci na selekcijskoj parceli, a sjeme iz samooplodnje u prostornoj izolaciji. Na osnovu rezultata križanaca, uklanjaju se biljke iz izolacije koje nemaju *Rf* gen u homozigotnom stanju, preostale biljke se ostave u slobodnoj oplodnji, a dobiveno sjeme se koristi kao linija polinator u proizvodnji hibrida ili za novi ciklus održavanja i umnažanja određene restorer linije (Marinković i sur., 2003).

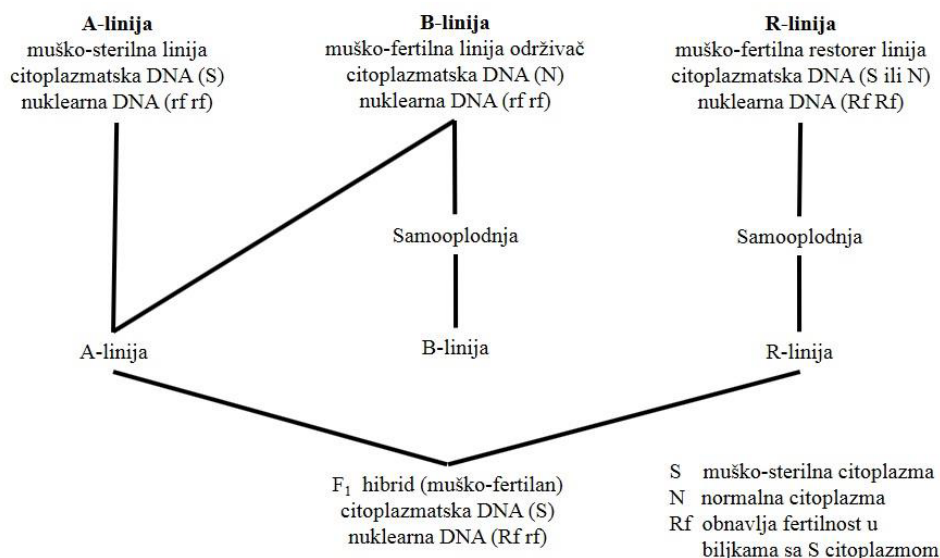
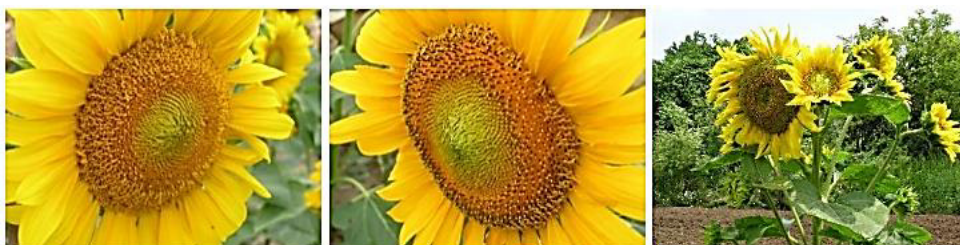
10.3.2.7. Dvolinijski i trolinijski hibridi suncokreta

Proizvodnja merkantilnog suncokreta u svijetu i Hrvatskoj temelji se na sjetvi hibridnog sjemena. Hibridi suncokreta nastaju križanjem:

1. dvije inbred linije ($A \times R$) – dvolinijski ili jednostruki (single cross, SC) hibrid (Slika 10.3.)
2. tri inbred linije ($A \times B$) $\times R$ – trolinijski (three way cross, TWC) hibrid.



Slika 10.3. Proizvodnja dvolinijskog hibrida suncokreta



Grafikon 10.4. Proizvodnja dvolinijskog hibrida suncokreta

U komercijalnoj proizvodnji se najviše koriste dvolinijski hibridi (Grafikon 10.4.) jer je njihova proizvodnja najisplativija zbog dobivanja hibrida u jednoj vegetacijskoj sezoni. Kod trolinijskih hibrida, u prvoj vegetacijskoj sezoni dobije se sterilan hibrid, koji u drugoj sezoni predstavlja majčinsku komponentu i križa se s trećom, očinskom inbred linijom.

Prednosti hibrida u odnosu na sorte vide se kroz korištenje povećane bujnosti potomstva F₁ generacije, odnosno heterozisa. Sam postupak proizvodnje hibrida je opširnije pojašnjen u poglavlju Sjemenarstvo suncokreta.

10.4. OPLEMENJIVANJE SUNCOKRETA U HRVATSKOJ

S oplemenjivanjem suncokreta u Hrvatskoj započelo se 1970-tih godina u Poljoprivrednom institutu Osijek. Prve aktivnosti su bile vezane uz prikupljanje populacija i sorti, primarno iz tadašnjeg SSSR-a, Argentine, SAD-a, Francuske, Rumunjske te drugih zemalja koje su imale razvijene oplemenjivačke programe. Cilj

je bio stvoriti široku genetsku osnovu divergentnog materijala suncokreta. Nakon otkrića izvora citoplazmatske muške sterilnosti i restauratora fertilnosti, koji su omogućili korištenje heterozisa tj. bujnosti F_1 generacije, kao izvorni materijal u oplemenjivačkom procesu korišteni su hibridi, sintetici, interspecies hibridi i drugi genetski izvori.

U okviru oplemenjivačkog programa suncokreta, u Poljoprivrednom institutu Osijek je stvoren obiman i kvalitetan selekcijski materijal, odnosno stotine samooplodnih linija. Usporedno s prikupljanjem selekcijskog materijala i stvaranjem samooplodnih linija, krenulo se s procjenom kombinacijskih sposobnosti linija. Različitim metodama konvergentnog i divergentnog križanja kreiran je veliki broj novih hibridnih kombinacija. Osim analize najvažnijih agronomskih svojstava novih hibridnih kombinacija, radila se i procjena njihove stabilnosti i adaptabilnosti. Rezultati rada su objavljeni u znanstvenim i stručnim časopisima te prezentirani na znanstvenim i stručnim skupovima.

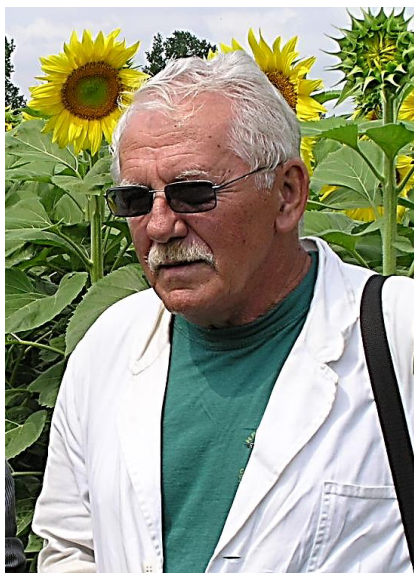
Osnovni pravac u oplemenjivačkom procesu je bilo stvaranje hibrida sa što većim prinosom ulja po jedinici površine, koji će taj nivo zadržati u različitim agroekološkim uvjetima. Radilo se o hibridima linolnog tipa ulja, tolerantnim na različite biotske i abiotske stresove, naglašeno bolesti, nedostatak vlage u zraku i tlu, tolerantnim na polijeganje itd.

Rezultati takvog rada su i priznati hibridi. Prvi priznati hibrid suncokreta, stvoren u Hrvatskoj, hibrid je Poljoprivrednog instituta Osijek pod imenom Osječanin, koji je priznat 1985. godine. Ovaj hibrid je ubrzo zauzeo značajno mjesto u sjetvi na tadašnjim kombinatima Slavonije i Baranje i seoskim gospodarstvima. U proizvodnji je ostvarivao prinose zrna 3 – 3,5 t/ha i prinose ulja 1,5 – 1,8 t/ha (Krizmanić, 2012). Tijekom Domovinskog rata, u vrlo teškim uvjetima, Poljoprivredni institut Osijek je na području istočne Slavonije organizirao sjemensku proizvodnju hibrida Osječanin i time osigurao dovoljne količine kvalitetnog sjemena za naše poljoprivredne proizvođače.

Početkom 1993. godine, Poljoprivrednom institutu Osijek priznata su tri nova hibrida suncokreta: Fakir, Orion i Olio. To su bili visokoprinosi hibridi, tolerantni na sušu, s naglašenim svojstvom dužine trajanja lisne mase (stay green) i tolerantni prema najznačajnijim bolestima suncokreta. Ovi hibridi su nekoliko godina u širokoj proizvodnji ostvarivali vrlo dobre proizvodne rezultate, često i preko 4 t/ha prinosa zrna sa zadovoljavajućim sadržajem ulja (preko 45 %).

U narednim godinama priznati su hibridi koji su imali manju komercijalnu vrijednost: Sunce, Slavonac, Podravac (priznati 1994.), Miro, Gordan, Šokac (priznati 1995.) te Favorit (priznat 1999.).

Kontinuirani rad na genetskom unapređenju linija i hibrida suncokreta rezultirao je novom generacijom hibrida: Apolon (priznat 2001.), Luka (priznat 2010.) i Matej (priznat 2016.). Ono što odlikuje ove hibride, pored visokih i stabilnih prinosa zrna (preko 4,5 t/ha), vrlo visoke prilagodljivosti različitim agroekološkim uvjetima (široka adaptabilnost) te tolerantnost na biotski i abiotski stres je i visok sadržaj ulja (preko 50 %), što je potvrđeno u mreži mikro i makropokusa kroz duži niz godina.



Slika 10.4. Dr. sc. Miroslav Krizmanić

Osim hibrida priznatih u Republici Hrvatskoj, Poljoprivrednom institutu Osijek su priznata dva hibrida u Slovačkoj i dva u Bosni i Hercegovini.

Nemjerljiv doprinos u oplemenjivanju suncokreta, na nacionalnoj razini, ostavilo je dvoje znanstvenika Poljoprivrednog instituta Osijek.

Dr. sc. Marija Vratarić, dugogodišnja predstojnica Odjela za oplemenjivanje i genetiku industrijskog bilja, svoju ulogu je odigrala u samim počecima oplemenjivanja suncokreta u Poljoprivrednom institutu Osijek sudjelujući u prikupljanju izvornog materijala, razmjeni elitnih linija s drugim institucijama, stvaranju prvih hibrida, prikupljanju literature, objavi radova itd.

Dr. sc. Miroslav Krizmanić (Slika 10.4.) je svoj radni vijek u najvećoj mjeri posvetio suncokretu. Bio je vrstan oplemenjivač, koji je od sjetve do žetve boravio na polju, često i izvan radnog vremena. Pored stvaranja velike kolekcije samooplodnih linija i priznatih hibrida, napisao je veliki broj znanstvenih i stručnih radova, dijelova sveučilišnih knjiga, a nezaboravna su njegova predavanja na znanstvenim i stručnim skupovima. Kao vrsnog poznavatelja proizvodnje suncokreta iznimno su ga cijenili poljoprivrednici i kolege agronomi.

Na suncokretu se u manjoj mjeri radilo u Poljoprivrednom centru Hrvatske i u tvrtki Suncokret sjemenarstvo d.o.o. (Krizmanić, 2012).

10.5. MOLEKULARNO OPLEMENJIVANJE SUNCOKRETA

Brzi porast stanovništva svijeta i klimatske promjene nameću potrebu za uzgojem poljoprivrednih kultura koje ostvaruju veće prinose, a tolerantne su prema abiotским i biotskim stresovima. S obzirom na opsežnost i dugotrajnost posla u okviru konvencionalnih metoda oplemenjivanja koje se temelje na fenotipizaciji, kako bi oplemenjivački programi suncokreta zadržali konkurentnost na tržištu, nužno je da u svoje programe integriraju moderne oplemenjivačke tehnologije, među kojima je i molekularno oplemenjivanje.

Kvantitativna svojstva su pod velikim utjecajem okoline pa zato fenotip nije pouzdan pokazatelj genotipa takvih svojstava. Radi pouzdanijeg izbora biljaka započeta je potraga za jednostavnim markerima koji bi se koristili za indirektnu selekciju. U

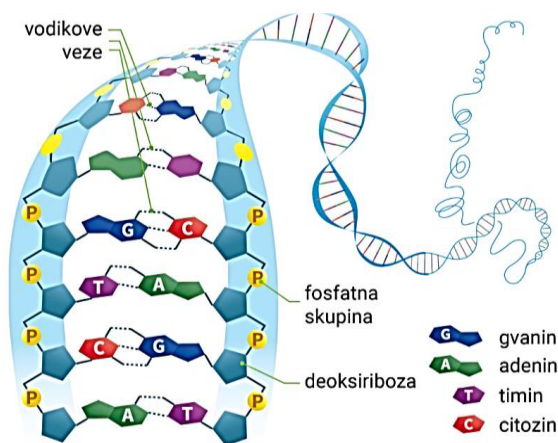
početku su to bili morfološki markeri, a danas se koriste molekularni ili DNA markeri koji omogućuju identifikaciju i kartiranje željenih gena i učinkovitu indirektnu selekciju pojedinih svojstava biljaka. Molekularnim markerima se identificiraju područja genoma koja kontroliraju određena svojstva biljaka, čime se olakšava izbor na osnovu markera za određeno svojstvo (Pejić, 2022).

Pouzdanost indirektne selekcije ovisi o jačini veze između markera i gena za određeno svojstvo pa prema tome molekularni markeri koji su čvrsto povezani s genom željenog svojstva mogu se koristiti za selekciju uz pomoć markera (*Marker Assisted Selection*, MAS). Za uspješno korištenje molekularnih markera u oplemenjivanju bilja potrebni su jeftini markeri prilagođeni korisnicima te visoko propusna genotipizacija. Korištenjem molekularnih markera prevladavaju se nedostaci tradicionalnog oplemenjivanja bilja što na kraju dovodi do napretka u biljnoj proizvodnji.

Prema tome, molekularno oplemenjivanje podrazumijeva oplemenjivanje uz pomoć molekularnih markera i definira se kao primjena biotehnologije, posebno molekularnih markera, u kombinaciji s kartama povezivanja i genomikom, za poboljšanje biljnih svojstava na temelju genotipskih analiza (Fernández-Martínez i sur., 2009; Jiang, 2013). Molekularno oplemenjivanje uključuje selekciju uz pomoć markera, povratno križanje uz pomoć markera, rekurentnu selekciju uz pomoć markera i selekciju cijelog genoma ili genomsku selekciju (Ribaut i sur., 2010).

U prenošenju svojstava s roditelja na potomstvo, osnovnu ulogu imaju geni koji sadrže sve upute za izgradnju i funkcioniranje novog organizma, a redoslijedom baza kodiraju sintezu regulatornih (enzimskih) i građivih bjelančevina u stanicama. Geni su sastavni dijelovi većih molekula kao što su deoksiribonukleinska kiselina i ribonukleinska kiselina.

Deoksiribonukleinska kiselina (*deoxyribonucleic acid*, DNA) je u obliku dvostruke spiralne zavojnice (Slika 10.5.), a nalazi se u kromosomima. DNA je izgrađena od velikog broja nukleotida, koji se sastoje od šećera deoksiriboze, fosfatne skupine i dušičnih baza, koje mogu biti gvanin (G), adenin (A), timin (T) i citozin (C).



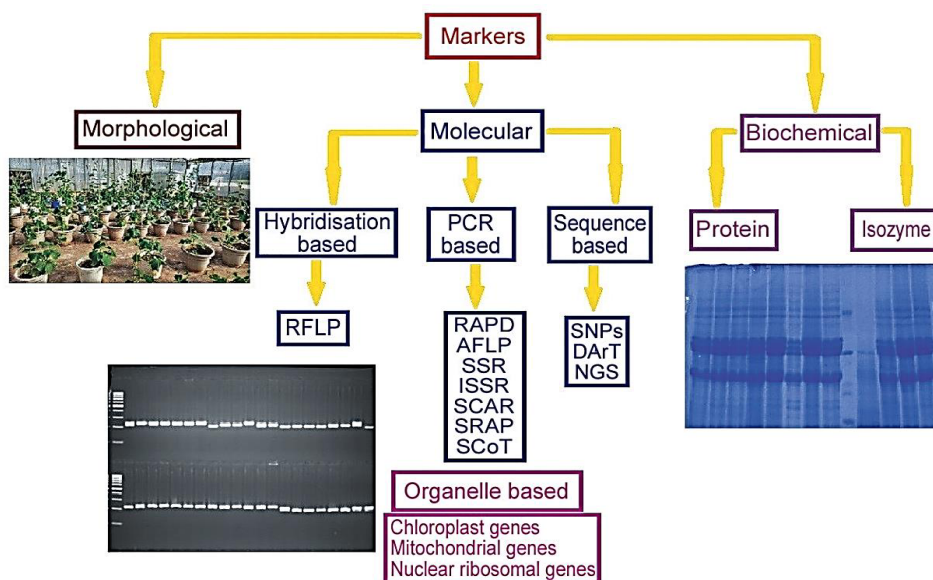
Slika 10.5. Građa deoksiribonukleinske kiseline

Različiti oblici gena zovu se aleli, koji su rezultat različitih nukleotida u genu, a djeluju na slijed amino kiselina u bjelancevini što može utjecati na fenotip. Ako je slijed nukleotida u genu, naslijeđen od oba roditelja jednak, individua je homozigotna za to svojstvo. U slučaju različitog slijeda nukleotida u genu jednog od roditelja, govori se o heterozigotnoj individui.

10.5.1. GENETSKI MARKERI

Genetski markeri su polimorfna obilježja koja se mogu lako i pouzdano pratiti u razdvajajućim generacijama (Singh i Singh, 2015). Prema Nadeem i sur. (2018), genetski marker je gen ili DNA sekvenca s poznatim mjestom na kromosomu koji kontrolira određeno svojstvo. Genetski markeri su usko povezani s određenim genom i djeluju kao njegova oznaka.

Ovisno o položaju markera u odnosu na gen, markeri mogu biti vezani ili direktni. Vezani markeri se nalaze vrlo blizu gena, a direktni markeri su dio gena od interesa. S direktnim markerima je lakše raditi, ali ih je teže pronaći u odnosu na vezane markere.



Slika 10.6. Sustavni pregled različitih vrsta markera

Genetski markeri se koriste za opis, zaštitu i čuvanje genetskih izvora, označavanje i kartiranje gena ili lokusa kvantitativnih svojstava (*Quantitative Trait Loci*, QTL), kartiranje genoma, izradu i analizu karata povezivanja, selekciju uz pomoć markera, identifikaciju patogenih rasa i biotipova, izbor roditelja za križanja, predviđanje heterozisa u križanjima, identifikaciju hibrida, ispitivanje genetske čistoće sjemena, u sistematici i populacijskoj genetici itd. (Šatović, 1999; Vasić, 2004; Singh i Singh, 2015).

Prema Dar i sur. (2019), genetske markere možemo grupirati u morfološke, biokemijske i molekularne ili DNA markere (Slika 10.6.).

10.5.1.1. Morfološki markeri

Morfološki markeri su svojstva koja se mogu vizualno razlikovati kao što su oblik lista, boja cvijeta ili ploda, oblik ploda, visina stabljike itd. Ovi markeri su prvi korišteni, a predstavljaju genetski polimorfizam koji je lako identificirati. Nedostaci ovih markera je njihov manji broj zbog ograničenog broja morfoloških svojstava, ovisnost o razvojnoj fazi biljke te ograničenost njihove primjene zbog utjecaja okoline na biljku (Sudarić i sur., 2011).

Morfološki markeri se koriste u oplemenjivačkim programima suncokreta radi fenotipskog izbora poželjnih biljaka tijekom hibridizacije, za opisivanje materijala u kolekcijama germplazme (gen bankama) te tijekom priznavanja novih hibrida suncokreta kroz provođenje DUS ispitivanja (UPOV, 2000).

10.5.1.2. Biokemijski markeri

Biokemijski markeri uključuju rezervne i funkcionalne bjelančevine (izoenzime). Izoenzimi ili izozimi su različiti oblici enzima koji imaju jednaku katalitičku funkciju, a kodirani su različitim genima. Uporabu bjelančevina kao markera omogućavaju razlike u nabojima ili veličini zbog različitog aminokiselinskog sastava, a različita elektroforetska pokretljivost izoenzima i rezervnih bjelančevina je vidljiva na gelu.

Biokemijski markeri su kodominantni, mogu se analizirati na različitim biljnim dijelovima, ne ulaze u epistatičke reakcije s ostalim gen markerima i na njihovu ekspresiju ne utječe okolina. Nedostaci biokemijskih markera su njihov ograničen broj, dugotrajnost postupka i metode bojanja koje su specifične za svaki enzim.

U oplemenjivanju suncokreta, biokemijski markeri su korišteni za procjenu heterozisa (Tersac i sur., 1994), genetske varijabilnosti (Palomo i sur., 1999; Poverene i sur., 2004) te za određivanje genetske čistoće roditeljskih linija i hibrida (Nikolić i sur., 2008; Taški-Ajduković i sur., 2010).

10.5.1.3. Molekularni ili DNA markeri

Molekularni ili DNA markeri su pokazatelji genetskih promjena u sekvenci DNA. Za učinkovito korištenje, DNA markeri trebaju biti polimorfni, ravnomjerno raspoređeni po cijelom genomu, kodominantni u ekspresiji, jednostavni i jeftini za korištenje uz malu količinu potrebne DNA za analize (Mondini i sur., 2009; Sudarić i sur., 2010).

U odnosu na ostale markere, DNA markeri imaju prednost jer su visoko polimorfni, veliki broj markera je ravnomjerno raspoređen po cijelom genomu i nisu pod utjecajem okoline (Byrne i Richardson, 2005; Jiang, 2013).

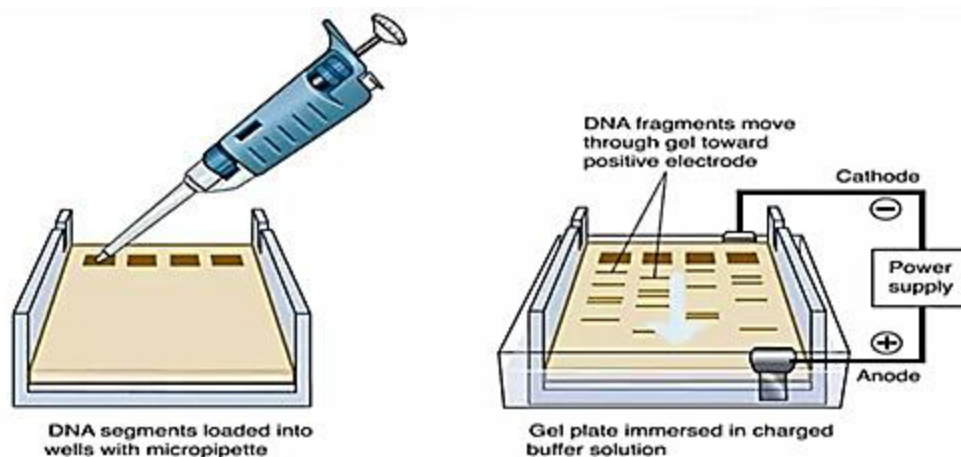
Detekcija DNA markera, tj. genotipizacija, treba biti jednostavna, laka, brza, jeftina, podložna automatizaciji i imati visoku propusnost. Nadalje, za genotipizaciju bi trebala biti potrebna mala količina DNA, a pogreške u genotipizaciji trebale bi biti blizu nule (Singh i Singh, 2015).

Prema načinu detekcije, DNA markeri su razvrstani u tri grupe: (1) markeri temeljeni na hibridizaciji, (2) markeri temeljeni na PCR (*Polymerase Chain Reaction*) i (3) markeri temeljeni na DNA sekvenciranju (Dhutmal i sur., 2018; Dar i sur., 2019).

Kod markera temeljenih na hibridizaciji i PCR, polimorfizam DNA sekvence se detektira elektroforezom (Slika 10.7.) na osnovu veličine i mobilnosti dijelova DNA, a kod markera temeljenih na sekvenciranju koriste se tehnike hibridizacije DNA kombinirane s označenim nukleotidima.

Markeri temeljeni na hibridizaciji

RFLP markeri (*Restriction Fragment Length Polymorphism*) su bili prvi molekularni markeri korišteni za prepoznavanje genetske varijabilnosti organizama (Southern, 1975). Uporaba RFLP markera temelji se na polimorfizmu dužine restrikcijskih dijelova odnosno na sposobnosti restrikcijskih enzima (endonukleaza) da prepoznaju i sijeku molekule DNA na točno određenom mjestu. Polimorfizam genomske DNA je nakon toga moguće detektirati prema različitim dužinama dijelova koji su posljedica varijabilnosti u rasporedu i broju restrikcijskih mjesta koje endonukleaze prepoznaju.



Slika 10.7. Oprema za elektroforezu

RFLP markeri su kodominanti i lako se uočavaju na uzorku DNA bez obzira na vrstu tkiva ili razvojni stadij biljke, a rezultati su pouzdani i ponovljivi.

Zbog velikog broja i dugih dijelova DNA, bilo je teško odrediti pojedine dijelove DNA povezane sa svojstvom od interesa na gelu elektroforeze. Iako nije potrebno poznavati sekvencu DNA, sama metoda je zahtjevna i skupa, iziskuje dosta vremena te velike količine izdvojene DNA visoke kakvoće.

U oplemenjivanju suncokreta, RFLP markeri su korišteni za istraživanje i identifikaciju citoplazmetske muške sterilnosti (Crouzillat i sur., 1991, 1994), analizu genetske srodnosti inbred linija (Berry i sur., 1994; Gentzbittel i sur., 1994), procjenu varijabilnosti inbred linija (Zhang i sur., 1995), izradu genetskih karata (Berry i sur.,

1995; Gentzbittel i sur., 1995) i kartiranje gena otpornosti prema plamenjači (Mouzeyar i sur., 1995; Gedil i sur., 2001).

Markeri temeljeni na PCR

PCR (*Polymerase Chain Reaction*, lančana reakcija polimeraze) je brza i jednostavna metoda umnažanja određenog dijela DNA kako bi se od vrlo male količine proizvela veća količina DNA koja je potrebna za istraživanje (Mullis, 1990). Za umnažanje DNA potrebni su izvor nukleotida (A, T, C i G), DNA polimeraza (enzim za sintezu), kratka RNA molekula (početnica ili prajmer), DNA koja će se umnažati i pogodni uvjeti za reakciju (pH, temperatura). Osnovni princip metode je omeđivanje ciljanog dijela DNA molekule početnicama, tj. kratkim oligonukleotidnim sekvencama koje su komplementarne krajevima DNA od interesa. Početnice zatim pokreću niz reakcija pomoću enzima DNA polimeraze pri čemu dolazi do sinteze novih dijelova DNA lanaca komplementarnih s ciljanim dijelom DNA molekule.

RAPD markeri (*Randomly Amplified Polymorphic DNA*) se temelje na PCR reakciji pomoću jednostavne i kratke (10 nukleotida) slučajno odabrane početnice pri čemu se polimorfizam genomske DNA detektira preko dužine dijelova DNA koji su rezultat reakcije. Dobiveni dijelovi DNA se razdvoje elektroforezom na agaroznom gelu, koji se zatim oboji etidium bromidom, a polimorfizam je vidljiv preko prisustva ili odsustva određenih traka na gelu.

Primjena RAPD markera je brza, jednostavna i relativno jeftina, a za rad je dovoljna i manja količina DNA. Ipak, RAPD markeri ne mogu razlikovati heterozigote od homozigota, a njihova uporaba ovisi o PCR aparatu, uvjetima reakcije i kvaliteti kemikalija što može dovesti do problema u interpretaciji rezultata tj. imaju slabu pouzdanost i nedovoljnu ponovljivost.

U oplemenjivanju suncokreta, RAPD markeri su korišteni za kartiranje gena otpornosti prema plamenjači (Mouzeyar i sur., 1995; Panković i sur., 2004), kartiranje gena za obnovu fertilnosti polena (Horn i sur., 2003) i procjenu genetske različitosti (Miladinović i sur., 2014).

AFLP markeri (*Amplified Fragment Length Polymorphisms*) se temelje na kombinaciji uporabe restrikcijskih enzima (endonukleaza) i selektivnog umnažanja u lančanoj reakciji s polimerazom pri čemu je polimorfizam genomske DNA detektiran preko dužine dijelova DNA nakon isjecanja i umnažanja. Elektroforezom na agaroznom ili poliakrilamid gelu i bojanjem s AgNO_3 postaju vidljivi dijelovi DNA na gelu.

AFLP markeri imaju visoku razlučivost i visoku razinu polimorfizma, a rezultati su ponovljivi. Ovi markeri ne razlikuju homozigote od heterozigota, neravnomjerno su raspoređeni po genomu, metoda je skupa i tehnički zahtjevnija u odnosu na metodu RAPD markera, a zbog komigracije može doći do problema u interpretaciji elektroforetskog profila.

U oplemenjivanju suncokreta, AFLP markeri su korišteni za izradu genetske karte (Gedil i sur., 2001; Langar i sur., 2003), procjenu genetske različitosti (Quagliaro i

sur., 2001; Dong i sur., 2007) i kartiranje *Rf-PET2* gena za obnovu fertilnosti polena (Sajer i sur., 2020).

SSR markeri (*Simple Sequence Repeats*) ili mikrosateliti su ponavljajuće jedinice od dva do šest nukleotida DNA koji se nalaze na cijelom genomu organizma. Njihova primjena se temelji na umnažanju kratkih dijelova DNA u kojima se svojstvena sekvenca ponavlja, a polimorfizam genomske DNA se detektira preko broja ponovljenih kratkih sekvenci nakon umnažanja u PCR reakciji uz pomoć početnica koje ograničavaju lokus satelitske DNA (Sudarić i sur., 2011).

Jedna od najvažnijih osobina mikrosatelitnih lokusa je visoka razina alelne varijacije, što ih čini vrijednim genetskim markerima. Nakon umnažanja dijelova DNA, pomoću specifičnih početnica u PCR reakciji, elektroforezom se razdvoje, a fluorescentnim označavanjem ili bojanjem srebrom postanu vidljivi na gelu. SSR markeri su jako korisni jer su visoko polimorfni, kodominantni i ravnomjerno raspoređeni po cijelom genomu. Nedostaci primjene ovih markera su da je potrebno poznavanje sekvence DNA koju omeđuju mikrosatelitni lokusi radi konstrukcije početnica koje su specifične ovisno o vrsti i ako ne postoje potrebno ih je razviti što je vrlo skupo.

U oplemenjivanju suncokreta, SSR markeri su korišteni za izradu karte genoma (Tang i sur., 2002), procjenu genetske različitosti (Filippi i sur., 2015; Morsi i sur., 2020), kartiranje gena za nuklearnu mušku sterilnost (Chen i sur., 2006), visoki sadržaj stearinske kiseline (Pérez-Vich i sur., 2006), otpornost prema volovodu (Imerovski i sur., 2013), otpornost prema hrđi (Bulos i sur., 2014; Qi, Ma i sur., 2015), otpornost prema peronospori (Qi i sur., 2016; Zhang i sur., 2017), kombiniranje otpornosti prema hrđi i plamenjači (Qi i Ma, 2020) i QTL kartiranje gena otpornosti prema pepelnici (Kallamadi i Mulpuri, 2020).

ISSR markeri (*Inter-Simple Sequence Repeats*) su dijelovi DNA dužine 200 do 2.000 parova baza koji se nalaze između jednakih, suprotno orijentiranih, mikrosatelitnih ponavljajućih područja. ISSR markeri su nasumično raspoređeni po cijelom genomu, a umnažaju se lančanom reakcijom polimeraze pri čemu se kao početnice koriste oligonukleotidi jednostavnih ponavljajućih sekvenci. Dominantni su DNA markeri i imaju manju ponovljivost, ali za konstrukciju početnica nije potrebno prethodno znanje o DNA sekvencama (Nadeem i sur., 2018).

ISSR markeri su korišteni u oplemenjivanju suncokreta za analizu genetske divergentnosti populacija volovoda s ciljem razvoja otpornosti suncokreta (Duca i sur., 2020) te u oplemenjivanju na stres izazvan sušom (Darbani i sur., 2020).

SCAR markeri (*Sequence Characterized Amplified Region*) su kodominantni markeri koji čine umnožena područja svojstvene sekvence. Tehnologija se temelji na kloniranju i sekvencioniranju krajeva umnoženih PCR sekvenci, što omogućava stvaranje oligonukleotidnih početnica (Nadeem i sur., 2018). Polimorfizam se uočava kao prisustvo ili odsustvo trake ili razlike u veličini amplificiranog dijela DNA (Šatović, 1999).

SCAR markeri su korišteni u oplemenjivanju suncokreta, u istraživanju otpornosti na hrđu (Lawson i sur., 1998; Qi i sur., 2011), volovod (Lu i sur., 1999), plamenjaču

(Brahm i sur., 2000) te kartiranje *Rfl* gena (Markin i sur., 2017; Horn i sur., 2019).

Markeri temeljeni na sekvenciranju

DNA sekvenciranje je metoda određivanja točnog redoslijeda baza (A, T, C i G) u određenom dijelu DNA. Razvojem metoda molekularne biologije i tehnologije, sekvenciranje DNA je prošlo nekoliko razvojnih faza (Heather i Chain, 2016).

Prva generacija DNA sekvenciranja je bila sredinom 1970-ih godina kada se sekvenciranje provodilo elektroforezom na poliakrilamid gelu. Korištena su dva protokola: sustav 'plus i minus' (Sanger i Coulson, 1975) i tehnika kemijskog cijepanja (Maxam i Gilbert, 1977). Značajan napredak su napravili Sanger i sur. (1977) s razvojem dideoksi tehnike koja se zbog točnosti i jednostavnosti uporabe najčešće koristila za sekvenciranje DNA u narednim godinama. Uređaji za sekvenciranje DNA prve generacije su mogli čitati sekvence duljine nešto manje od jedne kilobaze (kb).

Za sekvenciranje DNA druge generacije koristili su se nemodificirani nukleotidi, a postupak se provodio u stvarnom vremenu, bez uporabe elektroforeze.

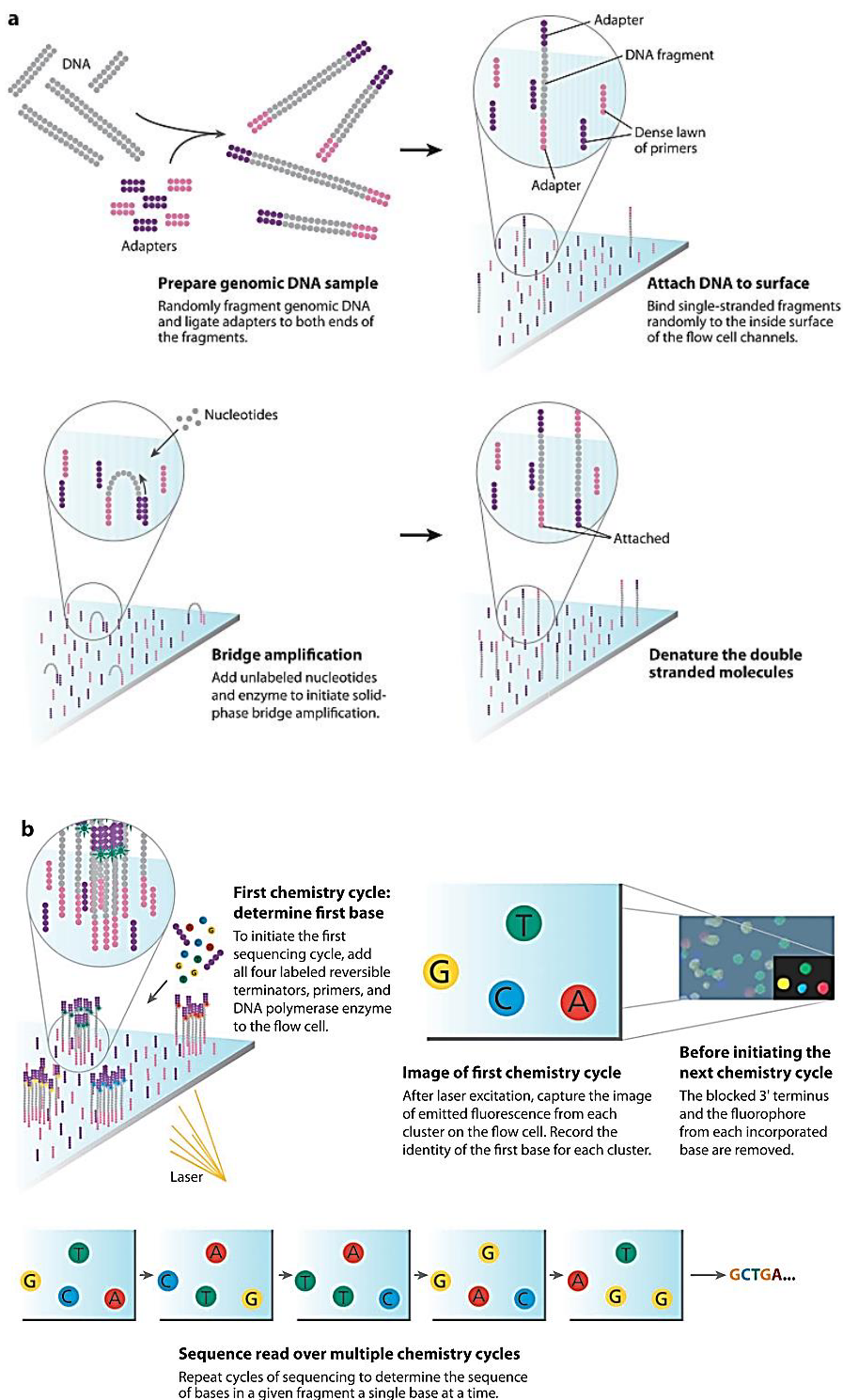
Roche/454 FLX Pyrosequencer radi na principu da svaka ugradnja nukleotida pomoću DNA polimeraze rezultira oslobađanjem pirofosfata, koji pokreće niz reakcija koje u konačnici proizvode svjetlost djelovanjem enzima luciferaze. Pri tome se mjeri količina proizvedene svjetlosti koja je proporcionalna broju ugrađenih nukleotida.

Illumina/Solexa Genome Analyzer omogućuje amplifikaciju dijelova DNA u obliku mosta i koristi DNA polimerazu za proizvodnju višestrukih kopija DNA ili klastera. Svaki klaster sadrži približno milijun kopija izvornog dijela DNA, što je dovoljno za detekciju ugrađenih baza tijekom sekvenciranja (Slika 10.8.).

Applied Biosystems SOLiD™ Sequencer (Sequencing by Oligonucleotide Ligation and Detection) je tehnologija koja koristi knjižnicu dijelova vezanih adapterom i emulzijski PCR pristup s malim magnetskim zrcima za amplifikaciju dijelova za sekvenciranje. Za razliku od drugih tehnologija, SOLiD koristi DNA ligazu i jedinstveni pristup sekvenciranju amplificiranih dijelova.

Za treću generaciju DNA sekvenciranja nije potrebna amplifikacija DNA, a sekvencirane su pojedinačne molekule (*Single Molecule Sequencing*, SMS) u stvarnom vremenu (Heather i Chain, 2016). Korištene su tehnologije *Heliscope™* Single Molecule Sequencer, Single-Molecule Real-Time (SMRT™) Sequencer i Oxford Nanopore Technology. Ove tehnologije su sposobne očitati dulje sekvence uz veću propusnost i točnost s nižim troškovima (Thudi i sur., 2012).

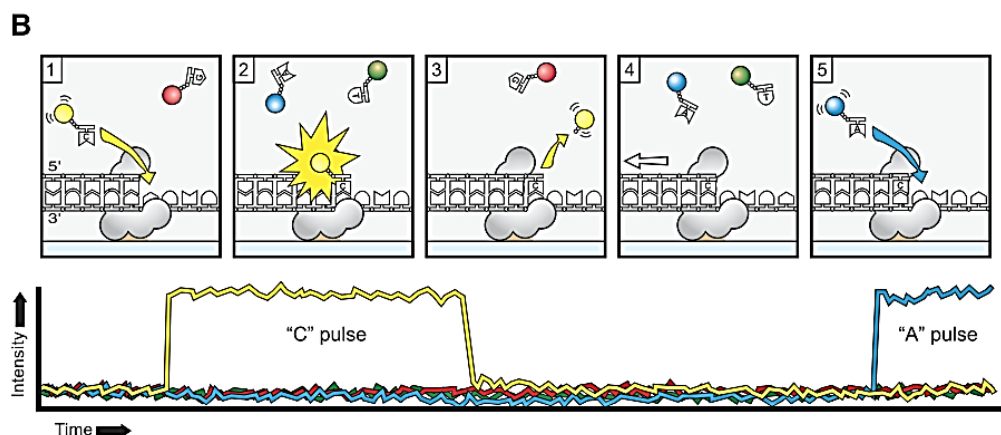
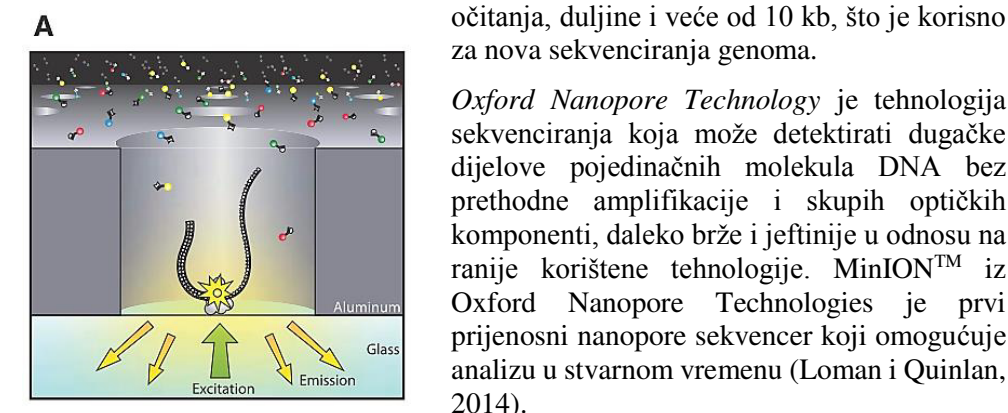
Heliscope™ Single Molecule Sequencer je tehnologija sekvenciranja koja radi kao Illumina, ali bez amplifikacije dijelova DNA u obliku mosta. DNA predlošci se vežu na ravnu površinu, a zatim se odgovarajući fluorescentni reverzibilni terminatori dNTP-ovi (tzv. "virtualni terminatori") svaki put ispiru preko jedne baze i snimaju prije cijepanja i sljedećeg ciklusa (Bowers i sur., 2009).



Slika 10.8. Illumina sekvenciranje sequencing-by-synthesis pristupom

Ove tehnologije su mogle očitati desetine milijuna kratkih DNA sekvenci po relativno niskoj cijeni (Thudi i sur., 2012). Najviše su se koristile tehnologije Roche/454 FLX Pyrosequencer, Illumina/Solexa Genome Analyzer i Applied Biosystems SOLiD™ Sequencer (Mardis, 2008).

Single-Molecule Real-Time (SMRT™) Sequencer je tehnologija iz Pacific Biosciences koja je vjerojatno najviše korištena u trećoj generaciji DNA sekvenciranja. Tijekom SMRT postupka, polimerizacija DNA se događa u nizovima nanostrukture zvanih *zero-mode waveguides* (ZMWs), koji su u biti male rupice u metalnom filmu koji prekriva čip (Slika 10.9.). Ovi ZMW-i iskorištavaju svojstva svjetlosti koja prolazi kroz otvore promjera manjeg od njene valne duljine, osvjetljavajući isključivo samo dno rupe gdje je omogućena vizualizacija pojedinačnih molekula fluorofora zbog laserske ekscitacije (Eid i sur., 2009). PacBio uređaji su sposobni za nevjerojatno duga očitavanja, duljine i veće od 10 kb, što je korisno za nova sekvenciranja genoma.



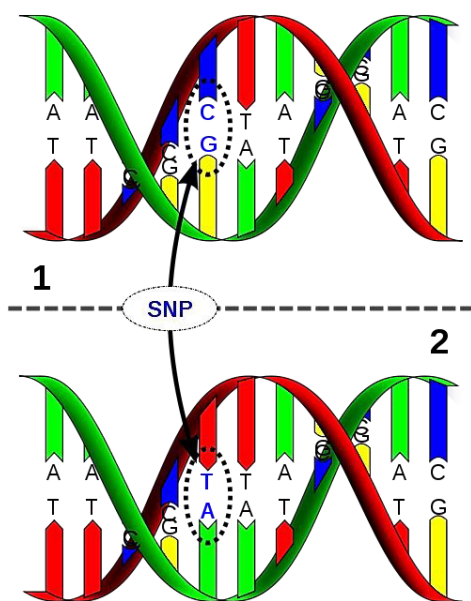
Slika 10.9. Princip Single-Molecule Real-Time DNA sekvenciranja. (A) Jedna molekula DNA je na dnu ZMW-a, koji je odozdo osvjetljen laserskim svjetlom. ZMW nanostruktura osigurava ograničenje ekscitacije što omogućuje detekciju pojedinačnih nukleotida koje je polimeraza ugradila u DNA lanac. (B) Slijed događaja tijekom ciklusa ugradnje nukleotida. (1) Određeni nukleotid dolazi na predložak DNA i veže se pomoću polimeraze, (2) uzrokujući fluorescenciju na odgovarajućem kanalu boje. (3) Odlaskom ostatka pirofosfata u ZMW završava fluorescentni puls. (4) Polimeraza se premješta na slijedeću poziciju i (5) slijedeći srodni nukleotid se veže u aktivnom mjestu i započinje sljedeći puls.

Bjelančevine nanopora su ugrađene u umjetnu membranu unutar protočne stanice za sekvenciranje. Struja preko membrane tjera negativno nabijene DNA lance da se kreću kroz nanopore.

Kada dio DNA dođe u nanoporu, dolazi do promjene struje koja se kontinuirano mjeri elektroničkim čipom integriranim unutar protočne stanice, a algoritam pretvara promjenu struje u sekvencu DNA.

Markeri temeljeni na DNA sekvenciranju su SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*, polimorfizam jednog nukleotida) i DArT (*Diverse Array Technology*, tehnologija različitih nizova).

SNP markeri (*Single Nucleotide Polymorphism*) temelje se na razlikama u pojedinačnim nukleotidima homolognih dijelova DNA u sekvenci genoma različitih jedinki (Slika 10.10.). Budući da je baza jednog nukleotida najmanja jedinica nasljeđivanja, SNP ima najjednostavniji i najveći broj markera raspoređen po cijelom genomu. Identifikacija SNP-a se postiže analizom podataka o sekvencama pohranjenih u bazama podataka (Nadeem i sur., 2018).



Slika 10.10. Gornja DNA molekula se razlikuje od donje DNA molekule u jednom paru baza.

U posljednje vrijeme, SNP markeri sve više zamjenjuju ostale vrste DNA markera zbog porasta potrebe za profiliranjem cijelih genoma. Njihova prednost je što su mnogobrojni, imaju nisku stopu mutacije te se relativno jednostavno mogu detektirati. Prikadni su za automatizaciju i koriste se u različite svrhe, uključujući brzu identifikaciju genotipova i izradu genetskih karata ultra visoke gustoće (Agarwal i sur., 2008).

U oplemenjivanju suncokreta, SNP markeri su korišteni za procjenu genetske varijabilnosti (Giordani i sur., 2011; Filippi i sur., 2015), kartiranje gena za otpornost prema plamenjači (Pecrix i sur., 2018; Ma i sur., 2020), otpornost prema hrđi (Qi i sur., 2015; Ma i sur., 2018), kombiniranje otpornosti prema hrđi i plamenjači (Qi i Ma, 2020), QTL kartiranje otpornosti prema *Sclerotinia* stabljike (Livaja i sur., 2016) i *Phoma* (Bordat i sur., 2017),

pridruženo kartiranje (Dowell i sur., 2019), kartiranje gena za obnovu fertilnosti (Talukder i sur., 2019; Radanović i sur., 2022), identifikaciju gena za obnovu vigora (Liu i sur., 2020) i proučavanje evolucije (Asselin i sur., 2020; Park i Burke, 2020).

DArT markeri (*Diversity Arrays Technology*) su bialelni markeri koji mogu biti

dominantni ili kodominantni. Odabrana metoda redukcije genoma restrikcijским endonukleazama koja čini temelj DArT tehnologije određuje koju vrstu polimorfizama DArT markeri pretražuju u genomu. U osnovi, DArT tehnologija omogućava istovremeni pronalazak svih promjena prisutnih u DNA lancu (insercije, delecije, SNP) te otkrivanje od nekoliko stotina do nekoliko tisuća polimorfniх markera (Kilian i sur., 2005). DArT analiza se sastoji od (1) konstrukcije tzv. mikromatrice koja sadrži klonirane prikaze pripremljene digestijom DNA restrikcijским endonukleazama koristeći genetske zalihe genotipova koji predstavljaju genetsku raznolikost vrste i (2) genotipizacije jedinki od interesa temeljene na hibridizaciji njihovih genomskih dijelova i mikromatrice. Mikromatrice se zatim ispiru i skeniraju radi analize prisutnih polimorfizama (Singh i Singh, 2015). Prvobitna DArT metoda se temeljila na fluorescentnom bojanju, dok se u novijoj DArTseq metodi koristi sekvenciranje nove generacije (*Next Generation Sequencing*, NGS) što omogućava analizu desetaka tisuća markera, tj. rezultira genotipizacijom visoke propusnosti i otkrivanjem velikog broja SNP-ova na razini cijelog genoma u vrlo kratkom vremenu (Kilian i sur., 2005).

Važna svojstva najviše korištenih molekularnih ili DNA markera prikazana su u slijedećoj tablici.

Tablica 10.1. Usporedba važnih svojstava najčešće korištenih molekularnih markera (Nadeem i sur., 2018, prilagođeno)

Svojstva	RFLP	RAPD	AFLP	SSR	SNP
Kodominacija/Dominacija	Kodominacija	Dominacija	Dominacija	Kodominacija	Kodominacija
Reproduktivnost	Visoka	Visoka	Srednja	Visoka	Visoka
Razina polimorfizma	Srednja	Vrlo visoka	Visoka	Visoka	Visoka
Potrebna kakvoća DNA	Visoka	Visoka	Visoka	Niska	Visoka
Potrebna količina DNA	Visoka	Srednja	Niska	Niska	Niska
Marker indeks	Niski	Visoki	Srednji	Srednji	Visoki
Obilnost na genomu	Visoka	Vrlo visoka	Vrlo visoka	Srednja	Vrlo visoka
Trošak	Visoki	Manji	Visoki	Visoki	Promjenljiv
Sekvenciranje	Da	Ne	Ne	Da	Da
Status	Prošlost	Prošlost	Prošlost	Sadašnjost	Sadašnjost
Potreba za PCR	Ne	Da	Da	Da	Da
Vizualizacija	Radioaktivna	Agarozni gel	Agarozni gel	Agarozni gel	SNP-VISTA
Potrebna DNA (ng)	10.000	20	500 – 1.000	50	50

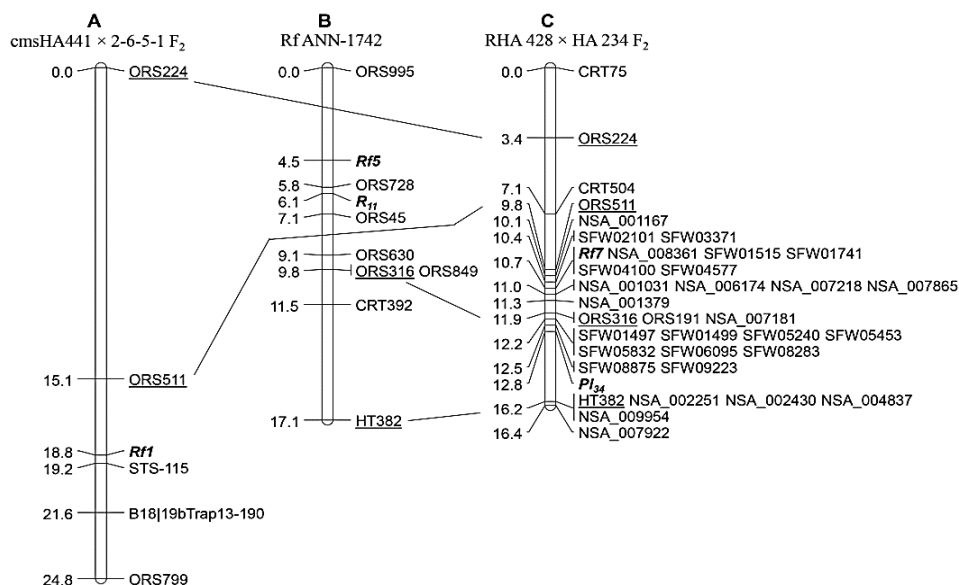
10.5.2. GENETSKE KARTE

U oplemenjivanju bilja, DNA markeri se koriste za izradu genetskih karata ili karata povezanosti (*linkage maps*), koje ukazuju na položaj i relativne genetske udaljenosti između markera duž kromosoma (Slika 10.11.).

Najvažnija uporaba kartiranja gena je identificiranje lokusa kvantitativnih svojstava (*Quantitative Trait Loci*, QTL) pa se takve karte mogu nazvati QTL kartama. Geni ili markeri koji su blizu ili su čvrsto povezani češće će se prenositi zajedno s roditelja na potomstvo nego geni ili markeri koji se nalaze udaljeni jedan od drugog.

Važnu ulogu u izradi karata visoke gustoće imaju visokopropusni kodominantni

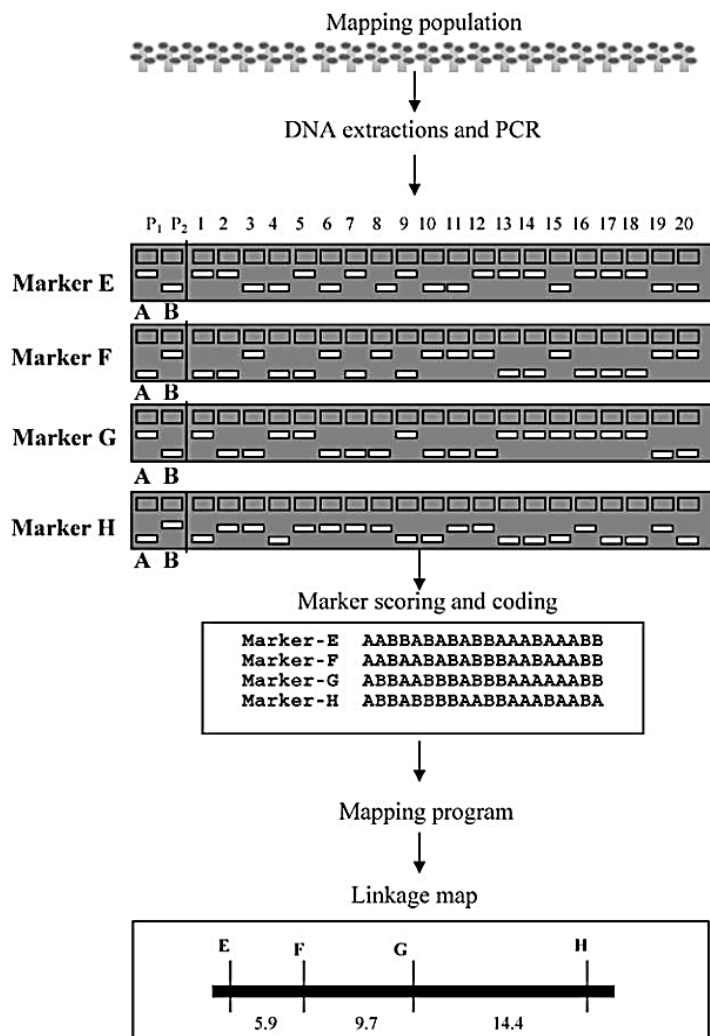
sustavi DNA markera, kao što su SSR i SNP markeri (Begna i Yesuf, 2021). Što je veća udaljenost između markera, veća je mogućnost rekombinacije tijekom mejoze. Udaljenost duž karata povezanosti mjeri se u smislu učestalosti rekombinacije između genetskih markera (Paterson, 1996a, cit. Collard i sur., 2005).



Slika 10.11. Usporedba gena za obnovu muške fertilnosti kartiranih na 13. grupi povezanosti u različitim studijama: (A) karta pokazuje lokaciju *Rf1* gena (Yue i sur., 2010), (B) lokacija *Rf5* gena (Qi i sur., 2012), i (C) položaj *Rf7* gena kartiran u ovoj studiji. Zajednički markeri na različitim kartama su podvučeni.

Geni koji su relativno blizu jedan drugome čvrsto su povezani pa će njihova frekvencija rekombinacije biti manja i češće će se zajedno prenositi s roditelja na potomstvo u odnosu na gene koji se nalaze udaljeni jedan od drugog. Relativne udaljenosti gena i DNA markera na genetskim kartama izražene su u centimorganima (cM) pri čemu je kod malih udaljenosti (<10 cM), udaljenost na karti gena jednaka frekvenciji rekombinacije. Međutim, ovaj odnos ne vrijedi za udaljenosti koje su veće od 10 cM (Hartl i Jones, 2001, cit. Collard i sur., 2005).

Prema Collard i sur. (2005), genetske karte nastaju analizom mnogobrojnih polimorfnih DNA markera za što je potrebno imati cijepajuću populaciju biljaka, mogućnost identifikacije polimorfizma i analize povezanosti markera (Slika 10.12.). Veličina populacije korištene u preliminarnim studijama genetskog kartiranja općenito se kreće od 50 do 250 jedinki, a za kartiranje visoke gustoće potrebne su veće populacije (Mohan i sur., 1997). Veličina populacije izravno je povezana s točnosti mjerenja genetske udaljenosti i određivanja redoslijeda markera (Young, 1994). Ako će se karta koristiti za QTL studije, tada se populacija mora fenotipski procijeniti prije QTL kartiranja.



Slika 10.12. Izrada karte povezivanja na osnovu male rekombinantne inbred populacije (20 jedinki). Prvi roditelj (P₁) kao 'A', a drugi roditelj (P₂) kao 'B'. Podaci o ocjenama i kodiranju markera razlikuje se ovisno o vrsti populacije. Ova karta povezivanja izrađena je pomoću Map Managera QTX (Manly i sur., 2001) koristeći Haldaneovu funkciju.

Slijedeći korak u izradi genetske karte je identificiranje polimorfnih DNA markera koji otkrivaju razlike između roditelja. Nakon identifikacije, prisustvo polimorfnih markera se mora potvrditi u cijeloj populaciji za kartiranje, uključujući roditelje i F₁ hibride, što je poznato kao markersko “genotipiziranje” populacije.

Za kartiranje se koriste cijepajuće populacije dobivene križanjem roditelja koji se razlikuju u jednom ili više svojstava od interesa, populacije povratnih križanja, rekombinantne inbred linije (*Recombinant Inbred Lines*, RILs) i populacije dvostrukih haploida (*Doubled Haploid*, DH). RILs populacije nastaju uzastopnom

samooplodnjom pojedinačnih F_2 biljaka nastalih križanjem divergentnih roditelja, a sastoje se od niza homozigotnih linija, od kojih svaka sadrži jedinstvenu kombinaciju kromosomskih dijelova roditelja. DH populacije se mogu proizvesti regeneracijom biljaka s udvostručenim kromosomima iz polena kulturom tkiva.

Posljednji korak izrade genetske karte je obrada podataka za svaki DNA marker u svakoj jedinki populacije i provođenje analize povezanosti markera pomoću računalnih programa. Povezanost između markera se izražava kao vjerojatnost, tj. omjer vjerojatnosti da su markeri povezani i vjerojatnosti da su nepovezani, izražen kao logaritamska vrijednost. Ova logaritamska vrijednost se naziva logaritam vjerojatnosti (*Logarithm of Odds*, LOD) ili LOD rezultat (Risch, 1992).

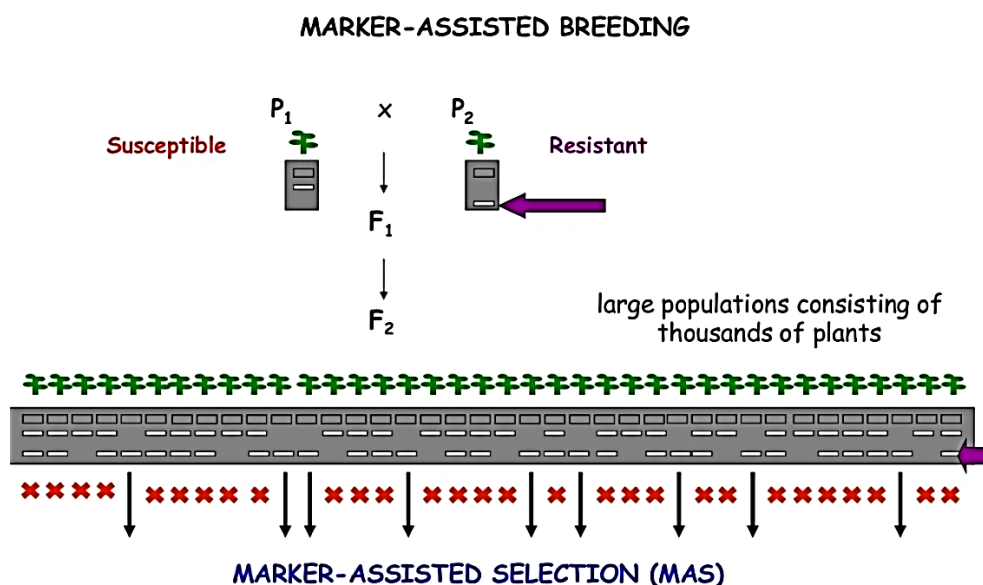
Za izradu genetskih karata obično se koriste LOD vrijednosti > 3 . LOD vrijednost 3 između dva markera ukazuje da je povezanost 1.000 puta vjerojatnija nego da nema povezanosti (Collard i sur., 2005).

Genetsko kartiranje suncokreta korišteno je za:

- genetsku analizu domestifikacije suncokreta korištenjem SSR markera (Burke i sur., 2002)
- stvaranje detaljne karte genoma suncokreta pomoću SSR i SNP markera (Tang i sur., 2002; Bowers i sur., 2012)
- kartiranje gena Rf_1 za obnovu fertilnosti polena korištenjem RAPD, AFLP, SSR i TRAP markera (Kusterer i sur., 2005; Yue i sur., 2010)
- QTL kartiranje agronomskih svojstava pomoću AFLP i SSR markera (Al-Chaarani i sur., 2004; Abdi i sur., 2012)
- kartiranje gena otpornosti Pl_6 i Pl_7 na plamenjaču suncokreta korištenjem CAPS markera (Saftić-Panković i sur., 2008)
- kartiranje gena otpornosti R_4 i R_{11} na hrđu suncokreta pomoću SSR markera (Qi i sur., 2011, 2012)
- kartiranje gena otpornosti Pl_{16} na plamenjaču suncokreta korištenjem SSR markera (Liu i sur., 2012)
- QTL kartiranje vremena cvatnje suncokreta pomoću SNP markera (Cadic i sur., 2013)
- kartiranje gena otpornosti R_{12} na hrđu suncokreta korištenjem SNP markera (Talukder i sur., 2014)
- kartiranje gena otpornosti Pl_{17} na plamenjaču suncokreta pomoću SSR i SNP markera (Qi i sur., 2015)
- kartiranje gena otpornosti na volovod korištenjem SSR markera (Imerovski i sur., 2016)
- QTL kartiranje otpornosti na *Sclerotinia* suncokreta GBS (*Genotyping By Sequencing*) pristupom korištenjem SNP markera (Talukder i sur., 2016)
- identifikaciju SNP lokusa i izradu karte povezanosti suncokreta GBS pristupom pomoću SNP markera (Celik i sur., 2016)
- kartiranje gena Rf_5 za obnovu fertilnosti polena korištenjem SNP markera (Ma i sur., 2021).

10.5.3. SELEKCIJA UZ POMOĆ MARKERA

Selekcija uz pomoć markera (*Marker-Assisted Selection*, MAS) temelji se na povezanosti DNA markera i lokusa kvantitativnih svojstava (*Quantitative Trait Loci*, QTL) od interesa, odnosno predstavlja indirektnu selekciju na neko svojstvo pri čemu se u selekciji koristi DNA marker s istim načinom nasljeđivanja kao i geni koji uvjetuju svojstvo od interesa. Za utvrđivanje povezanosti QTL-ova i svojstava od interesa potreban je velik broj DNA markera. Za kartiranje QTL-ova, marker i QTL moraju međusobno biti u neravnoteži vezanosti gena (*Linkage Disequilibrium*, LD). U suprotnom, svi haplotipovi su prisutni u nasumičnim frekvencijama pa marker ne može dati pouzdanu informaciju o QTL-u (Dekkers i Hospital, 2002). Povezanost markera i QTL-a omogućava predviđanje fenotipske vrijednosti temeljem genotipa, odnosno selekciju svojstva od interesa na osnovu markera koji je u LD-u s njim (Elangovan, 2007). MAS treba koristiti zajedno s fenotipskim podacima konvencionalnih metoda oplemenjivanja radi ubrzanja identifikacije superiornih genotipova smanjivanjem vremena i troška rada kroz smanjenje veličine populacije i povećanje učinkovitosti oplemenjivačkih programa (Slika 10.13.).



Slika 10.13. Fenotipska selekcija uz pomoć DNA markera

10.5.3.1. Preduvjeti za selekciju uz pomoć markera

Za učinkovito provođenje MAS programa, prema Byrne i Richardson (2005), potrebno je nekoliko preduvjeta. Zbog analiziranja velikog broja uzoraka u kratkom vremenu potrebna je ekstrakcija DNA visoke propusnosti. DNA markeri trebaju biti jednostavni i jeftini za korištenje uz visoki polimorfizam, prisutni u cijelom genomu, kodominantni te da nisu pod utjecajem okoline i da ne utječu izravno na fenotip.

Genetske karte pokazuju povezanost markera i svojstva, a kada je pronađen marker koji je povezan sa svojstvom u populaciji, gusta karta molekularnih markera u standardnoj referentnoj populaciji će pomoći prepoznavanju markera koji su bliže ili uz bok ciljanom genu. Zbog velikog broja uzoraka, koji se mogu koristiti za više markera, potreban je učinkovit sustav označavanja, spremanja i analize velikih setova podataka koji omogućuju dobivanje korisnih informacija za oplemenjivače.

10.5.3.2. Metode oplemenjivanja uz pomoć markera

Ovisno o cilju oplemenjivanja, selekcija uz pomoć markera se može koristiti za povratna križanja, rekurentnu selekciju, piramidiranje gena te selekciju u ranim generacijama.

Povratna križanja uz pomoć markera (Marker-Assisted Backcrossing, MABC)

Unošenje specifičnih gena iz roditelja donora u rekurentnog roditelja (elitni genotip) odvija se nizom povratnih križanja. U usporedbi s povratnim križanjima čiji se rezultati provjeravaju fenotipski, povratna križanja uz pomoć DNA markera imaju veću učinkovitost. U ranom stadiju razvoja koriste se DNA markeri za analizu potomstva (F_1 generacije) nastalog križanjem rekurentnog roditelja s roditeljem donorom na prisustvo marker alela. Biljke koje nisu nastale kao rezultat planskog križanja (lažni križanci) izdvajaju se iz programa križanja, a biljke koje imaju poželjne alele ponovo se križaju s rekurentnim roditeljem pri čemu nastaje prva generacija povratnog križanja (BC_1F_1). Ovaj postupak provjere prisutnosti alela uz pomoć DNA markera i povratnog križanja s rekurentnim roditeljem ponavlja se kroz nekoliko generacija, a biljke završne populacije povratnog križanja (npr. BC_4F_1), kod kojih je potvrđeno prisustvo gena za ciljano svojstvo, podvrgavaju se samooplodnji. Kod suncokreta, MABC se koristi za prevođenje elitnih linija u cms formu (Herzog i Frisch, 2013) te linija osjetljivih na uzročnika hrđe (*Puccinia helianthi* Schw.) u otporne izolije (Bulos i sur., 2013).

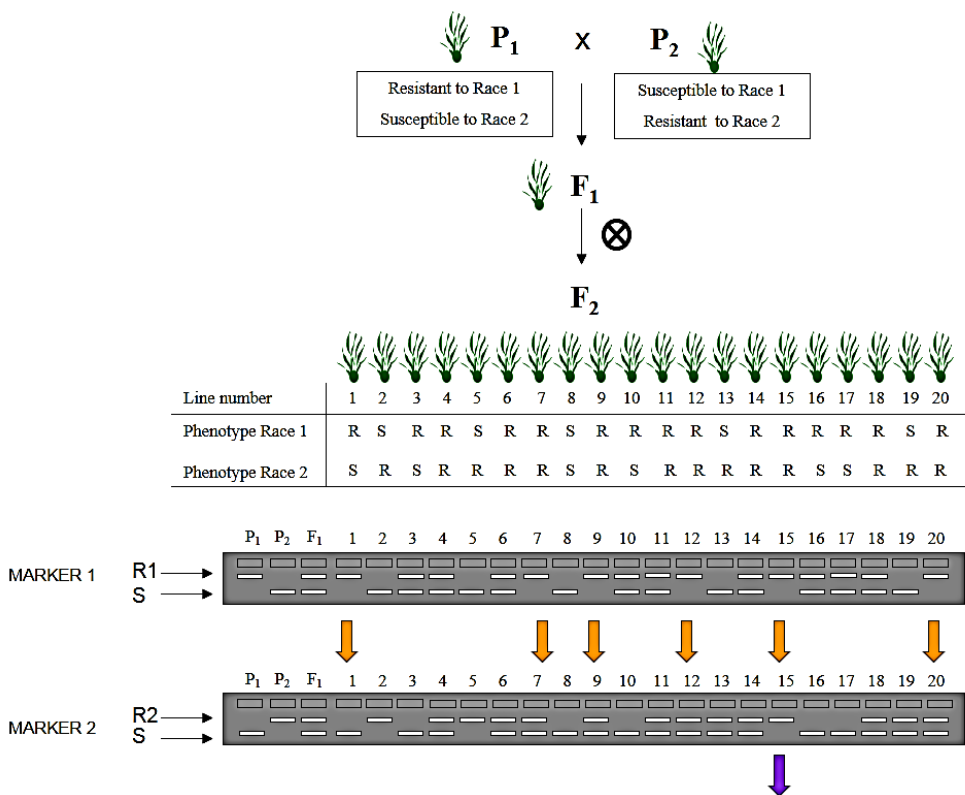
Rekurentna selekcija uz pomoć markera (Marker-Assisted Recurrent Selection, MARS)

Rekurentna selekcija je metoda oplemenjivanja kojom se u oplemenjivačkoj populaciji održava genetska varijabilnost s ciljem povećanja frekvencije poželjnih gena i rekombinacije tih gena u potomstvu, pri čemu planirana vrijednost nije određena genotipom jedne osnovne izvorne biljke, već najbolje kombinacije gena sadržanih u grupi izabranih biljaka (Krizmanić i Martinčić, 1996). Primjena DNA markera u rekurentnoj selekciji u kombinaciji s fenotipskom procjenom omogućava skraćivanje broja ciklusa poboljšanja agronomске vrijednosti populacije, odnosno povećanje frekvencije poželjnih alela. Princip MARS-a podrazumijeva jedan ciklus selekcije s ciljem poboljšanja populacije na temelju fenotipskih i DNA marker rezultata, nakon čega slijede tri ciklusa selekcije temeljene samo na DNA markerima (Bernardo i Charcosset, 2006). S obzirom na to da se rekurentna selekcija u oplemenjivanju suncokreta koristi za važna svojstva kao što su otpornost prema bolestima, štetnicima i suši, tehnike kojima se skraćuje postupak značajno pridonose

učinkovitosti i isplativosti oplemenjivačkih programa.

Piramidiranje gena

Primjena DNA markera omogućava piramidiranje gena, tj. akumuliranje više gena od dva različita roditelja i njihovo fiksiranje u homozigotnom stanju u potomstvu, koje je konvencionalnim metodama jako teško postići. Piramidiranje gena uz pomoć markera se na suncokretu najviše koristi pri razvoju otpornosti na volovod i uzročnike bolesti. Na Slici 10.14. prikazano je piramidiranje dva gena otpornosti na bolesti pomoću markera.



Slika 10.14. Piramidiranje dva gena otpornosti na bolesti uz pomoć markera. Homozigotne biljke se mogu izabrati u F₂ populaciji

Selekcija uz pomoć markera u ranim generacijama

DNA markeri omogućavaju odabir genotipova s poželjnim genima, odnosno odbacivanje nepoželjnih genotipova već u F₂ ili F₃ generaciji. Rani odabir poželjnih genotipova uporabom DNA markera za njihovo fiksiranje u homozigotnom stanju smanjuje broj linija i ciklusa oplemenjivanja smanjujući troškove čime se povećava učinkovitost i isplativost oplemenjivačkog programa.

U oplemenjivanju suncokreta, MAS je korišten za selekciju genotipova superiornih u

kakvoći ulja (Vera-Ruiz i sur., 2006; Dimitrijević i sur., 2017), tolerantnih ili otpornih na abiotske i biotske stresove (Cvejić i sur., 2020; Qi i Ma, 2020) te introgresiju gena za cms i restauraciju fertilnosti (Liu i sur., 2013; Horn i sur., 2016).

10.5.3.3. Prednosti i nedostaci selekcije uz pomoć markera

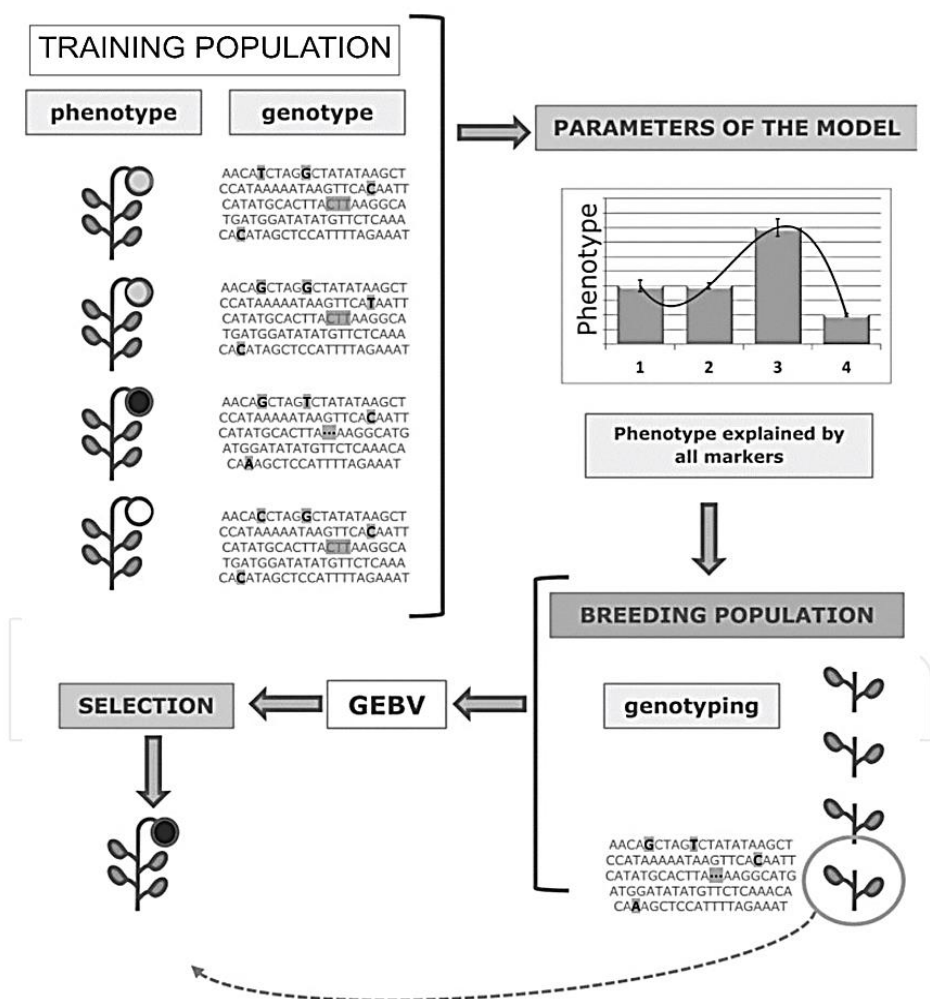
Selekcija uz pomoć markera ima niz prednosti u odnosu na fenotipsku selekciju, a najvažnije su mogućnost detekcije DNA markera neovisno o stadiju razvoja biljke nedestruktivnom metodom, što omogućava rano otkrivanje poželjnih genotipova, odnosno eliminaciju nepoželjnih roditeljskih komponenti iz programa križanja neposredno prije cvatnje, neovisnost o uvjetima okoline što omogućava precizan odabir genotipova tolerantnih ili otpornih na pojedine abiotske i biotske stresove i mogućnost prepoznavanja recesivnih alela koji se ne mogu otkriti fenotipskom procjenom. Kada se više gena otpornosti kombinira zajedno u istoj sorti ili liniji, a prisustvo svakog pojedinačnog gena je teško potvrditi fenotipski, problem se može prevladati MAS-om ako postoje markeri za svaki gen otpornosti. Učinkovitost MAS-a dolazi do izražaja korištenjem istog DNA uzorka za procjenu više markera, za isto ili više svojstava, čime se smanjuje vrijeme i trošak po markeru. Markeri su učinili selekciju neovisnom o fenotipu, zbog čega se selekcija za željena svojstva, uključujući prinos, može učinkovito provoditi u rasadnicima ili staklenicima izvan sezone. Korištenje staklenika izvan sezone omogućava do tri selekcijska ciklusa godišnje što značajno ubrzava postupak selekcije (Singh i Singh, 2015).

Iako MAS u kombinaciji s konvencionalnim metodama oplemenjivanja može uvelike povećati učinkovitost oplemenjivačkih programa, postoje određeni nedostaci. U odnosu na konvencionalne tehnike oplemenjivanja bilja, MAS može biti skuplji, posebno u početnim troškovima. Ovisno o relativnoj udaljenosti DNA markera i gena od interesa, moguća je rekombinacija, odnosno izbor pogrešne biljke. Mogućnost rekombinacije gena je veća što je veća relativna udaljenost DNA markera i gena od interesa. Napredak selekcije ovisi o preciznosti određivanja lokusa kvantitativnih svojstava, odnosno preciznosti genetskih karata. Osim toga, markeri razvijeni za MAS u jednoj populaciji ne mogu se koristiti za drugu populaciju zbog manjka polimorfizma ili odsustva povezanosti markera i svojstva.

10.5.4. GENOMSKA SELEKCIJA

Genomska selekcija (*Genomic Selection*, GS) je oblik selekcije uz pomoć velikog broja DNA markera, najčešće SNP markera, koji gusto i ravnomjerno prekrivaju cijeli genom (Meuwissen i sur., 2001; Heffner i sur., 2009; Shamshad i Sharma, 2018). Zbrajanjem učinaka DNA markera visoke gustoće obuhvaća se ukupna aditivna genetska varijanca QTL-ova koji doprinose varijabilnosti svojstava od interesa (Bernardo i Yu, 2007). Za razliku od ostalih metoda selekcije uz pomoć markera, kod kojih se selekcija vrši na osnovu malog broja markera povezanih s QTL-ima od interesa, kod genomske selekcije svi dostupni DNA markeri služe za izračun genomske procjenjene oplemenjivačke vrijednosti (*Genomic Estimated Breeding Value*, GEBV) koja se koristi kao selekcijsko mjerilo (Heffner i sur., 2009; Singh i Singh, 2015).

Selekcija uz pomoć markera je bila uspješna za jednostavna svojstva kao što su restauracija fertilnosti, visok sadržaj oleinske kiseline u ulju, tolerantnost na herbicide ili otpornost na uzročnika plamenjače (*Plasmopara halstedii* Farl.), uzročnika hrđe (*Puccinia helianthi* Schw.) te otpornosti na volovod (*Orobanche cumana* Wallr.), a za kompleksna, gospodarski važna kvantitativna svojstva kao što su prinos zrna i ulja, heterozis, tolerantnost na sušu ili otpornost na uzročnika bolesti bijela trulež (*Sclerotinia sclerotiorum*) potrebna je genomska selekcija (Dimitrijević i Horn, 2018).

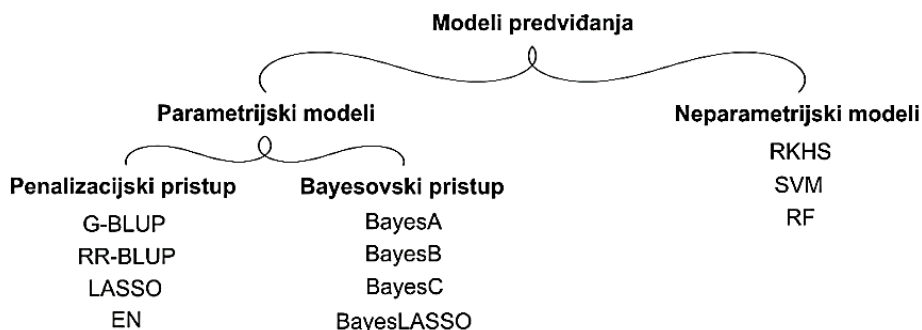


Slika 10.15. Shema genomske selekcije

Genomska selekcija se provodi računanjem GEBV vrijednosti za oplemenjivačku populaciju (*breeding population*) koja obuhvaća sve selekcijske kandidate. Za izračun GEBV (Slika 10.15.) potrebni su genotipski podaci oplemenjivačke populacije te genotipski i fenotipski podaci trenajne populacije (*training population*) tj. referentne

populacije na kojoj se procjenjuju učinci DNA markera (Sorrells, 2015; Shamshad i Sharma, 2018; Kumawat i sur., 2020). Osnovni preduvjet u genomskoj selekciji je da oplemenjivačka i trenažna populacija budu u srodstvu (Singh i Singh, 2015). Učinci DNA markera procjenjuju se različitim statističkim modelima predviđanja koji služe za rješavanje problema velike količine podataka prikupljenih genotipizacijom visoke propusnosti u odnosu na broj fenotipskih opažanja.

Modeli predviđanja (Slika 10.16.) temelje se na različitim metodama sažimanja i mogu biti parametrijski i neparametrijski (Heffner i sur., 2009; Merrick i Carter, 2021). Parametrijski modeli pretpostavljaju linearnost veze između fenotipskih i genotipskih vrijednosti i u obzir uzimaju samo aditivne učinke gena, dok neparametrijski modeli pretpostavljaju da je veza nelinearna pa u obzir uzimaju aditivne i neaditivne učinke gena (Desta i Ortiz, 2014). Osim po pretpostavci veze između fenotipskih i genotipskih vrijednosti, modeli predviđanja korišteni u genomskoj selekciji razlikuju se i po načinu na koji učinci DNA markera doprinose ukupnoj varijanci ciljanog svojstva, zbog čega uspješnost predviđanja određenog modela najviše ovisi o genetskoj arhitekturi tog svojstva (Larkin i sur., 2019).



Slika 10.16. Klasifikacija najčešće korištenih modela predviđanja u genomskoj selekciji

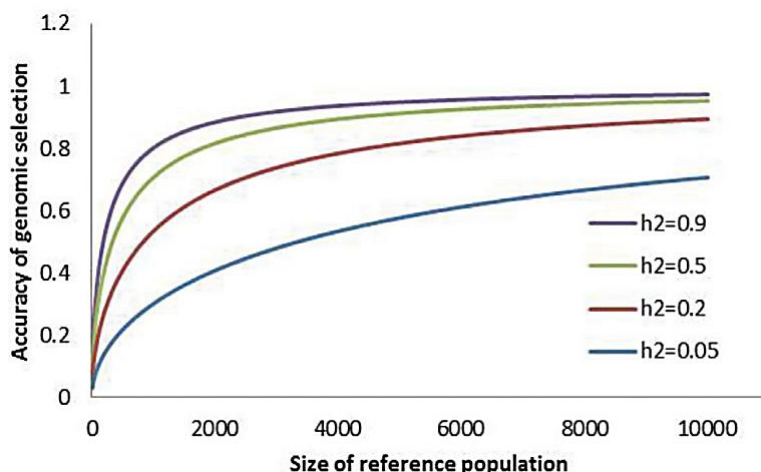
10.5.4.1. Točnost predviđanja i uspješnost genomske selekcije

Točnost predviđanja oplemenjivačke vrijednosti mjeri se Pearsonovom korelacijom između GEBV vrijednosti i prave oplemenjivačke vrijednosti (*True Breeding Value*, TBV), odnosno procijenjene oplemenjivačke vrijednosti (*Estimated Breeding Value*, EBV) jedinki unutar oplemenjivačke populacije jer u praktičnoj primjeni nije moguće unaprijed znati TBV vrijednost (Heffner i sur., 2009; Ward i sur., 2019).

Uspješnost genomske selekcije, odnosno točnost predviđanja oplemenjivačke vrijednosti, ovisi o gustoći i vrsti DNA markera, raspodjeli i kolinearnosti između DNA markera, razlikama u frekvenciji alela između trenažne i oplemenjivačke populacije, odnosno njihovoj međusobnoj srodnosti, veličini i fenotipskoj varijanci trenažne populacije, nasljednosti svojstava od interesa te svojstvima odabranog statističkog modela za predviđanje (Heffner i sur., 2009; Isidro i sur., 2015; Edwards i sur., 2019). Unutar navedenog, na točnost predviđanja najviše će utjecati međusobni

odnos strukture promatranih populacija, veličina trenažne populacije i gustoća DNA markera (Riedelsheimer i Melchinger, 2013; Robertsen i sur., 2019).

Točnost predviđanja se povećava s povećanjem veličine trenažne populacije (Grafikon 10.5.), povećanjem međusobne srodnosti oplemenjivačke i trenažne populacije (Asoro i sur., 2011; Hickey i sur., 2014) te porastom gustoće DNA markera do tzv. platoa predviđanja nakon kojeg daljnje povećanje nema značajan utjecaj na točnost predviđanja (Arruda i sur., 2015; Maulana i sur., 2019). Veća srodnost populacija omogućava smanjenje trenažne populacije i gustoće markera, čime se smanjuju troškovi fenotipizacije i genotipizacije (Jannink i sur., 2010; Herter i sur., 2019). Točnost predviđanja se povećava i s povećanjem nasljednosti ciljanih svojstava, pri čemu je u slučaju niske nasljednosti za povećanje točnosti predviđanja potrebno povećati broj jedinki u trenažnoj populaciji (Combs i Bernardo, 2013; Zhang i sur., 2015) i broj fenotipskih opažanja (Meuwissen i sur., 2001; Sorrells, 2015). Na točnost predviđanja može utjecati i interakcija genotipa i okoline (Heslot i sur., 2014), zbog čega ju je poželjno uključiti u modele predviđanja (Lado i sur., 2016; Jarquín i sur., 2017).



Grafikon 10.5. Odnos između broja biljaka u trenažnoj populaciji i točnosti genomske selekcije za svojstva s različitim heritabilitetima

10.5.4.2. Prednosti i ograničenja genomske selekcije

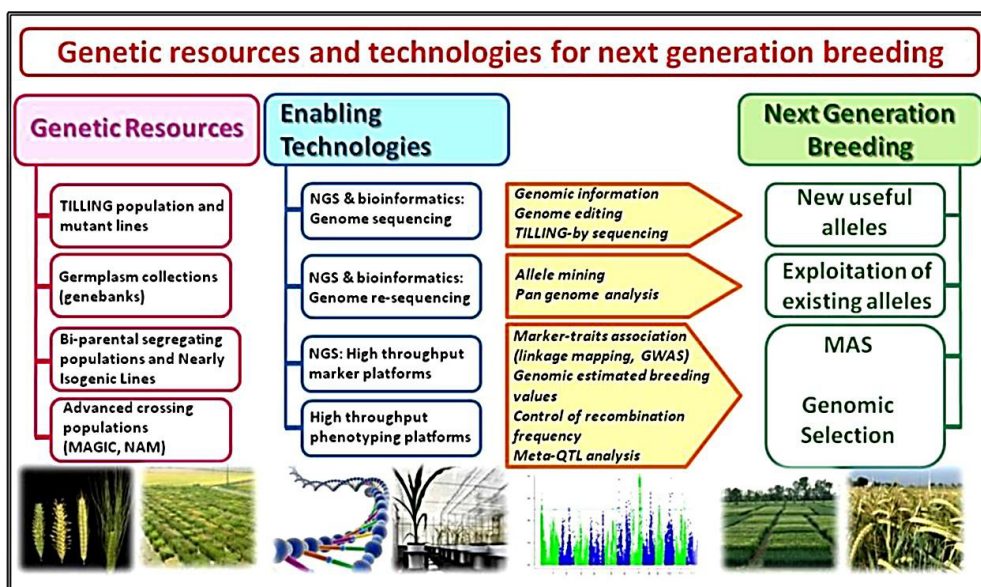
Prednost genomske selekcije u odnosu na selekciju uz pomoć markera je što genomska selekcija ne zahtijeva utvrđivanje povezanosti markera i QTL-ova od interesa, tj. osnovna genetska kontrola svojstava od interesa ne mora biti poznata jer se koriste svi dostupni DNA markeri. S obzirom na to da se koriste svi dostupni DNA markeri, genomska selekcija je učinkovita u predviđanju poligenских svojstava čija je ekspresija pod kontrolom velikog broja QTL-a s malim učinkom, za razliku od selekcije uz pomoć markera koja je učinkovita za svojstva pod kontrolom QTL-ova s velikim učincima (Singh i Singh, 2015; Kristensen i sur., 2018). Najvažnija je prednost u odnosu na klasične metode oplemenjivanja, koje su dugotrajne i mogu

rezultirati manjom pouzdanošću rezultata, povećanje genetske dobiti uslijed povećanja preciznosti odabira i skraćivanja selekcijskog ciklusa (Sorrells, 2015; Voss-Fels i sur., 2019).

Nedostaci genomske selekcije su što točnost predviđanja za određeno svojstvo može značajno varirati između različitih okolina (Crossa i sur., 2016; Plavšin i sur., 2021a, 2021b; Plavšin, 2022). Prema Shamshad i Sharma (2018), genomska selekcija još uvijek nije postala zastupljenija među oplemenjivačima bilja zbog malog broja dokaza o korisnosti, a potencijalnu vrijednost genomske selekcije treba ocjenjivati s oprezom jer su procjene uglavnom rađene u simulacijskim studijama. Nadalje, učinci markera i procjene GEBV-a bi se mogli modificirati zbog promjena frekvencije gena i epistatskih interakcija, a informacije o genetici kvantitativnih svojstava su ograničene, što ograničava sposobnost razvoja primjenjivih modela genomske selekcije kako bismo ostvarili veću točnost predviđanja. Pored toga, potreba za genotipizacijom velikog broja različitih markerskih lokusa u svakoj generaciji selekcije znatno povećava cijenu oplemenjivačkih programa.

10.5.5. GENETSKI RESURSI U OPLEMENJIVANJU SUNCOKRETA

U procesu oplemenjivanja suncokreta veliki značaj imaju raspoloživi genetski resursi, koji bi u kombinaciji s korištenjem suvremenih molekularnih tehnika te primjenom selekcije uz pomoć markera i genomske selekcije, mogli dovesti do značajnih poboljšanja suncokreta.



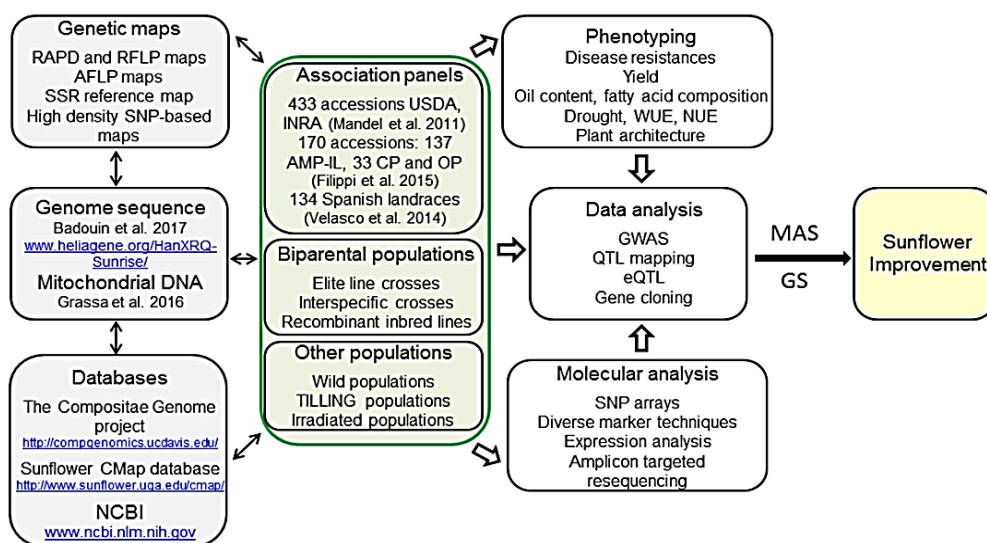
Slika 10.17. Shematski prikaz ključnih elemenata "oplemenjivanja sljedeće generacije"

Za oplemenjivanje "sljedeće generacije" (Slika 10.17.), ključni elementi su kombinacija genetskih resursa, primjena NGS (*Next Generation Sequencing*)

tehnologija, bioinformatičkih kapaciteta i opreme za automatsku fenotipizaciju koji će bitno poboljšati tradicionalne strategije oplemenjivanja prema učinkovitijem genetskom poboljšanju.

Genetske resurse u oplemenjivanju suncokreta, koji se koriste za kartiranje gena, detekciju markera, analizu lokusa kvantitativnih svojstava i kloniranje gena predstavljaju biparentalne populacije nastale križanjem elitnih linija, konvencionalnih linija ili linija s introgresiranim genima (Kane i sur., 2013; Livaja i sur., 2016), lokalne sorte populacije i divlje vrste (Brouillette i sur., 2007; Ma i sur., 2017) te rekombinantne inbred linije (*Recombinant Inbred Lines*, RILs) (Kiani i sur., 2007; Talukder i sur., 2016).

Prema Dimitrijević i Horn (2018), različiti biljni genetski resursi za oplemenjivanje suncokreta predstavljaju veliku genetsku raznolikost koja se može iskoristiti za poboljšanje suncokreta (Slika 10.18.). Pristup sekvencama genoma suncokreta, veliki resursi SNP-a, koji su dio karata visoke rezolucije ili SNP nizova i ogromna količina podataka o ekspresiji ubrzat će oplemenjivanje suncokreta čineći korake selekcije učinkovitijim i preciznijim. Budući razvoj će pomaknuti oplemenjivanje uz pomoć markera prema genomskoj selekciji na temelju genomskih procjena oplemenjivačkih vrijednosti (*Genomic Estimated Breeding Values*, GEBVs).

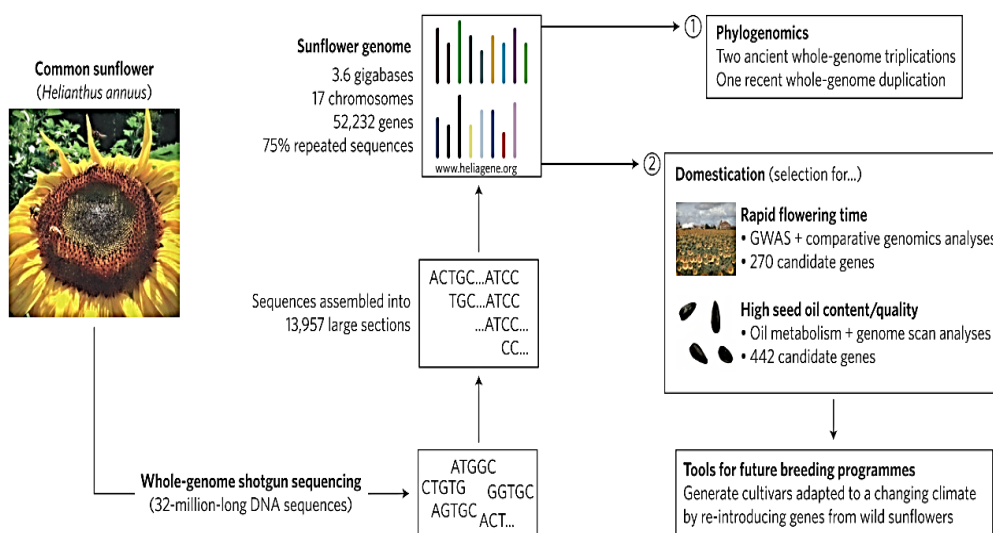


Slika 10.18. Shematski pregled resursa dostupnih u suncokretu za selekciju uz pomoć markera (MAS) i buduću genomsku selekciju (GS). WUE – učinkovitost korištenja vode, NUE – učinkovitost korištenja dušika.

10.5.6. GENOM SUNCOKRETA

Koristeći single-molecule real-time (SMRT) tehnologiju na PacBio RS II platformi, Badouin i sur. (2017) su detaljno opisali genom suncokreta. Genom suncokreta je jako

velik i sastoji se od 3,6 milijardi nukleotida, koji su raspoređeni u 17 kromosoma i 52.232 gena. Na Slici 10.19., prikazan je način konstruiranja genoma suncokreta, od sekvenciranja cijelog genoma do sastavljanja sekvenci i genoma visoke kvalitete. Zatim su provedene filogenomske, selekcijske i analize udomaćenja kako bi se rasvijetlila drevna i moderna evolucijska povijest suncokreta i identificirala genetska osnova ključnih agronomskih svojstava.



Slika 10.19. Sažetak eksperimentalnog dizajna korištenog za konstruiranje genoma suncokreta, od sekvenciranja cijelog genoma do sastavljanja sekvenci i genoma visoke kvalitete. GWAS (*Genome Wide Association Study*), cjelogenomska studija povezanosti.

Poteškoća je što se više od tri četvrtine ukupnog genoma sastoji od dugih ponovljenih dijelova DNA, koji se nazivaju dugi terminalni ponovljeni retrotranspozoni. Svi ovi dijelovi DNA izgledaju vrlo slično pa je izazovno znati koji dijelovi gdje pripadaju. Tijekom evolucijske povijesti, genom suncokreta je povećan tri puta pa su mnogi geni prisutni u više kopija, što je omogućilo suncokretu i njegovim divljim srodnicima da se lako prilagode različitim pa i ekstremnim okolinskim uvjetima (Renaut, 2017).

LITERATURA

1. Abdi, N., Darvishzadeh, R., Jafari, M., Pirzad, A., & Haddadi, P. (2012). Genetic analysis and QTL mapping of agro-morphological traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under two contrasting water treatment conditions. *Plant Omics*, 5(2), 149-158. <https://hal.inrae.fr/hal-02642526/document>
2. Agarwal, M., Shrivastava, N., & Padh, H. (2008). Advances in molecular marker techniques and their applications in plant sciences. *Plant Cell Reports*, 27(4), 617-631. <https://doi.org/10.1007/s00299-008-0507-z>
3. Al-Chaarani, G.R., Gentzbittel, L., Huang, X.Q., & Sarrafi, A. (2004). Genotypic variation and identification of QTLs for agronomic traits, using AFLP and SSR markers in RILs of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 109, 1353-1360. <https://doi.org/10.1007/s00122-004-1770-1>
4. Al-Khatib, K., Baumgartner, J.R., & Currie, R.S. (1999). Survey of common sunflower (*Helianthus annuus*) resistance to ALS-inhibiting herbicides in Northeast Kansas. In *Proceedings of the 21st Sunflower Research Workshop* (pp. 210-215). National Sunflower Association, USA.
5. Al-Khatib, K., Baumgartner, J.R., Peterson, D.E., & Currie, R.S. (1998). Imazethapyr resistance in common sunflower (*Helianthus annuus*). *Weed Science*, 46, 403-407.
6. Arruda, M.P., Brown, P.J., Lipka, A.E., Krill, A.M., Thurber, C., & Kolb, F.L. (2015). Genomic selection for predicting *Fusarium* head blight resistance in a wheat breeding program. *The plant genome*, 8(3), plantgenome2015.01.0003. <https://doi.org/10.3835/plantgenome2015.01.0003>
7. Asoro, F.G., Newell, M.A., Beavis, W.D., Scott, M.P., & Jannink, J.L. (2011). Accuracy and training population design for genomic selection on quantitative traits in elite North American oats. *The Plant Genome*, 4(2), 132-144. <https://doi.org/10.3835/plantgenome2011.02.0007>
8. Asselin, S.R., Brûlé-Babel, A.L., van Tassel, D.L., & Cattani, D.J. (2020). Genetic analysis of domestication parallels in annual and perennial sunflowers (*Helianthus* spp.): routes to crop development. *Frontiers in Plant Science*, 11, 834. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00834>
9. Badouin, H., Gouzy, J., Grassa, C.J., Murat, F., Staton, S.E., Cottret, L., Lelandais-Brière, C., Owens, G.L., Carrère, S., Mayjonade, B., Legrand, L., Gill, N., Kane, N.C., Bowers, J.E., Hubner, S., Bellec, A., Bérard, A., Bergès, H., Blanchet, N., ... Langlade, N.B. (2017). The sunflower genome provides insights into oil metabolism, flowering and Asterid evolution. *Nature*, 546, 148-152. <https://doi.org/10.1038/nature22380>
10. Barabaschi, D., Tondelli, A., Desiderio, F., Volante, A., Vaccino, P., Valè, G., & Cattivelli, L. (2016). Next generation breeding. *Plant Science*, 242, 3-13. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.07.010>

11. Begna, T., & Yesuf, H. (2021). Genetic mapping in crop plants. *Open Journal of Plant Science*, 6(1), 19-26. <https://dx.doi.org/10.17352/ojps.000028>
12. Bernardo, R., & Charcosset, A. (2006). Usefulness of gene information in marker-assisted recurrent selection: a simulation appraisal. *Crop Science*, 46(2), 614-621. <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.05-0088>
13. Bernardo, R., & Yu, J. (2007). Prospects for genomewide selection for quantitative traits in maize. *Crop Science*, 47, 1082-1090. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.11.0690>
14. Berry, S.T., Allen, R.J., Barnes, S.R., & Caligari, P.D. (1994). Molecular marker analysis of *Helianthus annuus* L. 1. Restriction fragment length polymorphism between inbred lines of cultivated sunflower. *Theoretical and Applied Genetics*, 89(4), 435-441. <https://doi.org/10.1007/BF00225378>
15. Berry, S.T., Leon, A.J., Hanfrey, C.C., Challis, P., Burkholz, A., Barnes, S.R., Rufener, G.K., Lee, M., & Caligari, P.D. (1995). Molecular marker analysis of *Helianthus annuus* L. 2. Construction of an RFLP linkage map for cultivated sunflower. *Theoretical and Applied Genetics*, 91(2), 195-199. <https://doi.org/10.1007/BF00220877>
16. Bertero de Romano, A., & A.N. Vázquez (2003). Origin of the Argentine sunflower varieties. *Helia*, 26(38), 127-136. <https://doi.org/10.2298/HEL0338127d>
17. Bordat, A., Marchand, G., Langlade, N.B., Pouilly, N., Muños, S., Dechamp-Guillaume, G., Vincourt, P., & Bret-Mestries, E. (2017). Different genetic architectures underlie crop responses to the same pathogen: the (*Helianthus annuus* * *Phoma macdonaldii*) interaction case for black stem disease and premature ripening. *BMC Plant Biology*, 17(1), 167. <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1116-1>
18. Borojević, S. (1981). *Principi i metodi oplemenjivanja bilja*. Radnički univerzitet „Radivoj Ćirpanov“, Novi Sad.
19. Bowers, J., Mitchell, J., Beer, E., Buzby, P.R., Causey, M., Efcavitch, J.W., Jarosz, M., Krzymanska-Olejniak, E., Kung, L., Lipson, D., Lowman, G.M., Marappan, S., McInerney, P., Platt, A., Roy, A., Siddiqi, S.M., Steinmann, K., & Thompson, J.F. (2009). Virtual terminator nucleotides for next generation DNA sequencing. *Nature Methods*, 6(8), 593-595. <https://doi.org/10.1038/nmeth.1354>
20. Bowers, J.E., Bachlava, E., Brunick, R.L., Rieseberg, L.H., Knapp, S.J., & Burke, J.M. (2012). Development of a 10,000 locus genetic map of the sunflower genome based on multiple crosses. *G3 Genes[Genomes]Genetics*, 2, 721-729. <https://doi.org/10.1534/g3.112.002659>
21. Brahm, L., Röcher, T., & Friedt, W. (2000). PCR-based markers facilitating marker assisted selection in sunflower for resistance to downy mildew. *Crop Science*, 40(3), 676-682. <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.403676x>

22. Brouillette, L.C., Rosenthal, D.M., Rieseberg, L.H., Lexer, C., Malmberg, R.L., & Donovan, L.A. (2007). Genetic architecture of leaf ecophysiological traits in *Helianthus*. *Journal of Heredity*, 98(2), 142-146.
<https://doi.org/10.1093/jhered/esl063>
23. Bulos, M., Ramos, M.L., Altieri, E., & Sala, C.A. (2013). Molecular mapping of a sunflower rust resistance gene from HAR6. *Breeding Science*, 63(1), 141-146.
<https://doi.org/10.1270/jsbbs.63.141>
24. Bulos, M., Vergani, P.N., & Altieri, E. (2014). Genetic mapping, marker assisted selection and allelic relationships for the *Pu6* gene conferring rust resistance in sunflower. *Breeding Science*, 64(3), 206-212.
<https://doi.org/10.1270/jsbbs.64.206>
25. Burke, J.M., Tang, S., Knapp, S.J., & Rieseberg, L.H. (2002). Genetic analysis of sunflower domestication. *Genetics*, 161(3), 1257-1267.
<https://doi.org/10.1093/genetics/161.3.1257>
26. Byrne, P., & Richardson, K. (2005). *Marker-assisted selection*. Plant and soil sciences eLibrary (PASSeL) lesson.
<https://passel2.unl.edu/view/lesson/a7b9c8f0ffa2>
27. Cadic, E., Coque, M., Vear, F., Grezes-Besset, B., Pauquet, J., Piquemal, J., Lippi, Y., Blanchard, P., Romestant, M., Pouilly, N., Rengel, D., Gouzy, J., Langlade, N., Mangin, B., & Vincourt, P. (2013). Combined linkage and association mapping of flowering time in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 126, 1337-1356.
<https://doi.org/10.1007/s00122-013-2056-2>
28. Celik, I., Bodur, S., Frary, A., & Doganlar, S. (2016). Genome-wide SNP discovery and genetic linkage map construction in sunflower (*Helianthus annuus* L.) using a genotyping by sequencing (GBS) approach. *Molecular Breeding*, 36, 133. <https://doi.org/10.1007/s11032-016-0558-8>
29. Chen, J., Hu, J., Vick, B.A., & Jan, C.C. (2006). Molecular mapping of a nuclear male-sterility gene in sunflower (*Helianthus annuus* L.) using TRAP and SSR markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 113(1), 122-127.
<https://doi.org/10.1007/s00122-006-0278-2>
30. Collard, B.C.Y., Jahufer, M.Z.Z., Brouwer, J.B., & Pang, E.C.K. (2005). An introduction to markers, quantitative trait loci (QTL) mapping and marker-assisted selection for crop improvement: the basic concepts. *Euphytica*, 142, 169-196. <https://doi.org/10.1007/s10681-005-1681-5>
31. Combs, E., & Bernardo, R. (2013). Accuracy of genomewide selection for different traits with constant population size, heritability, and number of markers. *The Plant Genome*, 6(1), 1-7.
<https://doi.org/10.3835/plantgenome2012.11.0030>
32. Crossa, J., de los Campos, G., Maccaferri, M., Tuberosa, R., Burgueño, J., & Pérez-Rodríguez, P. (2016). Extending the marker × environment interaction

model for genomic-enabled prediction and genome-wide association analysis in durum wheat. *Crop Science*, 56(5): 2193-2209.
<https://doi.org/10.2135/cropsci2015.04.0260>

33. Crouzillat, D., de la Canal, L., Perrault, A., Ledoigt, G., Vear, F., & Serieys, H. (1991). Cytoplasmic male sterility in sunflower: comparison of molecular biology and genetic studies. *Plant Molecular Biology*, 16(3), 415-426.
<https://doi.org/10.1007/BF00023992>
34. Crouzillat, D., de la Canal, L., Vear, F., Serieys, H., & Ledoigt, G. (1994). Mitochondrial DNA RFLP and genetical studies of cytoplasmic male sterility in the sunflower (*Helianthus annuus*). *Current Genetics*, 26(2), 146-152.
<https://doi.org/10.1007/BF00313803>
35. Cvejić, S., Radanović, A., Dedić, B., Jocković, M., Jocić, S., & Miladinović, D. (2020). Genetic and genomic tools in sunflower breeding for broomrape resistance. *Genes*, 11, 152. <https://doi.org/10.3390/genes11020152>
36. Dar, A.A., Mahajan, R., & Sharma, S. (2019). Molecular markers for characterization and conservation of plant genetic resources. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 89(11), 1755-1763.
https://www.researchgate.net/publication/337339423_Molecular_markers_for_characterization_and_conservation_of_plant_genetic_resources
37. Darbani, S.P., Mehrabi, A.A., Pordad, S.S., Maleki, A., & Farshadfar, M. (2020). Effect of drought stress on agro-morphological traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes and identification of informative ISSR markers. *Plant Genetics Resources*, 18(2), 49-62. <https://doi.org/10.1017/S1479262120000040>
38. Dekkers, J.C.M., & Hospital, F. (2002). The use of molecular genetics in the improvement of agricultural populations. *Nature Review Genetics*, 3(1), 22-32.
<https://doi.org/10.1038/nrg701>
39. Desta, Z.A., & Ortiz, R. (2014). Genomic selection: genome-wide prediction in plant improvement. *Trends in Plant Science*, 19(9), 592-601.
<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2014.05.006>
40. Dhutmal, R.R., Mundhe, A.G., & More, A.W. (2018). Molecular marker techniques: a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6, 816-825.
41. Dimitrijevic, A., & Horn, R. (2018). Sunflower hybrid breeding: from markers to genomic selection. *Frontiers in Plant Science*, 8, 2238.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02238>
42. Dimitrijević, A., Imerovski, I., Miladinović, D., Cvejić, S., Jocić, S., Zeremski, T., & Sakač, Z. (2017). Oleic acid variation and marker-assisted detection of Pervenets mutation in high- and low-oleic sunflower cross. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17(3), 235-241.
<https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n3a36>

43. Dong, G.J., Liu, G.S., & Li, K.F. (2007). Studying genetic diversity in the core germplasm of confectionary sunflower (*Helianthus annuus* L.) in China based on AFLP and morphological analysis. *Genetika*, 43(6), 762-770.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17853802>
44. Dowell, J.A., Reynolds, E.C., Pliakas, T.P., Mandel, J.R., Burke, J.M., Donovan, L.A., & Mason, C.M. (2019). Genome-wide association mapping of floral traits in cultivated sunflower (*Helianthus annuus*). *Journal of Heredity*, 110(3), 275-286. <https://doi.org/10.1093/jhered/esz013>
45. Duca, M., Joița-Păcureanu, M., Port, A., Martea, R., Boicu, A., Rîșnoveanu, L., & Clapco, S. (2020). Genetic diversity analysis of sunflower broomrape populations from Republic of Moldova using ISSR markers. *Romanian Agricultural Research*, 37, 89-97.
<https://www.incda-fundulea.ro/rar/nr37/rar37.12.pdf>
46. Edwards, S.M., Buntjer, J.B., Jackson, R., Bentley, A.R., Lage, J., Byrne, E., Burt, C., Jack, P., Berry, S., Flatman, E., Poupard, B., Smith, S., Hayes, C., Gaynor, R.C., Gorjanc, G., Howell, P., Ober, E., Mackay, I.J., & Hickey, J. M. (2019). The effects of training population design on genomic prediction accuracy in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 132(7), 1943-1952.
<https://doi.org/10.1007/s00122-019-03327-y>
47. Eid, J., Fehr, A., Gray, J., Luong, K., Lyle, J., Otto, G., Peluso, P., Rank, D., Baybayan, P., Bettman, B., Bibillo, A., Bjornson, K., Chaudhuri, B., Christians, F., Cicero, R., Clark, S., Dalal, R., Dewinter, A., Dixon, J., ... Turner, S. (2009). Real-time DNA sequencing from single polymerase molecules. *Science*, 323, 133-138. <https://doi.org/10.1126/science.1162986>
48. Elangovan, M. (2007). Molecular dissection of breadmaking quality in wheat (*Triticum aestivum* L.) [Doctoral thesis, University of Pune, India]. CSIR-NCL Digital Repository.
<http://dspace.ncl.res.in:8080/xmlui/handle/20.500.12252/2606>
49. Enns, H., Dorrell, D.G., Hoes, J.A., & Chubb, W.O. (1970). Sunflower research – a progress report. In *Proceedings of the 4th International Sunflower Conference* (pp. 162-167). International Sunflower Association.
50. Fernández-Martínez, J.M., Pérez-Vich, B., & Velasco, L. (2009). Sunflower. In J. Vollmann & I. Rajcan (eds), *Oil Crops* (pp.155-232). Handbook of Plant Breeding, volume 4, Springer New York, NY.
<https://doi.org/10.1007/978-0-387-77594-4>
51. Fick, G.N., & Miller, J.F. (1997). Sunflower breeding. In A.A. Schneiter (ed.), *Sunflower Technology and Production* (pp. 395-439). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America.
52. Filippi, C.V., Aguirre, N., Rivas, J.G., Zubrzycki, J., Puebla, A., Cordes, D., Moreno, M.V., Fusari, C.M., Alvarez, D., Heinz, R.A., Hopp, H.E., Paniego, N.B., & Lia, V.V. (2015). Population structure and genetic diversity

- characterization of a sunflower association mapping population using SSR and SNP markers. *BMC Plant Biology*, 15, 52.
<https://doi.org/10.1186/s12870-014-0360-x>
53. Gedil, M.A., Slabaugh, M.B., Berry, S., Johnson, R., Michelmore, R., Miller, J., Gulya, T., & Knapp, S.J. (2001). Candidate disease resistance genes in sunflower cloned using conserved nucleotide-binding site motifs: genetic mapping and linkage to the downy mildew resistance gene *Pl1*. *Genome*, 44(2), 205-212.
<https://doi.org/10.1139/g00-110>
 54. Gentzbittel, L., Vear, F., Zhang, Y.X., Bervillé, A., & Nicolas, P. (1995). Development of a consensus linkage RFLP map of cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 90(7-8), 1079-1086.
<https://doi.org/10.1007/BF00222925>
 55. Gentzbittel, L., Zhang, Y.X., Vear, F., Griveau, B., & Nicolas, P. (1994). RFLP studies of genetic relationships among inbred lines of the cultivated sunflower, *Helianthus annuus* L.: evidence for distinct restorer and maintainer germplasm pools. *Theoretical and Applied Genetics*, 89(4), 419-425.
<https://doi.org/10.1007/BF00225376>
 56. Giordani, T., Buti, M., Natali, L., Pugliesi, C., Cattonaro, F., Morgante, M., & Cavallini, A. (2011). An analysis of sequence variability in eight genes putatively involved in drought response in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 122(6), 1039-1049.
<https://doi.org/10.1007/s00122-010-1509-0>
 57. Goryunova, S., Goryunov, D., Chernova, A., Martynova, E., Dmitriev, A., Boldyrev, S., Ayupova, A., Mazin, P., Gurchenko, E., Pavlova, A., Petrova, D., Chebanova, Y., Gorlova, L., Garkusha, S., Mukhina, Z., Savenko, E., & Demurin, Y. (2019). Genetic and phenotypic diversity of the sunflower collection of the Pustovoit All-Russia Research Institute of Oil Crops (VNIIMK). *Helia*, 42(70), 45-60. <https://doi.org/10.1515/helia-2018-0021>
 58. Heather, J.M., & Chain, B. (2016). The sequence of sequencers: the history of sequencing DNA. *Genomics*, 107(1), 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2015.11.003>
 59. Heffner, E.L., Sorrells, M.E., & Jannink, J.L. (2009). Genomic selection for crop improvement. *Crop Science*, 49(1), 1-12.
<https://doi.org/10.2135/cropsci2008.08.0512>
 60. Herter, C.P., Ebmeyer, E., Kollers, S., Korzun, V., Würschum, T., & Miedaner, T. (2019). Accuracy of within- and among-family genomic prediction for Fusarium head blight and Septoria tritici blotch in winter wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 132(4), 1121-1135.
<https://doi.org/10.1007/s00122-018-3264-6>
 61. Herzog, E., & Frisch, M. (2013). Efficient marker-assisted backcross conversion of seed-parent lines to cytoplasmic male sterility. *Plant Breeding*, 132(1), 33-41.

<https://doi.org/10.1111/pbr.12021>

62. Heslot, N., Akdemir, D., Sorrells, M.E., & Jannink, J.L. (2014). Integrating environmental covariates and crop modeling into the genomic selection framework to predict genotype by environment interactions. *Theoretical and Applied Genetics*, 127(2), 463-480. <https://doi.org/10.1007/s00122-013-2231-5>
63. Hickey, J.M., Dreisigacker, S., Crossa, J., Hearne, S., Babu, R., Prasanna, B.M., Grondona, M., Zambelli, A., Windhausen, V.S., Mathews, K., & Gorjanc, G. (2014). Evaluation of genomic selection training population designs and genotyping strategies in plant breeding programs using simulation. *Crop Science*, 54(4), 1476-1488. <https://doi.org/10.2135/cropsci2013.03.0195>
64. Horn, R., Kusterer, B., Lazarescu, E., Prüfe, M., & Friedt, W. (2003). Molecular mapping of the *Rf1* gene restoring pollen fertility in PET1-based F₁ hybrids in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 106(4), 599-606. <https://doi.org/10.1007/s00122-002-1078-y>
65. Horn, R., Radanovic, A., Fuhrmann, L., Sprycha, Y., Hamrit, S., Jockovic, M., Miladinovic, D., & Jansen, C. (2019). Development and validation of markers for the fertility restorer gene *Rf1* in sunflower. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(6), 1260. <https://doi.org/10.3390/ijms20061260>
66. Horn, R., Reddemann, A., & Drumeva, M. (2016). Comparison of cytoplasmic male sterility based on PET1 and PET2 cytoplasm in sunflower (*Helianthus annuus* L.). In Y. Kaya, & S. Hasancebi (eds.), *Proceedings of the 19th International Sunflower Conference* (pp. 621-630). International Sunflower Association.
67. Imerovski, I., Dimitrijevic, A., Miladinovic, D., Dedic, B., Jovic, S., Kovacevic, B., & Obreht, D. (2013). Identification of PCR markers linked to different *Or* genes in sunflower. *Plant Breeding*, 132(1), 115-120. <https://doi.org/10.1111/pbr.12022>
68. Imerovski, I., Dimitrijević, A., Miladinović, D., Dedić, B., Jocić, S., Tubić, N. K., & Cvejić, S. (2016). Mapping of a new gene for resistance to broomrape races higher than F. *Euphytica*, 209, 281-289. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1597-7>
69. Isidro, J., Jannink, J.L., Akdemir, D., Poland, J., Heslot, N., & Sorrells, M.E. (2015). Training set optimization under population structure in genomic selection. *Theoretical and Applied Genetics*, 128(1), 145-158. <https://doi.org/10.1007/s00122-014-2418-4>
70. Jannink, J.L., Lorenz, A.J., & Iwata, H. (2010). Genomic selection in plant breeding: from theory to practice. *Briefings in Functional Genomics*, 9(2), 166-177. <https://doi.org/10.1093/bfpg/elq001>
71. Jarquín, D., Lemes da Silva, C., Gaynor, R.C., Poland, J., Fritz, A., Howard, R., Battenfield, S., & Crossa, J. (2017). Increasing genomic-enabled prediction accuracy by modeling genotype × environment interactions in Kansas

wheat. *The plant genome*, 10(2), 1-15.
<https://doi.org/10.3835/plantgenome2016.12.0130>

72. Jiang, G.L. (2013). Molecular markers and marker-assisted breeding in plants. In S.B. Andersen (ed.), *Plant breeding from laboratories to fields* (pp. 45-83). IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/52583>
73. Jocić, S., Malidža, G., & Škorić, D. (2004). Suncokret tolerantan na herbicide iz grupe imidazolinona. *Arhiv za poljoprivredne nauke*, 65, 229, 81-89.
<https://fiver.ifvcns.rs/bitstream/id/1104/245.pdf>
74. Jocić, S., Miklič, V., Hladni, N., Malidža, G., & Gvozdenović, S. (2008). New sunflower hybrids tolerant of tribenuron-methyl. In *Proceedings of the 17th International Sunflower Conference* (pp. 505-508). International Sunflower Association.
75. Jocić, S., Miladinović, D., & Yalcin, K. (2015). Breeding and genetics of sunflower. In E. Martínez-Force, N.T. Dunford, & J.J. Salas (eds.), *Sunflower: chemistry, production, processing, and utilization* (pp. 1-25). AOCS Press.
<https://doi.org/10.1016/C2015-0-00069-7>
76. Jovanović, D. (2001). Mogućnosti korištenja suncokreta i oplemenjivanje za posebne namene. U D. Miladinović (ur.), *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* (35, str. 209-221). Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
77. Kallamadi, P.R., & Mulpuri, S. (2020). Inheritance and molecular mapping of powdery mildew (*Golovinomyces orontii*) resistance gene(s) in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *3 Biotech.*, 10(5), 234.
<https://doi.org/10.1007/s13205-020-02224-2>
78. Kane, N.C., Burke, J.M., Marek, L., Seiler, G., Vear, F., Baute, G., Knapp, S.J., Vincourt, P., & Rieseberg, L.H. (2013). Sunflower genetic, genomic and ecological resources. *Molecular Ecology Resources*, 13(1), 10-20.
<https://doi.org/10.1111/1755-0998.12023>
79. Kiani, S.P., Talia, P., Maury, P., Grieu, P., Heinz, R., Perrault, A., Nishinakamasu, V., Hopp, E., Gentzbittel, L., Paniego, N., & Sarrafi, A. (2007). Genetic analysis of plant water status and osmotic adjustment in recombinant inbred lines of sunflower under two water treatments. *Plant Science*, 172(4), 773-787. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2006.12.007>
80. Kilian, A., Huttner, E., Wenzl, P., Jaccoud, D., Carling, J., Caig, V., Evers, M., Heller-Uszynska, K., Uszynski, G., Cayla, C., Patarapuwadol, S., Xia, L., Yang, S., & Thomson, B. (2005). The fast and the cheap: SNP and DArT-based whole genome profiling for crop improvement. In R. Tuberosa, R.L. Phillips, & M. Gale (eds.), *Proceedings of the International Congress "In the wake of the double helix: from the green revolution to the gene revolution"* (pp. 443-461). Avenue media.
81. Kinman, M.L. (1970). New developments in the USDA and state experiment station sunflower breeding programs. In *Proceedings of 4th International*

Sunflower Conference (pp. 181-183). International Sunflower Association.

82. Kristensen, P.S., Jahoor, A., Andersen, J.R., Cericola, F., Orabi, J., Janss, L.L., & Jensen, J. (2018). Genome-wide association studies and comparison of models and cross-validation strategies for genomic prediction of quality traits in advanced winter wheat breeding lines. *Frontiers in Plant Science*, 9, 69. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00069>
83. Krizmanić, M. (2012). Suncokret. U V. Kozumlik, & I. Pejić (ur.), *Oplemenjivanje poljoprivrednog bilja u Hrvatskoj* (str. 77-80). Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
84. Krizmanić, M., Liović, I., Mijić, A., Krizmanić, G., Šimić, B., Duvnjak, T. Bilandžić, M., Marinković, R., Gadžo, D., & Markulj, A. (2012). Utjecaj okolina na kvantitativna svojstva novih OS-hibrida suncokreta. *Sjemenarstvo*, 29(3-4), 121-135. <https://hrcak.srce.hr/file/151942>
85. Krizmanić, M., & Martinčić, J. (1996). Suncokret (*Helianthus annuus* L.). U J. Martinčić, & V. Kozumplik (ur.), *Oplemenjivanje bilja* (str. 309-334). Poljoprivredni fakultet Osijek i Agronomski fakultet Zagreb.
86. Kumawat, G., Kumawat, C.K., Chandra, K., Pandey, S., Chand, S., Mishra, U.N., Lenka, D., & Sharma, R. (2020). Insights into marker assisted selection and its applications in plant breeding. In I.Y. Abdurakhmonov (ed.), *Plant breeding - current and future views* (pp. 1-21). IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.95004>
87. Kusterer, B., Horn, R., & Friedt, W. (2005). Molecular mapping of the fertility restoration locus *Rf1* in sunflower and development of diagnostic markers for the restorer gene. *Euphytica*, 143, 35-42. <https://doi.org/10.1007/s10681-005-1795-9>
88. Lado, B., Barrios, P.G., Quincke, M., Silva, P., & Gutiérrez, L. (2016). Modeling genotype×environment interaction for genomic selection with unbalanced data from a wheat breeding program. *Crop Science*, 56(5), 2165-2179. <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.04.0207>
89. Langar, K., Lorieux, M., Desmarais, E., Griveau, Y., Gentzbittel, L., & Bervillé, A. (2003). Combined mapping of DALP and AFLP markers in cultivated sunflower using F9 recombinant inbred lines. *Theoretical and Applied Genetics*, 106(6), 1068-1074. <https://doi.org/10.1007/s00122-002-1087-x>
90. Larkin, D.L., Lozada, D.N., & Mason, R.E. (2019). Genomic selection – considerations for successful implementation in wheat breeding programs. *Agronomy*, 9(9), 479. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090479>
91. Lawson, W.R., Goulter, K.C., Henry, R.J., Kong, G.A., & Kochman, J.K. (1998). Marker-assisted selection for two rust resistance genes in sunflower. *Molecular Breeding*, 4, 227-234. <https://doi.org/10.1023/A:1009667112088>
92. Leclercq, P. (1969). Une sterilité male cytoplasmique chez le tournesol. *Annales*

de l'Amelioration des Plantes, 19(2), 99-106.

93. Leclercq, P. (1971). La sterilité mâle cytoplasmique du tournesol 1. Premières études sur la restauration de fertilité. *Annales de l'Amelioration des Plantes*, 21(1), 45-54.
94. Liović, I., Horvat, D., Mijić, A., Sudarić, A., Duvnjak, T., & Markulj Kulundžić, A. (2021). Procjena stabilnosti uroda zrna i sadržaja ulja hibrida suncokreta AMMI analizom. *Poljoprivreda*, 27(1), 3-10.
<https://doi.org/10.18047/poljo.27.1.1>
95. Liović, I., Krizmanić, M., Mijić, A., Bilandžić, M., Markulj, A., Marinković, R., & Gadžo, D. (2012). Linija x tester analiza u procjeni kombinatornih sposobnosti sadržaja ulja kod suncokreta. *Poljoprivreda*, 18(2), 3-6.
<https://hrcak.srce.hr/file/139215>
96. Liu, Z., Gu, W., Seiler, G.J., & Jan, C.C. (2020). A unique cytoplasmic-nuclear interaction in sunflower (*Helianthus annuus* L.) causing reduced-vigor plants and the genetics of vigor restoration. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1010.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01010>
97. Liu, Z., Gulya, T.J., Seiler, G.J., Vick, B.A., & Jan, C.C. (2012). Molecular mapping of the *Pl₁₆* downy mildew resistance gene from HA-R4 to facilitate marker-assisted selection in sunflower. *Theoretical and Applied Genetics*, 125(1), 121-131. <https://doi.org/10.1007/s00122-012-1820-z>
98. Liu, Z., Wang, D., Feng, J., Seiler, G.J., Cai, X., & Jan, C.C. (2013). Diversifying sunflower germplasm by integration and mapping of a novel male fertility restoration gene. *Genetics*, 193(3), 727-737.
<https://doi.org/10.1534/genetics.112.146092>
99. Livaja, M., Unterseer, S., Erath, W., Lehermeier, C., Wieseke, R., Plieske, J., Polley, A., Luerßen, H., Wieckhorst, S., Mascher, M., Hahn, V., Ouzunova, M., Schön, C.C., & Ganal, M.W. (2016). Diversity analysis and genomic prediction of *Sclerotinia* resistance in sunflower using a new 25 K SNP genotyping array. *Theoretical and Applied Genetics*, 129(2), 317-329.
<https://doi.org/10.1007/s00122-015-2629-3>
100. Loman, N.J., & Quinlan, A.R. (2014). Poretools: a toolkit for analyzing nanopore sequence data. *Bioinformatics*, 30(23), 3399-3401.
<https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btu555>
101. Long, R., Gulya, T., Light, S., Bali, K., Mathesius, K., & Meyer, R.D. (2019). Sunflower hybrid seed production in California. *ANR Publication* (pp. 1-32).
<https://doi.org/10.3733/ucanr.8638>
102. Lu, Y.H., Gagne, G., Grezes-Besset, B., & Blanchard, P. (1999). Integration of a molecular linkage group containing the broomrape resistance gene *Or5* into an RFLP map in sunflower. *Genome*, 42(3), 453-456.
<https://doi.org/10.1139/g98-135>

103. Ma, G., Long, Y., Song, Q., Talukder, Z.I., Shamimuzzaman, M., & Qi, L. (2021). Map and sequence-based chromosome walking towards cloning of the male fertility restoration gene *Rf5* linked to *R₁₁* in sunflower. *Scientific Reports*, 11, 777. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80659-6>
104. Ma, G., Song, Q., Li, X., & Qi, L. (2020). High-density mapping and candidate gene analysis of *Pl₁₈* and *Pl₂₀* in sunflower by whole-genome resequencing. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(24), 9571. <https://doi.org/10.3390/ijms21249571>
105. Ma, G.J., Markell, S.G., Song, Q.J., & Qi, L.L. (2017). Genotyping-by-sequencing targeting of a novel downy mildew resistance gene *Pl₂₀* from wild *Helianthus argophyllus* for sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 130(7), 1519-1529. <https://doi.org/10.1007/s00122-017-2906-4>
106. Ma, G.J., Song, Q.J., Markell, S.G., & Qi, L.L. (2018). High-throughput genotyping-by-sequencing facilitates molecular tagging of a novel rust resistance gene, *R₁₅*, in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 131(7), 1423-1432. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3087-5>
107. Manly, K.F., Cudmore, R.H., Jr., & Meier, J.M. (2001). Map manager QTX, cross-platform software for genetic mapping. *Mammalian Genome*, 12, 930-932. <https://doi.org/10.1007/s00335-001-1016-3>
108. Mardis, E.R. (2008). Next-generation DNA sequencing methods. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, 9, 387-402. <https://doi.org/10.1146/annurev.genom.9.081307.164359>
109. Marinković, R., Dozet, B., & Vasić, D. (2003). *Oplemenjivanje suncokreta: monografija*. DOO „Školska knjiga“, Novi Sad.
110. Markin, N., Usatov, A., Makarenko, M., Azarin, K., Gorbachenko, O., Kolokolova, N., Usatenko, T., Markina, O., & Gavrilova, V. (2017). Study of informative DNA markers of the *Rfl* gene in sunflower for breeding practice. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 53(2), 69-75. <https://doi.org/10.17221/108/2016-CJGPB>
111. Markulj Kulundžić, A., Viljevac Vuletić, M., Jocić, S., Cvejić, S., Matoša Kočar, M., Mijić, A., Liović, I., Sudarić, A., Lepeduš, H., Kovačević, J., & Josipović, A. (2016). Effect of different soil water content effect on genotype expression in photosynthetic efficiency and leaf temperature in sunflower. *Genetika*, 48(3), 971-982. <https://doi.org/10.2298/GENSR1603971M>
112. Maulana, F., Kim, K.S., Anderson, J.D., Sorrells, M.E., Butler, T.J., Liu, S., Baenziger, P.S., Byrne, P.F., & Ma, X.F. (2019). Genomic selection of forage quality traits in winter wheat. *Crop Science*, 59(6), 2473-2483. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.10.0655>
113. Maxam, A.M., & Gilbert, W. (1977). A new method for sequencing DNA.

Proceedings of the National Academy of Sciences, 74(2), 560-564.
<https://doi.org/10.1073/pnas.74.2.560>

114. Merrick, L.F., & Carter, A.H. (2021). Comparison of genomic selection models for exploring predictive ability of complex traits in breeding programs. *The plant genome*, 14(3), e20158. <https://doi.org/10.1002/tpg2.20158>
115. Meuwissen, T.H.E., Hayes, B.J., & Goddard, M.E. (2001). Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genetics*, 157(4), 1819-1829. <https://doi.org/10.1093/genetics/157.4.1819>
116. Mijić, A., Kozumplik, V., Kovačević, J., Liović, I., Krizmanić, M., Duvnjak, T., Marić, S., Horvat, D., Šimić, G., & Gunjača, J. (2008). Combining abilities and gene effects on sunflower grain yield, oil content and oil yield. *Periodicum Biologorum*, 110(3), 277-284.
117. Mijić, A., Liović, I., Sudarić, A., Gadžo, D., Jovović, Z., Jankulovska, M., Markulj Kulundžić, A., & Duvnjak, T. (2017). The effect of environment on the phenotypic expression of grain yield, oil content and oil yield in sunflower hybrids. *Agriculture & Forestry*, 63(1), 309-318. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.63.1.32>
118. Miklič, V., Dušanić, N., & Jocić, S. (2011). Semenska proizvodnja suncokreta. U M. Milošević, & B. Kobiljski (ur.), *Semenarstvo II*. (str. 195-264). Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad.
119. Miklič, V., Hladni, N., Jocić, S., Marinković, R., Atlagić, J., Saftić-Panković, D., Miladinović, D., Dušanić, N., & Gvozdenović, S. (2008). Oplemenjivanje suncokreta u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo. U D. Miladinović (ur.), *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* (45(1), str. 31-63). Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
120. Miladinović, D., Taški-Ajduković, K., Nagl, N., Kovačević, B., Dimitrijević, A., Imerovski, I., Miladinović, J., Dušanić, N., & Balalić, I. (2014): Genetic diversity of wild sunflower (*Helianthus* sp.) accessions with different tolerance to mid-stalk white rot. *Genetika*, 46(2), 331-342. <https://doi.org/10.2298/GENSR1402331M>
121. Miller, J.F. 1987. Sunflower. In W.R. Fehr (ed.), *Principles of cultivar development* (vol. 2., pp. 626-668). Macmillian Publ. Co., New York.
122. Miller, J.F., & Al-Khatib, K. (2000). Development of herbicide resistant germplasm in sunflower. In *Proceedings of the 15th International Sunflower Conference* (pp. O 37-41). International Sunflower Association.
123. Miller, J.F., & Al-Khatib, K. (2004). Registration of two oilseed sunflower genetic stocks, SURES-1 and SURES-2 resistant to tribenuron herbicide. *Crop Science*, 44(3), 1037-1038. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.1037>
124. Mohan, M., Nair, S., Bhagwat, A., Krishna, T.G., Yano, M., Bhatia, C.R., & Sasaki, T. (1997). Genome mapping, molecular markers and marker-assisted

- selection in crop plants. *Molecular Breeding*, 3, 87-103.
<http://dx.doi.org/10.1023/A:1009651919792>
125. Mondini, L., Noorani, A., & Pagnotta, M.A. (2009). Assessing plant genetic diversity by molecular tools. *Diversity*, 1(1), 19-35.
<https://doi.org/10.3390/d1010019>
 126. Morsi, M.M., Abdelmgid, H.M., & Hammad, D.M. (2020). Genetic variation analysis for breeding purposes in wild and cultivated sunflower germplasm (*Helianthus annuus* sp.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 23(12), 1539-1550. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2020.1539.1550>
 127. Mouzeyar, S., Roeckel-Drevet, P., Gentzbittel, L., Philippon, J., Tourvieille de Labrouhe, D., Vear, F., & Nicolas, P. (1995). RFLP and RAPD mapping of the sunflower *Pl₁* locus for resistance to *Plasmopara halstedii* race 1. *Theoretical and Applied Genetics*, 91(5), 733-737. <https://doi.org/10.1007/BF00220951>
 128. Mullis, K. (1990). The unusual origin of the polymerase chain reaction. *Scientific American*, 262(4), 56-61.
<https://doi.org/10.1038/scientificamerican0490-56>
 129. Nadeem, M.A., Nawaz, M.A., Shahid, M.Q., Dogan, Y., Comertpay, G., Yıldız, M., Hatipoglu, R., Ahmad, F., Alsaleh, A., Labhane, N., Özkan, H., Chung, G., & Baloch, F.S. (2018). DNA molecular markers in plant breeding: current status and recent advancements in genomic selection and genome editing. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 32(2), 261-285.
<https://doi.org/10.1080/13102818.2017.1400401>
 130. Nikolić, Z., Vujaković, M., & Jevtić, A. (2008). Genetic purity of sunflower hybrids determined on the basis of isozymes and seed storage proteins. *Helia*, 31(48), 47-54. <https://doi.org/10.2298/hel0848047n>
 131. Palomo, P.J., López-Valbuena, R., & Tena, M. (1999). Sunflower (*Helianthus annuus*) variability in antioxidant enzyme defenses. *Free Radical Research*, 31(S), 227-233. <https://doi.org/10.1080/10715769900301551>
 132. Panković, D., Jocić, S., Lačok, N., Sakač, Z., & Škorić, D. (2004). The use of PCR-based markers in the evaluation of resistance to downy mildew in NS-breeding material. *Helia*, 27(40), 149-158.
<https://doi.org/10.2298/HEL0440149P>
 133. Park, B., & Burke, J.M. (2020). Phylogeography and the evolutionary history of sunflower (*Helianthus annuus* L.): wild diversity and the dynamics of domestication. *Genes (Basel)*, 11(3), 266.
<https://doi.org/10.3390/genes11030266>
 134. Pecrix, Y., Penouilh-Suzette, C., Muños, S., Vear, F., & Godiard, L. (2018). Ten broad spectrum resistances to downy mildew physically mapped on the sunflower genome. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1780.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01780>

135. Pejić, I. (2022). Konvencionalno i molekularno oplemenjivanje bilja. U I. Pejić, & Z. Šatović (ur.), *Molekularno oplemenjivanje bilja* (str. 3-20). Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
136. Pérez-Vich, B., Leon, A.J., Grondona, M., Velasco, L., & Fernández-Martínez, J.M. (2006). Molecular analysis of the high stearic acid content in sunflower mutant CAS-14. *Theoretical and Applied Genetics*, 112(5), 867-875.
<https://doi.org/10.1007/s00122-005-0188-8>
137. Plavšin, I. (2022). *Genomska selekcija za svojstva kakvoće pšeničnoga zrna* [Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet]. Repozitorij Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
<https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:282543>
138. Plavšin, I., Gunjača, J., Šatović, Z., Šarčević, H., Ivić, M., Dvojković, K., & Novoselović, D. (2021a). An overview of key factors affecting genomic selection for wheat quality traits. *Plants*, 10(4), 745.
<http://dx.doi.org/10.3390/plants10040745>
139. Plavšin, I., Gunjača, J., Šimek, R., & Novoselović, D. (2021b). Capturing GEI patterns for quality traits in biparental wheat populations. *Agronomy*, 11(6), 1022. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy11061022>
140. Poverene, M., Carrera, A., Ureta, S., & Cantamutto, M. (2004). Wild *Helianthus* species and wild-sunflower hybridization in Argentina. *Helia*, 27(40), 133-142.
<https://doi.org/10.2298/HEL0440133P>
141. Pustovoit, G.V., Ilatovsky, V.P., & Slyusar, E.L. (1976). Results and prospects of sunflower breeding for group immunity by interspecific hybridization. In *Proceedings of the 7th International Sunflower Conference* (pp. 193-204). International Sunflower Association.
142. Putt, E.D. (1962). The value of hybrids and synthetics in sunflower seed production. *Canadian Journal of Plant Science*, 42, 488-500.
143. Qi, L., & Ma, G. (2020). Marker-assisted gene pyramiding and the reliability of using SNP markers located in the recombination suppressed regions of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Genes (Basel)*, 11(1), 10.
<https://doi.org/10.3390/genes11010010>
144. Qi, L.L., Foley, M.E., Cai, X.W., & Gulya, T.J. (2016). Genetics and mapping of a novel downy mildew resistance gene, *Pl₁₈*, introgressed from wild *Helianthus argophyllus* into cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 129(4), 741-752.
<https://doi.org/10.1007/s00122-015-2662-2>
145. Qi, L.L., Hulke, B.S., Vick, B.A., & Gulya, T.J. (2011). Molecular mapping of the rust resistance gene *R₄* to a large NBS-LRR cluster on linkage group 13 of sunflower. *Theoretical and Applied Genetics*, 123, 351-358.
<https://doi.org/10.1007/s00122-011-1588-6>

146. Qi, L.L., Long, Y.M., Jan, C.C., Ma, G.J., & Gulya, T.J. (2015). *Pl₁₇* is a novel gene independent of known downy mildew resistance genes in the cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 128(4), 757-767. <https://doi.org/10.1007/s00122-015-2470-8>
147. Qi, L.L., Ma, G.J., Long, Y.M., Hulke, B.S., Gong, L., & Markell, S.G. (2015). Relocation of a rust resistance gene *R₂* and its marker-assisted gene pyramiding in confection sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 128(3), 477-488. <https://doi.org/10.1007/s00122-014-2446-0>
148. Qi, L.L., Seiler, G.J., Vick, B.A., & Gulya, T.J. (2012). Genetics and mapping of the *R₁₁* gene conferring resistance to recently emerged rust races, tightly linked to male fertility restoration, in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 125, 921-932. <https://doi.org/10.1007/s00122-012-1883-x>
149. Quagliaro, G., Vischi, M., Tyrka, M., & Olivieri, A.M. (2001). Identification of wild and cultivated sunflower for breeding purposes by AFLP markers. *Journal of Heredity*, 92(1), 38-42. <https://doi.org/10.1093/jhered/92.1.38>
150. Radanović, A., Sprycha, Y., Jocković, M., Sundt, M., Miladinović, D., Jansen, C., & Horn, R. (2022). KASP markers specific for the fertility restorer locus *Rf1* and application for genetic purity testing in sunflowers (*Helianthus annuus* L.). *Genes*, 13(3), 465. <https://doi.org/10.3390/genes13030465>
151. Renaut, S. (2017). Illuminating the sunflower genome. *Nature Plants*, 3, 17099. <https://doi.org/10.1038/nplants.2017.99>
152. Ribaut, J.M., de Vicente, M.C., & Delannay, X. (2010). Molecular breeding in developing countries: challenges and perspectives. *Current Opinion in Plant Biology*, 13(2), 213-218. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.12.011>
153. Riedelsheimer, C., & Melchinger, A.E. (2013). Optimizing the allocation of resources for genomic selection in one breeding cycle. *Theoretical and Applied Genetics*, 126(11), 2835-2848. <https://doi.org/10.1007/s00122-013-2175-9>
154. Risch, N. (1992). Genetic linkage: interpreting LOD scores. *Science*, 255(5046), 803-804. <https://doi.org/10.1126/science.1536004>
155. Robertsen, C.D., Hjortshøj, R.L., & Janss, L.L. (2019). Genomic selection in cereal breeding. *Agronomy*, 9(2), 95. <https://doi.org/10.3390/agronomy9020095>
156. Saftić-Panković, D., Šatović, Z., Ćurčić, N., Jocić, S., & Miklič, V. (2008). Positioning of CAPS markers for resistance to downy mildew on linkage maps as determined in three sunflower mapping populations. In M. Pospišil (ed.), *Proceedings of the 43rd Croatian & 3rd International Symposium on Agriculture* (pp. 357-361). University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Zagreb, Croatia.
157. Sajer, O., Schirmak, U., Hamrit, S., & Horn, R. (2020). Mapping of the new fertility restorer gene *Rf-PET2* close to *Rf1* on linkage group 13 in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Genes (Basel)*, 11(3), 269.

<https://doi.org/10.3390/genes11030269>

158. Sanger, F., & Coulson, A. (1975). A rapid method for determining sequences in DNA by primed synthesis with DNA polymerase. *Journal of Molecular Biology*, 94(3), 441-448. [https://doi.org/10.1016/0022-2836\(75\)90213-2](https://doi.org/10.1016/0022-2836(75)90213-2)
159. Sanger, F., Nicklen, S., & Coulson, A.R. (1977). DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of National Academy of Sciences*, 74(12), 5463-5467. <https://doi.org/10.1073/pnas.74.12.5463>
160. Shamshad, M., & Sharma, A. (2018). The usage of genomic selection strategy in plant breeding. In Y.Ö. Çiftçi (ed.), *Next generation plant breeding* (pp. 93-108). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.76247>
161. Singh, B.D., & Singh, A.K. (2015). *Marker-assisted plant breeding: principles and practices*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2316-0_2
162. Sorrells, M.E. (2015). Genomic selection in plants: empirical results and implications for wheat breeding. In Y. Ogihara, S. Takumi, & H. Handa (eds.), *Advances in wheat genetics: from genome to field* (pp. 401-409). Springer Tokyo. <https://doi.org/10.1007/978-4-431-55675-6>
163. Southern, E.M. (1975). Detection of specific sequences among DNA fragments separated by gel electrophoresis. *Journal of Molecular Biology*, 98(3), 503-508. [https://doi.org/10.1016/s0022-2836\(75\)80083-0](https://doi.org/10.1016/s0022-2836(75)80083-0)
164. Sudarić, A., Vratarić, M., Mladenović Drinić, S., & Matoša, M. (2010). Biotechnology in soybean breeding. *Genetika*, 42(1), 91-102. <https://doi.org/10.2298/GENSR1001091S>
165. Sudarić, A., Vratarić, M., Mladenović Drinić, S., & Zdunić, Z. (2011). Genetic improvement: molecular-based strategies. In A. Sudarić (ed.), *Soybean - molecular aspects of breeding* (pp. 57-80). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/15644>
166. Šatović, Z. (1999). Genetski biljezi i njihova uporaba u biljnoj genetici, oplemenjivanju i sjemenarstvu. *Sjemenarstvo*, 16(1-2), 73-95. <https://hrcak.srce.hr/file/248157>
167. Škorić, D. (2004). Dostignuća i daljnji pravci u oplemenjivanju suncokreta. *Glasnik zaštite bilja*, 27(5), 5-10. <https://hrcak.srce.hr/164402>
168. Škorić, D. (2012). Sunflower breeding. In Z. Kovačević (ed.), *Sunflower genetics and breeding: international monography* (pp. 165-354). Serbian Academy of Sciences and Arts.
169. Škorić, D., Jocić, S., Jovanović, D., Hladni, N., Marinković, R., Atlagić, J., Panković, D., Vasić, D., Miladinović, F., Gvozdenović, S., Terzić, S., & Sakač, Z. (2006). Dostignuća u oplemenjivanju suncokreta. U D. Miladinović (ur.), *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* (42(1), str. 131-171). Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
170. Talukder, Z.I., Gong, L., Hulke, B.S., Pegadaraju, V., Song, Q., Schultz, Q., &

- Qi, L., (2014). A high-density SNP map of sunflower derived from RAD-sequencing facilitating fine-mapping of the rust resistance gene *R₁₂*. *PLoS ONE* 9(7), e98628. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098628>
171. Talukder, Z.I., Ma, G., Hulke, B.S., Jan, C.C., & Qi, L. (2019). Linkage mapping and genome-wide association studies of the *Rf* gene cluster in sunflower (*Helianthus annuus* L.) and their distribution in world sunflower collections. *Frontiers in Genetics*, 10, 216. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00216>
 172. Talukder, Z.I., Seiler, G.J., Song, Q., Ma, G., & Qi, L. (2016). SNP discovery and QTL mapping of Sclerotinia basal stalk rot resistance in sunflower using genotyping-by-sequencing. *The Plant Genome*, 9(3), 1-16. <https://doi.org/10.3835/plantgenome2016.03.0035>
 173. Tang, S., Yu, J.K., Slabaugh, B., Shintani, K., & Knapp, J. (2002). Simple sequence repeat map of the sunflower genome. *Theoretical and Applied Genetics*, 105(8), 1124-1136. <https://doi.org/10.1007/s00122-002-0989-y>
 174. Taški-Ajduković, K., Radić, V., Jevtić, A., Čanak, P., Vujaković, M., & Miklič, V. (2010). Usporedna analiza genetske čistoće roditeljskih linija suncokreta u polju i laboratoriji. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 47(1), 153-156. https://hdl.handle.net/21.15107/rcub_fiver_884
 175. Tersac, M., Blanchard, P., Brunel, D., & Vincourt, P. (1994). Relations between heterosis and enzymatic polymorphism in populations of cultivated sunflowers (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 88(1), 49-55. <https://doi.org/10.1007/BF00222393>
 176. Thudi, M., Li, Y., Jackson, S.A., May, G.D., & Varshney, R.K. (2012). Current state-of-art of sequencing technologies for plant genomics research. *Briefings in Functional Genomics*, 11(1), 3-11. <https://doi.org/10.1093/bfpg/elr045>
 177. UPOV (2000). *Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability, sunflower (Helianthus annuus L.)*, TG/81/6. International union for the protection of new varieties of plants. <https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg081.pdf>
 178. Vasić, D. (2004). Upotreba biotehnoških i metoda molekularne biologije u oplemenjivanju suncokreta – dostignuća u svijetu. *Glasnik zaštite bilja*, 27(5), 11-20. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/164405>
 179. Vera-Ruiz, E.M., Velasco, L., Leon, A.J., Fernández-Martínez, J.M., & Pérez-Vich, B. (2006). Genetic mapping of the *Tph1* gene controlling beta-tocopherol accumulation in sunflower seeds. *Molecular Breeding*, 17, 291-296. <https://doi.org/10.1007/s11032-005-5678-5>
 180. Voss-Fels, K.P., Cooper, M., & Hayes, B.J. (2019). Accelerating crop genetic gains with genomic selection. *Theoretical and Applied Genetics*, 132(3), 669-686. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3270-8>
 181. Vranceanu, A.V., Stoenescu, F.M., & Pirvu, N. (1985). Conversion of single

- headed inbreds into recessive branched restorers and their utilization in sunflower breeding. In *Proceedings of the 11th International Sunflower Conference* (pp. 691-696). International Sunflower Association.
182. Vratarić, M., & Sudarić, A. (2004). Oplemenjivanje i genetika suncokreta. U M. Vratarić (ed.), *Suncokret *Helianthus annuus* L.* (pp. 69-162). Poljoprivredni institut Osijek.
 183. Ward, B.P., Brown-Guedira, G., Tyagi, P., Kolb, F.L., van Sanford, D.A., Sneller, C.H., & Griffey, C.A. (2019). Multienvironment and multitrait genomic selection models in unbalanced early-generation wheat yield trials. *Crop Science*, 59(2), 491-507. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.03.0189>
 184. Young, N.D. (1994). Constructing a plant genetic linkage map with DNA markers. In R.L. Phillips, & I.K. Vasil (eds.), *DNA-based markers in plants* (pp. 39-57). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-1104-1_3
 185. Yue, B., Vick, B.A., Cai, X., & Hu, J. (2010). Genetic mapping for the *Rf1* (fertility restoration) gene in sunflower (*Helianthus annuus* L.) by SSR and TRAP markers. *Plant Breeding*, 129(1), 24-28. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2009.01661.x>
 186. Zhang, X., Pérez-Rodríguez, P., Semagn, K., Beyene, Y., Babu, R., López-Cruz, M.A., San Vicente, F., Olsen, M., Buckler, E., Jannink, J.L., Prasanna, B.M., & Crossa, J. (2015). Genomic prediction in biparental tropical maize populations in water-stressed and well-watered environments using low-density and GBS SNPs. *Heredity*, 114(3), 291-299. <https://doi.org/10.1038/hdy.2014.99>
 187. Zhang, Y.X., Gentzbittel, L., Vear, F., & Nicolas, P. (1995). Assessment of inter- and intra-inbred line variability in sunflower (*Helianthus annuus*) by RFLPs. *Genome*, 38(5), 1040-1048. <https://doi.org/10.1139/g95-138>
 188. Zhang, Z.W., Ma, G.J., Zhao J., Markell, S.G., & Qi, L.L. (2017). Discovery and introgression of the wild sunflower-derived novel downy mildew resistance gene *Pl₁₉* in confection sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 130(1), 29-39. <https://doi.org/10.1007/s00122-016-2786-z>

11. SJEMENARSTVO I DORADA SJEMENA SUNCOKRETA

*Anto Mijić
Ivica Liović
Luka Andrić
Hrvoje Plavšić
Ivica Beraković*

U poglavlju Oplemenjivanje suncokreta objašnjeno je da samo dugotrajan, sistematski i na suvremenim znanstvenim osnovama postavljen program oplemenjivanja može rezultirati priznatim hibridom. Međutim, za održavanje takvog hibrida, ali i njegovo širenje u proizvodnji na velikim površinama i u različitim agroekološkim uvjetima, neophodan je takav pristup i u sjemenarstvu. Sjemenarstvo se smatra završnom fazom oplemenjivanja bilja s ciljem održavanja biološke vrijednosti sjemena novostvorenog ili priznatog kultivara (Milošević i sur., 1996).

Prema Kolaku (1994) sjemenarstvo je znanstvena i stručna disciplina koja proučava poljoprivredno sjeme i sadni materijal (dijelove poljoprivrednog bilja koji služe za razmnožavanje) od oblikovanja do proizvodnje nove biljke, metode proizvodnje, kontrole, dorade, utvrđivanja kakvoće, pakiranja, prijevoza i čuvanja poljoprivrednog sjemena i sadnog materijala te marketing sjemena. Vratarić i Sudarić (2008) sjemenarstvo definiraju kao posebnu granu poljoprivredne proizvodnje koja proučava poljoprivredno sjeme i sadni materijal, a uključuje zasnivanje i uzgoj sjemenskog usjeva, kontrolu sjemenskog usjeva u polju, ubiranje sjemena, ispitivanje genetske čistoće, doradu sjemena, ispitivanje i utvrđivanje kvalitete sjemena, zatim pakiranje, uskladištenje i čuvanje, deklariranje, distribuciju, promet sjemena i na kraju njegovu upotrebu.

Sjemenarstvo predstavlja sintezu niza drugih znanstvenih disciplina iz područja poljoprivrede, a značajnu osnovu pri tome predstavlja znanje iz genetike i oplemenjivanja bilja. Osim toga, ne manje važno je kontinuirano praćenje znanstveno-tehnoloških rješenja u okviru tehnoloških postupaka proizvodnje, dorade i prometa (Gatarić, 2005). Vrlo dobro ustrojeno sjemenarstvo i suvremena oprema za doradu sjemena utječu na visoko produktivnu i stabilnu proizvodnju suncokreta (Krizmanić, 2012).

Kvalitetno sjeme treba biti genetski identično kultivaru koji je kreirao oplemenjivač, imati visoku klijavost, tolerirati stresne uvjete u okolini, biti bez patogena koji mogu utjecati na formiranje kvalitete ili razvoj biljaka te biti bez sjemena korova i drugih usjeva ili inertnih materijala (Anfinrud, 1997). Zadaci sjemenarstva suncokreta, prije svega, odnose se na umnažanje priznatih hibrida i njihovih roditeljskih inbred linija.

Svaka sjemenska kuća ima manji ili veći broj hibrida koji se nalaze na tržištu, a zadatak sjemenarstva je osigurati dostatne količine kvalitetnog sjemena. Kada je riječ o novopriznatim hibridima, u početku se radi o manjim količinama sjemena dostatnim za intenzivnu promidžbenu aktivnost, ali i dodatno testiranje na većim površinama. Ključnu ulogu u pozicioniranju novih hibrida na tržištu imaju svojstva tih hibrida, osmišljena promidžbena aktivnost putem medija, kataloga, demonstracijskih pokusa i dana polja te stručni i iskusni agronomi-promotori na terenu koji dobro poznaju stanje tržišta. U pravilu, znatno veće količine sjemena potrebno je osigurati za hibride koji su već duže na tržištu. Samo ozbiljan, odgovoran i dobro osmišljen rad, u svim segmentima sjemenarstva, rezultat će širenjem novih hibrida na tržištu te boljim pozicioniranjem već priznatih hibrida.

Slijedeći, ne manje važan zadatak sjemenarstva, očuvanje je genetskog identiteta hibrida, odnosno linija iz kojih je taj hibrid nastao. Postupak priznavanja hibrida suncokreta odvija se preko VCU (*Value for Cultivation and Use*) i DUS (*Distinctness, Uniformity and Stability*) testova. Ovi testovi su zahtjevni, a s obzirom da je suncokret tipična stranooplodna, entomofilna biljka potreban je dug, zahtjevan i skup rad kako bi hibrid, odnosno linije iz kojih je nastao udovoljili uvjetima oba testa i hibrid bio priznat. Dakle, hibrid i linije tijekom procesa priznavanja moraju zadržati tipična morfološka, biološka i agronomska svojstva, a zadatak sjemenara je da, u suradnji s oplemenjivačima, ta svojstva očuvaju. Genetska čistoća, kao jedno od najbitnijih svojstava, se tijekom procesa proizvodnje sjemena može ugroziti bilo oplodnjom neželjenim genotipovima (neodgovarajuća prostorna izolacija), prisutnošću atipičnih biljaka, miješanjem sa sjemenom drugih genotipova u transportnim sredstvima i tijekom dorade, pakiranja i skladištenja, napadom bolesti i štetočina itd., tako da izniman značaj imaju kontinuirane poljske i laboratorijske analize koje prate proizvodnju sjemena.

Kakvoća sjemena, koja se ogleda prije svega u klijavosti i energiji klijanja, ali i sadržaju vlage, zdravstvenom stanju, vigoru, trajanju dormatnosti itd., također je iznimno važan segment u sjemenarstvu. Treba imati na umu da je rast i razvoj suncokreta, bez obzira na stupanj adaptabilnosti, pod velikim utjecajem okoline. Kao primjer mogu se navesti brojna istraživanja koja ukazuju da visoke dnevne temperature i niska relativna vlaga zraka imaju negativan utjecaj na proces cvatnje i oplodnje suncokreta. Posljedica je veliki postotak šturog, neoplodenog sjemena i znatno manji prinos po hektaru. Nepovoljni agroekološki uvjeti uzgoja suncokreta smanjuju kakvoću sjemena, što podrazumijeva smanjenje mase tisuću zrna, energije klijanja i klijavosti sjemena. Isto tako, nepovoljni agroekološki uvjeti mogu značajno smanjiti i biološku vrijednost sjemena jer su biljke u tim uvjetima jače izvrnute napadu mnogih uzročnika gljivičnih bolesti. S obzirom da se gljivične bolesti prenose biljnim ostacima i sjemenom, sjetvom takvog sjemena može doći do širenja određene bolesti i značajnog smanjenja prinosa zrna po hektaru. Stoga je od same sjetve pa do žetve iznimno važno u cijelosti se pridržavati agrotehničkih mjera i primijeniti ih u optimalno vrijeme. Isto tako, u proizvodnji treba koristiti ispravnu, dobro podešenu, po mogućnosti noviju mehanizaciju. Kao primjer dovoljno je navesti da nepripremljen, nepodešen kombajn, ali i nedovoljno obučen ili nesavjestan radnik koji upravlja kombajnom mogu dovesti do znantnog oštećenja sjemena putem loma,

oštećenja ljuske i tada gubici kvalitetnog sjemena mogu iznositi i do 30 % (Šimić i sur., 2016). Isto tako, manipulacija sjemenom u skladištu i pri doradi sjemena, kao i uvjeti skladištenja u velikoj mjeri utječu na kakvoću sjemena.



Slika 11.1. Nikolai Ivanovich Vavilov (1887. – 1943.)

Za uspješnu sjemensku proizvodnju suncokreta mora se izabrati odgovarajuća površina, dobar proizvođač, kvalitetno tlo, dobar izvorni materijal te primijeniti optimalna tehnologija na koju se nastavlja kvalitetno skladištenje, dorada i marketing. Ovo su osnovni preduvjeti za uspješno uvođenje novostvorenih i širenje već postojećih hibrida suncokreta na poljima.

Kada je riječ o važnosti sjemena, odnosno sjemenarstva, ilustrativno je navesti dva primjera.

Prvi je iz Drugog svjetskog rata kada su znanstvenici iz Lenjingrada (danas Sankt Peterburg, Rusija) čuvajući bogatu kolekciju sjemena različitih vrsta umirali od gladi, a kolekcije sjemena su sačuvali netaknute. Opsada Lenjingrada je trajala 872 dana, više od 2,5 milijuna ljudi je bilo u obruču, a šest znanstvenika je čuvajući stotine tisuća uzoraka u Vavilovljevoj (Slika 11.1.) gen banci umrlo od gladi da bi sačuvali kolekcije bogatog biodiverziteta (Alexanyan i Krivchenko, 1991). Današnja zbirka suncokreta u Istraživačkom institutu za biljnu industriju Vavilov sadrži 2.780 uzoraka, od toga 2.230 kultiviranog suncokreta (*Helianthus annuus* L.) te 550 divljeg suncokreta koja obuhvaća 24 vrste i to 5 jednogodišnjih i 19 višegodišnjih (Gavrilova i sur., 2014).



Slika 11.2. Globalni trezor sjemena

Drugi je primjer Global Seed Vault (Slika 11.2.) ili kako ga zovu „sudnji dan“ koji predstavlja globalni trezor sjemena, smješten na udaljenom norveškom otoku, na pola

puta između kopnenog dijela Norveške i Sjevernog pola. To je objekt s najsvremenijom opremom, izgrađen da bi zaštitio sjeme od svih potencijalnih prirodnih ili umjetnih katastrofa. U trezoru se nalazi više od 1,1 milijun uzoraka sjemena koje potječe od gotovo 6.000 biljnih vrsta iz 89 banaka sjemena iz cijeloga svijeta. Služi i kao rezerva za oplemenjivače koji se bave razvojem novih sorti i hibrida poljoprivrednog bilja.

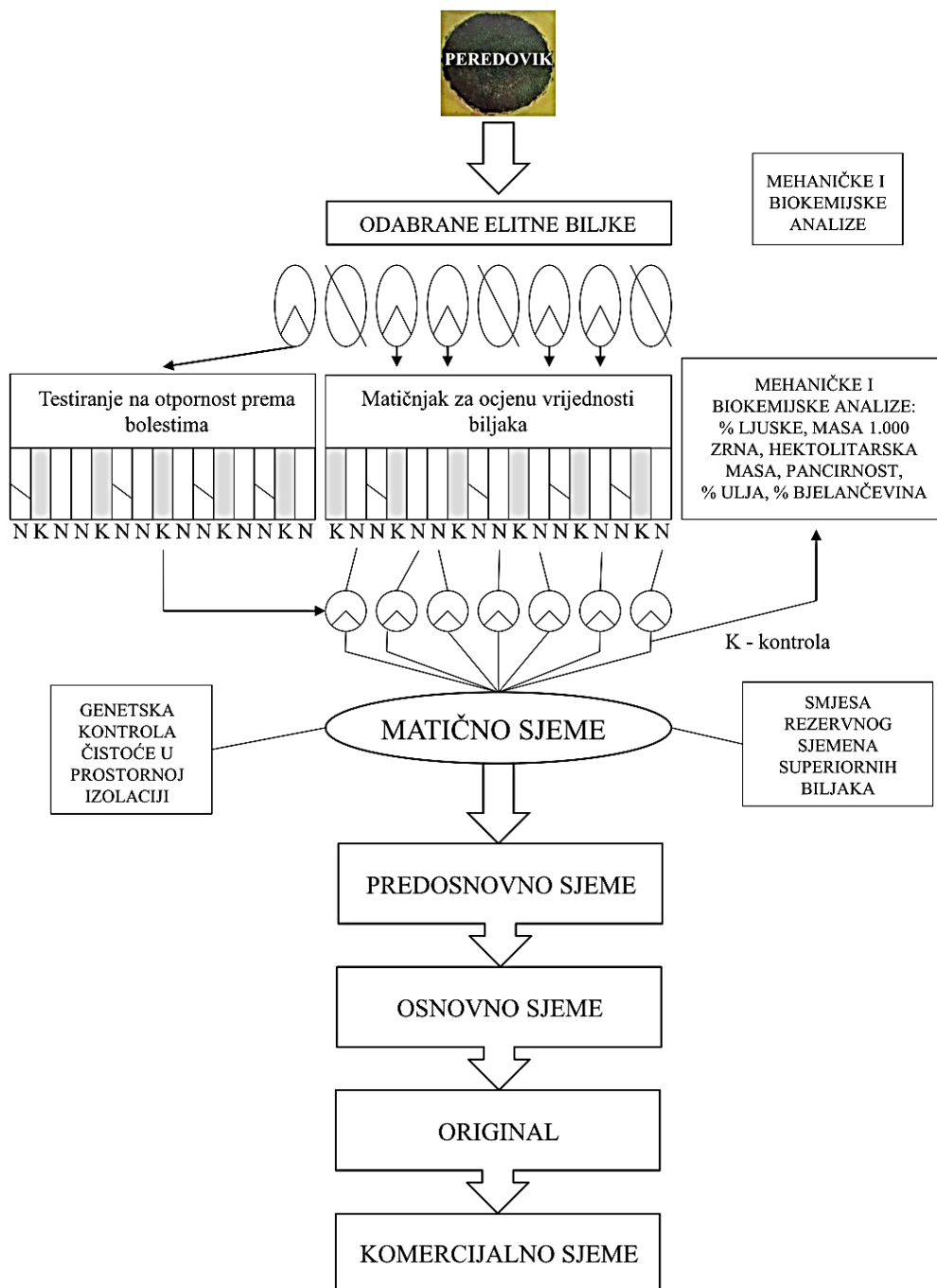
11.1. SJEMENARSTVO SORATA

Iako je praktično sva proizvodnja merkantilnog suncokreta bazirana na hibridima, bitno je zbog razumijevanja same prirode suncokreta, odnosno tipične alogamije te benefita koje može donijeti u oplemenjivačkom i sjemenarskom pogledu objasniti sjemensku proizvodnju sorata suncokreta. U tom kontekstu važno je spomenuti Pustovoitov model sjemenarstva (Grafikon 11.1.) kod sortnih populacija koji su detaljno pojasnili Škorić i Jančić (1989) i Miklič i sur. (2011).

Sam ciklus sjemenarstva traje 6 vegetacijskih sezona, a počinje izborom biljaka poželjnih agronomskih svojstava. U pravilu se uzima 1.000 do 2.000 biljaka iz oplemenjivačkog ili osnovnog sjemena. Naglasak se stavlja na udio ljuske, pancirnost, masu 1.000 zrna i sadržaj ulja. Obično se izabere 300 do 600 biljaka od kojih svaka odabrana biljka dobiva svoj matični broj, a zajedno čine matičnjak. Svaki broj se sije po dva puta zbog provjere vrijednosti, a odmah pored njega kontrola. Tijekom vegetacije vrše se sva fenotipska opažanja. Paralelno s ovom sjetvom sije se isti matičnjak na površini inficiranoj ostacima bolesnih biljaka suncokreta. U daljnji ciklus selekcije idu biljke koje imaju manji udio ljuske, visok sadržaj ulja, tolerantnost na bolesti, ali i ostala povoljna agronomska svojstva.

Rezervno sjeme od najboljih brojeva koristi se za proizvodnju oplemenjivačkog sjemena u prostornoj izolaciji (minimalno 1.500 m). Tijekom vegetacije provode se najmanje tri pregleda i po iznimno strogim kriterijima izbacuju nepoželjne (atipične) biljke. Takvo oplemenjivačko sjeme koristi se za proizvodnju predosnovnog sjemena iz kojeg se na isti način proizvodi osnovno, a zatim certificirano sjeme (C1) koje se koristi za proizvodnju merkantilnog suncokreta. Ponekad se osnovno sjeme može koristiti za proizvodnju komercijalnog sjemena. Proizvodnja osnovnog i certificiranog sjemena, s obzirom na to da je riječ o većoj količini, obično se provodi na više lokaliteta.

S obzirom da govorimo o sjemenarstvu, u svim segmentima proizvodnje sjemena mora se posebna pozornost dati izboru površine za sjetvu, prostornoj izolaciji, plodoredu, primjeni optimalnih agrotehničkih mjera itd. Najviše kategorije sjemena, oplemenjivačko i predosnovno, moraju biti u pravilu pod kontrolom oplemenjivača, a osnovno i certificirano sjeme pod kontrolom sjemenara. Kvalitetno provedenim sjemenarstvom sorti moraju se sačuvati genetski identitet i vrijednosti najvažnijih agronomskih svojstava.



Grafikon 11.1. Ciklus sjemenarstva kod sortnih populacija

11.2. SJEMENARSTVO HIBRIDA NA BAZI CITOPLAZMATSKJE MUŠKE STERILNOSTI

11.2.1. PROIZVODNJA SJEMENA RODITELJSKIH LINIJA

Proizvodnja roditeljskih linija iznimno je važna stavka u uspješnosti cjelokupne sjemenske proizvodnje bilo kojeg hibrida. Svaka, pa i najmanja pogreška u proizvodnji linija odrazit će se u proizvodnji F_1 generacije, zahtijevat će puno veći angažman sjemenara, proizvođača, veći broj utrošenih sati rada, a uspjeh cjelokupne proizvodnje ponekad postaje upitan. Stoga se ovoj proizvodnji mora pristupiti sistematski, uz dobru organizaciju.

Pored redovitih mjera u proizvodnji linija suncokreta tijekom cijele vegetacije (uklanjanje atipičnih i bolesnih biljaka, uništavanje korova itd.) posebnu pozornost treba posvetiti vremenu cvatnje. U samom početku cvatnje najbolje bi bilo organizirati pregled usjeva svakodnevno, obično ujutro, a takve preglede završiti kada se završi cvatnja cijelog usjeva. Pored uklanjanja eventualno zaostalih atipičnih biljaka iz usjeva jako je važno uočiti i odstraniti svaku fertilnu biljku u liniji majke ili sterilnu biljku u liniji oca. Sam postupak stvaranja linije majke objašnjen je u poglavlju Oplemenjivanje suncokreta.

Važno je naglasiti da se kod umnažanja linije majke radi o A-liniji koja je citoplazmatski muško sterilna i B-liniji koja je održivač i fertilni analog majčinske linije (Slika 11.5.). Ove dvije linije su po fenotipu, ali i genetski potpuno ujednačene, a razlikuju se jedino po sterilnosti, odnosno fertilnosti. Postupak održavanja linije majke uobičajeno počinje tako da se odabere oko 200 tipičnih biljaka A-linije i oko 50 tipičnih biljaka B-linije, koje redovito pregledavaju oplemenjivači. Pred samu cvatnju se biljke A-linije i B-linije izoliraju, obično papirnatim vrećicama. Nakon toga se A-linija križa sa smjesom polena B-linije. Sam postupak križanja iznimno je osjetljiv, trebaju ga raditi obučeni radnici, a mogućnost kontaminacije stranim polenom svesti na najmanju moguću mjeru. Poželjno bi bilo da pri otvaranju vrećica (izolatora) i samom križanju nema vjetra. Broj odabranih biljaka može biti veći ili manji, ali je poželjan odnos A-linije i B-linije 4 : 1.

U idućoj vegetacijskoj sezoni vrši se umnažanje u prostornoj izolaciji na većoj površini (ovisno o raspoloživoj količini sjemena i potrebama). Obično se u polju sije naizmjenično od 4 do 10 redova A-linije i 2 do 4 reda B-linije. Važno je naglasiti da se mora voditi računa o prostornoj izolaciji koja bi trebala biti što veća, a minimalno 1.500 m. Usjev se redovito pregledava, a u žetvi zasebno žanju A-linija i B-linija. Sjeme koje se tako dobije predstavlja oplemenjivačko sjeme.

Uvažavajući prostornu izolaciju, ali i preglede iz prethodne vegetacijske sezone, vrši se daljnje umnažanje A-linije i B-linije, ali na većoj površini. Omjer redova A-linije i B-linije istovjetan je ili sličan onom kod proizvodnje oplemenjivačkog sjemena. Tako dobiveno zdravo, genetski uniformno i kvalitetno sjeme predstavlja predosnovno sjeme linije majke i služi za proizvodnju osnovnog sjemena.

Linije oca, koje su se nekada dobivale prevođenjem linija dobrih općih i specifičnih

kombinatornih sposobnosti u Rf formu, što je predstavljalo dug i složen put, danas se dobivaju iz restorer populacija. Sam postupak obuhvaća izbor oko 250 tipičnih biljaka za restorer liniju. One se sustavno prate i pred cvatnju se cvati izoliraju, najčešće papirnatim vrećicama. Sjeme ovih biljaka čini oplemenjivačko sjeme koje se iduće vegetacije sije u prostornoj izolaciji, minimalno 1.500 m, poželjno više, isto tako prati, a njihovo sjeme predstavlja predosnovno sjeme koje se iduće vegetacije umnaža kako bismo dobili osnovno sjeme. To se sjeme koristi u proizvodnji hibrida, a jedan manji dio ide u ponovni ciklus od oplemenjivačkog do osnovnog sjemena kako bi se pouzdano održao genetski identitet linije.



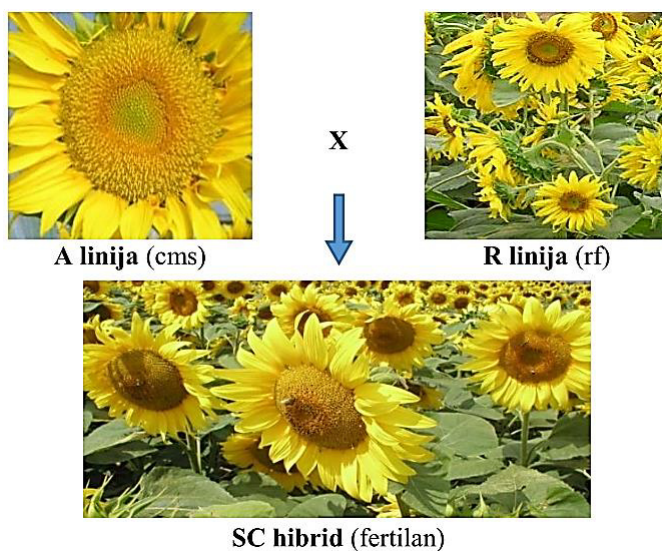
Slika 11.3. Umnažanje linije majke u prostornoj izolaciji

Treba naglasiti da kod proizvodnje linija općenito pa tako i kod suncokreta može doći do „izrođavanja“ usljed različitih čimbenika (pojave fertilnih biljaka u A-liniji, pojave Rf gena u B-liniji, pojave stranooplodnje, nastojanja biljke da se vrati u fertilno stanje itd.) na što se mora obratiti najveća moguća pozornost. Stoga je preporuka da se svake 3 godine proces umnažanja linije majke i oca počne oplemenjivačkim sjemenom.

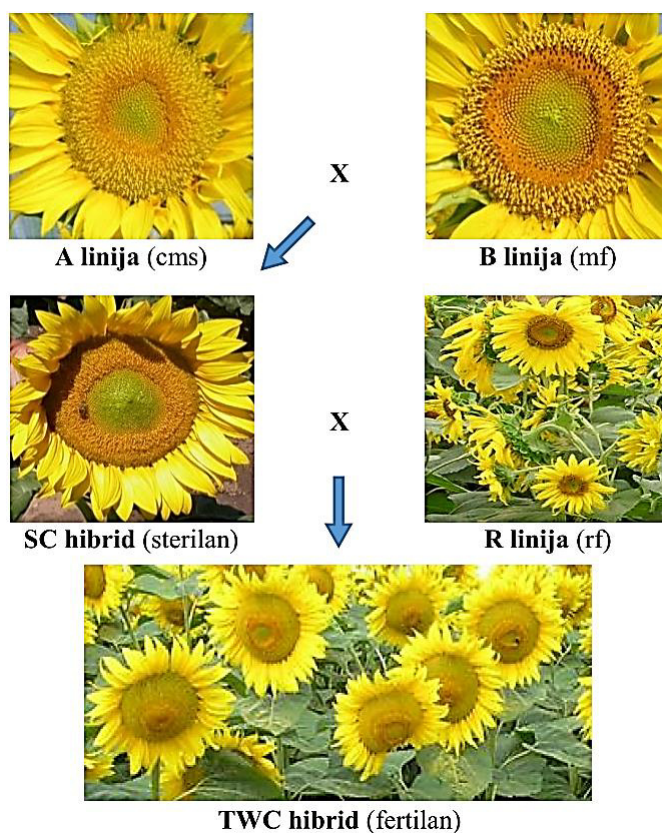
Isto tako, s obzirom na ksenogamnost, odnosno entomofilnost treba voditi računa da ukoliko se košnice domaćih pčela postavljaju na linije suncokreta, svakako ih treba dovesti nekoliko dana prije početka cvatnje kako ne bi neželjeno kontaminirali usjev suncokreta stranim polenom.

11.2.2. PROIZVODNJA SJEMENA HIBRIDA SUNCOKRETA

Proizvodnja merkantilnog suncokreta, uglavnom u svijetu, a u Hrvatskoj u cijelosti, bazirana je na sjetvi hibrida. Hibridi suncokreta nastaju križanjem dvije (A x B) (Slika 11.3.), tri (A x B) x C (Slika 11.4.) ili četiri (A x B) x (C x D) samooplodne inbred linije pa govorimo o dvolinjskom ili jednostrukom (*single cross*, SC), trolinijskom (*three way cross*, TWC) te četverolinjskom ili dvostrukom (*double cross*, DC) hibridu.



Slika 11.4. Proizvodnja sjemena dvolinijskog (jednostrukog, SC) hibrida suncokreta



Slika 11.5. Proizvodnja sjemena trolinijskog (TWC) hibrida suncokreta

Proizvodnja četverolinijskih hibrida prilično je komplicirana, ekonomski neisplativa, a i učinak heterozisa kod ovih je hibrida manji u odnosu na dvolinijske i trolinijske hibride pa se oni niti ne proizvode (Krizmanić, 2012). Prednosti hibrida u odnosu na sorte vide se kroz korištenje heterozisa, odnosno povećane bujnosti potomstva F_1 generacije. Ovaj biološki fenomen podrazumijeva da potomstvo premašuje fenotipsku ekspresiju roditelja u jednom ili više svojstava, a mjeri se u odnosu na prosjek roditelja ili u odnosu na boljeg roditelja.

11.2.3. PROSTORNA IZOLACIJA

S obzirom da su kukci glavni oparašivači, a činjenica da domaća pčela (*Apis mellifera* L.) u potrazi za pašom može preletjeti i više od 5 km ukazuje na to da se u proizvodnji kako roditeljskih linija tako i hibrida iznimna pozornost mora posvetiti prostornoj izolaciji (Slika 11.6., 11.7.). Današnji pravilnici o proizvodnji sjemenskih usjeva suncokreta u Hrvatskoj određuju da je minimalna udaljenost u proizvodnji osnovnog sjemena hibrida (inbred linija) 1.500 m, u proizvodnji osnovnog sjemena sorti osim hibrida 750 m, a u proizvodnji certificiranog sjemena (hibrida) 500 m (Pravilnik o stavljanju na tržište sjemena uljarica i predivog bilja, NN 106/2022).



Slika 11.6. Proizvodnja inbred linija u prostornoj izolaciji s agril folijom



Slika 11.7. Sjemenska proizvodnja hibrida suncokreta Luka

Ovo su minimalne vrijednosti koje se moraju uvažiti. Međutim, brojna istraživanja znanstvenika u svijetu ukazuju da je poželjno da se proizvodnja roditeljskih linija i hibrida odvija na većoj udaljenosti. Tako se kao poželjna udaljenost u proizvodnji roditeljskih komponenti i hibrida u raznim zemljama spominju različiti podaci. Svaka zemlja ima drugačije vrijednosti, a u SAD-u čak i svaka država zasebno.

Veliki problem u sjemenarstvu suncokreta u Hrvatskoj je prostorna izolacija, koja bi prema našim iskustvima i istraživanjima provedenim u svijetu trebala iznositi oko 3.000 m (Krizmanić i sur., 1995, 2004).

11.2.4. KONTROLA GENETSKE ČISTOĆE

Da bi hibrid suncokreta bio priznat, pored svih ostalih analiza, neophodno je da hibrid, ali i roditeljske linije, prođu DUS testiranje, tj. testiranje različitosti, ujednačenosti i stabilnosti. Ovim testom utvrđuje se razlikuje li se novi genotip od postojećih genotipova iste vrste, jesu li svojstva korištena u testiranju jednako izražena te da se ta svojstva ne mijenjaju tijekom sljedećih generacija. Nakon što hibrid i roditeljske linije prođu DUS testiranje te na osnovu svih ostalih analiza hibrid bude priznat, od iznimne je važnosti očuvati njihove genetske identitete kroz generacije, a to se postiže kontrolom genetske čistoće.

Kao što je ranije rečeno, proizvodnja hibrida suncokreta na bazi citoplazmatske muške sterilnosti bazirana je na inbred linijama kao roditeljskim komponentama. Inbred linija predstavlja homozigotnu oplemenjivačku liniju u stranooplođnim vrstama dobivenu nakon više generacija samooplođnje, a koristi se kao roditelj u stvaranju hibrida, po genetskoj strukturi slične su čistim linijama, ali se, za razliku od čistih linija, ne mogu uzgajati kao komercijalni hibridi. Upravo je genetska čistoća inbred linija od ključne važnosti za genetsku čistoću hibrida.

Genetska čistoća definira se kao postotak sjemena koji nije onečišćen sjemenom drugih genotipova (hibrida, linija, sorti, vrsta itd.). Genetska čistoća bilo kojeg komercijalnog poljoprivrednog proizvoda razmnoženog sjemenom pa tako i suncokreta počinje čistoćom zasijanog sjemena.

U proizvodnji hibrida od ključne je važnosti genetska čistoća roditeljskih linija koja predstavlja jedan od osnovnih preduvjeta uspješnosti sjemenske proizvodnje, ali i njegovog širenja te održavanja u širokoj proizvodnji.

S obzirom na to da su podaci o genetskoj čistoći iznimno važni za daljnji postupak sjemenske proizvodnje, do njih se nastoji doći što točnije, ali istovremeno i brže.

Dva su načina na koja se to radi:

1. Sjetvom u plasteniku ili stakleniku, laboratoriju u kontroliranim uvjetima tijekom kasne jeseni ili zime i pažljivim promatranjem biljaka (Slika 11.8.). Nedostatak ovakvog načina je što biljke nerijetko ne budu dovoljno razvijene pa može doći do pogreške u ocjenjivanju. Na ovaj način se vrši test otpornosti na bolesti (npr. plamenjaču) i volovod gdje se umjetno zaražavaju biljke suncokreta. Isto tako, na ovaj način se rade i analize na kakvoću ulja (npr. sadržaj oleinske kiseline, sadržaj i sastav tokoferola).

2. Sjetvom odabranog materijala tijekom kasne jeseni ili zime u područjima južne hemisfere. Ovakav način kontrole genetske čistoće pokazao se uspješnijim. Naime, u tim područjima odvija se uobičajena sjetva, biljke se normalno razvijaju, u cijelosti se realizira fenotipska ekspresija svojstava i s velikom sigurnošću se može utvrditi stupanj genetske čistoće. Od svake se linije ili hibrida obično uzima od 200 do 300 sjemenki (Miklić i sur., 2011). Ponekad se kod linija šalju dvije frakcije sjemeni od istog uzorka, jer postoji mogućnost da je sjeme s oboda glave (krupnije) genetski čistije od sjemeni iz sredine glave (sitnije) i obrnuto što ukazuje na probleme u prostornoj izolaciji tijekom cvatnje.



Slika 11.8. Provjera sterilnosti u laboratoriju Poljoprivrednog instituta Osijek

Naravno, to sjeme se dodatno provjerava sjetvom u proljeće u normalnoj vegetaciji. Tada se, pored ostalog, utvrđuju i eventualni nedostaci i pogreške nastale tijekom dorade semena.

Kod utvrđivanja genetske čistoće razlikujemo morfološku i kemijsku analizu.

11.2.4.1. Morfološka analiza

Morfološka analiza podrazumijeva analizu fizičkog izgleda biljke, odnosno pojedinih njenih dijelova i bazirana je na vizualnoj ocjeni. Kada je riječ o suncokretu, analiziraju se sljedeća svojstva:

- hipokotil: obojenost i intenzitet obojenosti antocijanom
- list: veličina, boja, naboranost, nazubljenost i oblik
- aurikule: nazočnost i veličina
- stabljika: debljina pri bazi i vrhu te dlakavost
- vrijeme cvatnje
- jezičasti cvjetovi: boja, dužina, oblik, gustoća i dispozicija
- cjevasti cvjetovi: boja, nazočnost i intenzitet antocijana na njušci tučka, proizvodnja polena
- brakteje: oblik, dužina, intenzitet zelene boje i njen položaj u odnosu na glavu,
- visina, granatost, tip grananja biljke

- prirodan položaj najveće bočne glave u odnosu na centralnu glavu biljke
- položaj i veličina glave te oblik glave sa strane zrna
- sjeme: veličina, oblik, debljina u odnosu na širinu, glavna boja, nazočnost i izražajnost bočnih pruga, nazočnost pruga na ostalom dijelu sjemena, boja pruga, nazočnost pjega na perikarpu.

11.2.4.2. Kemijska analiza

Kemijska analiza podrazumijeva različite metode ispitivanja sjemena:

- metode na osnovi prisutnosti specifičnih enzima u sjemenu, prije svih peroksidaza, ili fluorescentnih kemijskih spojeva, a rjeđe npr. kalijevog hidroksida i klorovodične kiseline, kako bi se istaknula svojstva sjemena
- metode DNA markera (RFLP, RAPD, SSR i SNP)
- elektroforeza bazirana na izoenzimima na bazi bjelančevina; općenito, ekstrakti bjelančevina iz sjemena podvrgavaju se elektroforezi na škrobnim gelovima, nakon čega slijedi bojenje enzimskim specifičnim bojama; prisutnost izoenzima determinira genetsku čistoću
- dvodimenzionalna elektroforeza gdje prva dimenzija predstavlja izoelektrično fokusiranje (bjelančevine se odvajaju u poliakrilamidnom gelu s pH gradijentom na temelju njihovih izoelektričnih točaka), a druga podrazumijeva da se uzorci bjelančevina provode na SDS-PAGE gelu pod kutom od 90 stupnjeva u odnosu na elektroforezu prve dimenzije
- ispitivanje imunosorbentnog testa (ELISA) povezanog s enzimom; ova metoda temelji se na reakcijama specifičnim za antigen-antitijelo; detekcija uzorka antigena temelji se na enzimskom konjugatu koji dodatno katalizira specifične supstrate i rezultira promjenom boje
- testovi tolerancije na herbicide ili kukce; sjeme se izlaže posebnim herbicidima ili kukcima.

11.2.4.3. Uklanjanje atipičnih biljaka

Uklanjanje atipičnih i bolesnih biljaka redovita je mjera u sjemenarstvu, kako linija tako i hibrida. Ovdje, pored samog sjemenskog usjeva, treba voditi računa i o biljkama suncokreta koje se mogu naći u drugim usjevima te uz kanale, ceste i sl. u zoni prostorne izolacije.

Atipična biljka se razlikuje od biljke s kojom se sjemenari po visini, granatosti, peteljci, broju, rasporedu, boji, nazubljenosti, položaju i površini listova, položaju, obliku i promjeru glave, sterilnosti ili fertilnosti, vremenu cvatnje i zriobe itd. (Slika 11.9.).

Sam postupak uklanjanja atipičnih biljaka treba početi u ranom porastu i završiti zadnjim pregledom pred žetvu. Iznimno je važno ukloniti atipične biljke prije cvatnje. Tako u liniji majke treba što prije prepoznati fertile biljke i odmah ih ukloniti. Najbolje je takve biljke ukloniti iz usjeva ili na takvim biljkama otkinuti glavu, a stranu na kojoj se nalaze cvjetovi okrenuti prema zemlji i pritisnuti nogom te na taj način onemogućiti polinaciju.



Slika 11.9. Atipična biljka u liniji majke

Pregled usjeva u cvatnji najbolje bi bilo obavljati svakodnevno, u ranim jutarnjim satima. Savjesno i odgovorno pregledan usjev stručno osposobljenih radnika garancija je proizvodnje kvalitetnog, fenotipski ujednačenog usjeva i važna pretpostavka uspjeha tog hibrida u komercijalnoj proizvodnji.

11.2.4.4. Uklanjanje linije oca

Proizvodnja hibrida suncokreta zasniva se na sjetvi linije majke i linije oca. Uloga linije oca, odnosno restorer linije (Rf) je da oplodi liniju majke. Cvatnja linije oca treba biti usklađena s cvatnjom linije majke, što se rješava vremenom sjetve.



Slika 11.10. Uništena linija oca u sjemenskoj proizvodnji suncokreta

Također je poželjno da linija oca ima što bolju polinaciju, što veći broj polenovih zrna, ali i da polinacija što duže traje. U suncokretu je to omogućeno sjetvom granatih restorer linija i one su uglavnom očinska komponenta svih komercijalnih hibrida. Ove linije imaju svojstvo recesivnog grananja tako da hibrid, nastao iz križanja citoplazmatski muško sterilne majke i fertilnog restorer oca, nije granat.

Nakon što je u cijelosti završena cvatnja linije oca, ne treba dozvoliti da linija uđe u zriobu, a za to je više razloga. Pri žetvi linije majke može se dogoditi da neka glava linije oca završi u kombajnu i onečisti liniju majke, uništavanjem linije oca omogućava se bolja prozračnost linije majke, a lakša je i jednostavnija žetva. Ne manje važno je da osipanje takvog sjemena znači pojavu suncokreta kao sekundarnog korova u predstojećem usjevu. Liniju oca se može uništiti malčiranjem (Slika 11.10.) ili još bolje, može se koristiti kao zelena masa u siliranju i hranidbi domaćih životinja.

11.3. ZAKONSKI PROPISI U PROIZVODNJI SJEMENA

S obzirom na to da je sjeme kao reproduksijski materijal od iznimnog značaja za poljoprivredu u cijelosti, ali i ukupno gospodarstvo, svaka zemlja nizom zakona i pravilnika egzaktno uređuje proizvodnju i stavljanje na tržište poljoprivrednog reproduksijskog materijala određenih skupina bilja, proizvodnju sjemena s poljoprivrednog gospodarstva, priznavanje sorti poljoprivrednog bilja, upis sorti poljoprivrednog bilja u sortne liste, održavanje sorti poljoprivrednog bilja, nadležnost pojedinih tijela, inspekcijski nadzor kao i druga pitanja od značenja za provedbu jedinstvenog sustava poljoprivrednog sjemenarstva i rasadničarstva.

11.3.1. PRAVILNICI

Kada je riječ o sjemenarstvu suncokreta, pored općih zakonskih akata, treba spomenuti i dva pravilnika:

1. Pravilnik o postupku stručnog nadzora i nadzora pod stručnom kontrolom nad proizvodnjom poljoprivrednog reproduksijskog materijala (NN 144/2009)
2. Pravilnik o stavljanju na tržište sjemena uljarica i predivog bilja (NN 106/2022).

S obzirom na obim i problematiku vezanu uz suncokret, odlučili smo navesti samo neke činjenice koje smatramo najvažnijim u proizvodnji sjemenskog suncokreta.

U nadzoru sjemenskog usjeva u vegetaciji najvažnije je utvrditi pokazuje li usjev u cijelosti svojstva roditeljskih linija i jesu li osigurani svi uvjeti kako bi se postigla što veća kvaliteta sjemena (sortna čistoća). Sjemenski usjev se može češće provjeravati tijekom vegetacijske sezone, a moraju biti najmanje dva službena pregleda. Kod suncokreta je najvažniji nadzor u vrijeme cvatnje.

U nadzoru proizvodnje sjemenskog suncokreta vrijede sljedeća načela:

- mora biti dovoljno izoliran od drugih usjeva kako bi se izbjegla opasnost kontaminacije nepoželjnim polenom
- mora se fizički izolirati kako bi se izbjegle mehaničke primjese u vrijeme žetve

- treba se izolirati od izvora bolesti koje se prenose sjemenom i vektorima
- mora biti čist od bolesti koje se prenose sjemenom u propisanoj mjeri
- treba biti što čišći od korova i drugih kultura, posebice onih čije bi sjeme bilo teško odvojiti od sjemena usjeva tijekom dorade sjemena
- ne smije biti više atipičnih biljaka nego što to dozvoljavaju standardi za sortnu čistoću
- ne smije imati više biljaka drugih vrsta nego što to dozvoljavaju standardi
- kod hibrida, omjer muške i ženske roditeljske linije mora odgovarati omjeru kako ga je definirao održivač, a nadzornik treba bez teškoće utvrditi mušku i žensku roditeljsku liniju te provjeriti različitost svake roditeljske linije koristeći prikladne službene opise
- nadzor sjemenskog usjeva treba dopuniti rezultatima iz pred-kontrolne parcele i na kraju dati nepristrano mišljenje o usjevu.

Kada se vrši nadzor usjeva za proizvodnju hibrida, prije provjere sortne čistoće muških i ženskih roditeljskih linija, nadzornik mora biti siguran da nije došlo do slučajnog miješanja roditeljskih linija. Prihvatljiva metoda za postizanje sortne čistoće roditeljskih linija je plijevljenje koje se mora napraviti prije nego što se počne širiti polen. U slučaju muškog steriliteta, nadzornik mora biti siguran u odsustvo muških plodnih ili djelomično plodnih biljaka u redovima ženske roditeljske linije.

Za vrijeme obavljanja nadzora, proizvođač mora obavijestiti nadzornika o uvjetima za žetvu.

Sortna čistoća hibrida dobivenog u proizvodnji usjeva može se provjeriti samo u post-kontrolnoj parceli posijanoj s uzorkom proizvedenog sjemena.

Za osiguranje sortne čistoće mora se voditi računa o sljedećem:

- propisanoj udaljenosti sjemenskog usjeva od izvora neželjenog polena
- dobrim uvjetima za širenje polena
- visokom stupnju muške sterilnosti ženske roditeljske linije
- visokom stupnju sortne čistoće obje roditeljske linije
- žetvi muške roditeljske linije prije ženske koja daje sjeme.

Kod proizvodnje hibridnog sjemena, neophodno je ispitati sve biljke u kontrolnoj parceli i provjeriti, ne samo sortnu čistoću, nego i da je postignut standard za mušku sterilnost ženske roditeljske linije koja daje sjeme.

Sjemenski usjev suncokreta će biti priznat ako je utvrđeno:

- da je usjev zasijan na parceli gdje u plodoredu nije bio zastupljen suncokret ili druga uljarica u posljednjih 5 godina
- da je prostorna izolacija bila u skladu s utvrđenim normama:
 - a) za proizvodnju osnovnog sjemena hibrida – 1.500 m
 - b) za proizvodnju osnovnog sjemena sorti – 750 m
 - c) za proizvodnju certificiranog sjemena – 500 m
- da u usjevu roditeljskih linija u proizvodnji hibrida u fazi fiziološke zriobe nije bilo više od 1 % biljaka netipičnog sjemena
- da u usjevu nije bilo biljaka oboljelih od *Plasmopara*, da nije bio prisutan korov čičak (*Xanthium* spp.), a prisutnost ostalih korova nije bila veća od ocjene 1

- da je ocjena ujednačenosti usjeva bila „ujednačen“
- da postotak broja biljaka koje su atipične i očito ne pripadaju inbred linijama ne smije prelaziti:
 - a) za proizvodnju osnovnog sjemena inbred linija – 0,2 %
 - b) za proizvodnju osnovnog sjemena hibrida:
 - muška roditeljska linija, biljke koje su izbacile polen dok 2 % ili više ženskih biljaka imaju receptivne cvjetove – 0,2 %
 - ženska roditeljska linija – 0,5 %
 - c) za proizvodnju certificiranog sjemena:
 - muška roditeljska linija, biljke koje su izbacile polen dok 5 % ili više ženskih biljaka imaju receptivne cvjetove – 0,5 %
 - ženska roditeljska linija – 1 %

11.3.2. BILJNA PUTOVNICA

Biljna putovnica je službeni dokument kojim se potvrđuje da su bilje i biljni proizvodi, koji se stavljaju na jedinstveno tržište Europske unije, zdravstveno ispravni, udovoljavaju propisanim fitosanitarnim zahtjevima te se utvrđuje njihovo podrijetlo čime se jamče sljedivost i usklađenost s propisima o zdravlju bilja. Različita pravila između zemalja Unije olakšavaju trgovinu, ali i učinkovitu provedbu biljnog zdravstva na velikom prostoru EU. Temeljna pravila u području biljnog zdravstva propisana su Uredbom 2016/2031 Europskog parlamenta i Vijeća, a stupila su na snagu krajem 2019. godine. Ova Uredba donijela je odredbe vezane uz biljne putovnice – formate tih isprava, vrste bilja i biljnih proizvoda koje mora pratiti biljna putovnica, posebne zahtjeve vezane uz zdravstveno stanje bilja i regulirane štetne organizme (karantenske i nekarantenske) koji ne smiju biti na tom bilju. Provedbena Uredba Komisije 2019/2072 u Prilogu XIII navodi kako i sjeme suncokreta, ako se njegovo premještanje provodi u okviru područja primjene Direktive 2002/57/EZ, zahtjeva biljnu putovnicu.

Republika Hrvatska donijela je Zakon o biljnom zdravstvu (NN 127/2019) koji prenosi Uredbu 2016/2031 i predstavlja krovni propis kojim se uređuje sustav biljnog zdravstva u području biljne karantene, zdravstvene zaštite bilja i fitosanitarne kontrole. Sustav izdavanja biljnih putovnica u Hrvatskoj propisan je Pravilnikom o službenom registru specijaliziranih subjekata (NN 30/2021), koji je donesen na temelju prije spomenutog Zakona o biljnom zdravstvu. Njime se prenose odredbe spomenute Uredbe 2016/2031 vezane uz registraciju posjednika bilja i izdavanje biljnih putovnica. Pravilnik se odnosi na novu kategoriju posjednika bilja, na tzv. specijalizirane subjekte. Kontrolu zdravstvenog stanja bilja u svrhu izdavanja biljnih putovnica preuzimaju sami posjednici bilja, čime profesionalci čija je djelatnost vezana uz proizvodnju ili trgovinu biljem i biljnim proizvodima postaju prva i najvažnija razina u sprječavanju unošenja i širenja organizama štetnih za bilje.

11.4. TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE SJEMENA

Već je istaknuto kako je sjemenska proizvodnja suncokreta iznimno zahtjevan, stručan i osjetljiv proces koji se uspješno može realizirati samo uz dobru organiziranost, znanje i iskustvo sjemenara i proizvođača, pravovremenu primjenu agrotehničkih mjera te opremljenost adekvatnom mehanizacijom.

11.4.1. IZBOR PODRUČJA ZA PROIZVODNJU I PROIZVOĐAČA

Proizvodnja sjemenskih usjeva suncokreta obično se obavlja u područjima gdje se postižu najbolji rezultati u merkantilnoj proizvodnji duži niz godina. To su područja dobro strukturiranih, hranivima dobro opskrbljenih i ocjeditih tala s povoljnim rasporedom i ukupnom količinom oborina, poželjno ne previsokim, ali i ne pre niskim temperaturama. Naravno, zbog specifičnosti, ali i vrijednosti same proizvodnje treba ju organizirati na barem dva, poželjno i više udaljenijih lokaliteta kako bi u slučaju elementarnih nepogoda (ledotuče, obilnih oborina praćenih jakim vjetrom), nepredviđenih okolnosti vezano za prostornu izolaciju i slično, rizik proizvodnje sveli na najmanju moguću mjeru.

Iskustva u sjemenskoj proizvodnji u Hrvatskoj ukazuju da su i neka druga područja (npr. zapadna Slavonija), na kojima nema značajnije proizvodnje merkantilnog suncokreta, pogodna za sjemensku proizvodnju. Poljoprivredni institut Osijek je duži niz godina organizirao iznimno uspješnu proizvodnju linija na lokalitetu Grabrovnica pored Pitomače.

Neophodan preduvjet da bi netko mogao obavljati proizvodnju sjemenskih usjeva je dozvola koju izdaje ovlaštena institucija. U Hrvatskoj je to Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (HAPIH), Centar za sjemenarstvo i rasadničarstvo. Ovu iznimno odgovornu proizvodnju može obavljati samo proizvođač koji je educiran za tu proizvodnju, najbolje je ako već u njoj ima iskustva, sklon je primjeni novih spoznaja, spreman na kvalitetnu, često i brzu primjenu agrotehničkih mjera i uz konstantnu modernizaciju strojnog parka.

11.4.2. IZBOR PARCELE

S obzirom da je sjemenska proizvodnja zahtjevana, ali i dohodovna, a kako bi se utjecaj stresnih uvjeta sveo na najmanju moguću mjeru, u pravilu se za proizvodnju sjemenskih usjeva biraju najbolje parcele. To podrazumijeva parcele s dobro strukturiranim i ocjeditim tlima povoljne pH vrijednosti, optimalnim odnosom mikro i makroagregata, povoljnim vodozračnim odnosom, dobre mikrobiološke aktivnosti, dobre opskrbljenosti hranivima te nezaražene korovima, bolestima i štetnicima. Kada je riječ o plodoredu, kao i kod merkantilne proizvodnje, treba voditi računa da na tim površinama nisu uzgajani suncokret, soja i uljana repica minimalno pet godina, a obzirom da se radi o proizvodnji linija i hibrida, poželjno i više. Od predusjeva poželjno bi bilo da su to prije svih pšenica i ječam, a zatim kukuruz, dok su kao manje dobri predusjevi šećerna repa i lucerna s obzirom na to da oni u velikoj mjeri isušuju tlo. Treba voditi računa o primijenjenim kemijskim pripravcima u predusjevu jer neki

od njih mogu negativno djelovati na proizvodnju linija suncokreta, odnosno hibrida. Bilo bi dobro da postoji mogućnost navodnjavanja te blizina tvrdih putova zbog transporta. Veličina parcela za sjemenski usjev ovisi o potrebnim količinama sjemena. Ukoliko se radi o umnažanju linija te površine su manje, a u proizvodnji hibrida znatno veće. Zbog optimalnog iskorištenja radne snage i mehanizacije, odnosno cjelokupne organizacije posla dužina parcele ne bi trebala prelaziti 500 m. Ukoliko su parcele duže mogu se podijeliti na dva ili više dijelova.

11.4.3. AGROTEHNIČKE MJERE

11.4.3.1. Gnojidba

Opća pravila koja vrijede u gnojidbi merkantilnog suncokreta primijenjuju se i u proizvodnji linija i hibrida suncokreta. Potrebno je naglasiti da su linije suncokreta nižeg habitusa, slabijeg korijenovog sustava i nižeg prinosa zrna o čemu treba voditi računa pri planiranju gnojidbe (Kolak, 1994). Osobito treba biti oprezan pri gnojidbi dušikom s obzirom da linije suncokreta imaju manji habitus, tanju stabljiku koja se u slučaju prekomjerne gnojidbe dušikom dodatno izdužuje, a time postaje i sklonija polijeganju i lomu. Isto tako, prekomjerna gnojidba dušikom povećava bujnost linija, utječe na osjetljivost prema bolestima, ali i nešto kasnije ulaženje u faze rasta i razvoja suncokreta što može dovesti do kašnjenja u zriobi i žetvi.

11.4.3.2. Obrada tla

Obrada tla je važna agrotehnička mjera u sjemenskoj proizvodnji. Uvažavajući sve što je napisano u poglavlju Agrotehničke mjere uzgoja suncokreta, a odnosi se na merkantilnu proizvodnju, potrebno je naglasiti da je u sjemenskoj proizvodnji od iznimne važnosti da obrada tla bude što bliže optimalnoj. Nakon predstjetvene pripreme površina mora biti takva da omogući brzo i ujednačeno nicanje linija suncokreta, što podrazumijeva rastresiti usitnjeni sloj tla sitnomrvičaste strukture 4 – 5 cm iznad sjemena, zatim zbijeniji sloj u zoni polaganja sjemena 3 – 4 cm i ponovo rastresiti sloj na većoj dubini u zoni porasta korijenovog sustava. S druge strane, važno je naglasiti da se u predstjetvenoj pripremi ne pravi nepotrebno prevelik broj prohoda, odnosno da se tlo ne zbija.

11.4.3.3. Sjetva

Pri sjetvi sjemenskog suncokreta moramo se pridržavati općih pravila sjetve kao i u merkantilnoj proizvodnji, uz specifičnosti za svaku liniju. Naravno, kao i u merkantilnoj proizvodnji, sjeme pripremljeno za sjetvu mora imati visoku klijavost, čistoću i biti zaštićeno od uzročnika bolesti, štetnika i po mogućnosti ptica.

S obzirom da se radi o proizvodnji linija i F_1 generacije, treba imati na umu da su linije nešto osjetljivije na stresne uvjete i time se rukovoditi tijekom cijele vegetacije. Sjetva počinje kada se temperatura tla na 5 cm dubine ustalila na oko 10 do 12 °C. U području istočne Hrvatske to su obično druga i treća dekada travnja. Problemi koji se mogu javiti kod prerane sjetve su rjeđi sklop i produženo, neujednačeno nicanje koje iscrpljuje mlade biljke. Isto tako, dulji boravak sjemena u zemlji produžava izloženost

zemljišnim štetnicima, a mladih biljčica mrazu što smanjuje biološku potentnost sjemena. U kasnijoj sjetvi obično je niži prinos. Obzirom da se u proizvodnji F_1 generacije nerijetko radi o linijama različitog fenotipa, ali i dužine vegetacije, jako je važno prije same sjetve napraviti plan koji se bazira na preporučenom sklopu, vrsti sijačice koju imamo, broju sjetvenih tijela, broju sijačica, veličini polja koje treba posijati itd. Plan u kojem je točno naveden rok sjetve, dubina sjetve, sklop i broj redova pojedine komponente u znatnoj mjeri olakšava posao proizvođaču i na neki način je garancija boljeg početnog porasta usjeva što je jako važno za daljnji tijek vegetacije i treba ga obvezno napraviti. Sama sinkronizacija linija oca i majke od izuzetnog je značaja za uspjeh proizvodnje. Ona je određena usklađenošću vremena cvatnje linija, privlačnošću cvati, količinom i tolerantnošću polena na stresove itd. Najbolje je da linija oca počne s polinacijom 2 – 3 dana prije početka cvatnje linije majke. S obzirom na to da se u našim agroekološkim uvjetima uglavnom proizvode hibridi čija je očinska komponenta nešto kasnija, obično se prvo siju očevi, a nakon nekoliko dana majke (Vratarčić, 2004). Broj redova majki i očeva različit je pa ako se radi o umnažanju majčinske komponente hibrida, obično je odnos redova majke i održivača (A x B) 4 : 2, a rjeđe 6 : 2 i siju se istovremeno, dok se kod proizvodnje F_1 generacije tj. hibrida najčešće radi o odnosu 8 : 2 ili čak 10 : 2, a otac se sije ranije. Očevi su uglavnom granati restoreri s obiljem polena i dužom vegetacijom te je stoga ovakav odnos i moguć. Rijetko se kao očevi koriste monoglavi restoreri, a u tom slučaju smanjuje se broj redova majke, a očevi se siju u dva roka zbog sigurnosti polinacije. U sjetvi treba koristiti dobro podešene pneumatske sijačice, a brzinu sjetve prilagoditi uvjetima na polju. Maksimalna brzina sijačice ne bi trebala prelaziti 6 – 7 km/h. Suncokret je širokoredna kultura i sije se na međuredni razmak od 70 cm, iako postoje i različite modifikacije kod kojih se smanjuje međuredni razmak očeva, ostavlja veći razmak između očeva i majki itd. U sjetvi treba redovito provjeravati dubinu i razmak sjemena unutar reda.

Sjetvom treba ostvariti optimalan sklop za svaku liniju, odnosno osigurati vegetacijski prostor kako bi u što većoj mjeri primala biofaktore iz tla i zraka i na taj način osigurala najveći prinos zdravog i krupnog sjemena. Kod svake linije taj prostor je različit i definiran od strane oplemenjivača, odnosno sjemenske kuće i treba ga se strogo pridržavati, a određen je genetskim i morfološkim svojstvima linije, vremenskim uvjetima u kojima će usjev rasti te mogućnošću navodnjavanja. Dubina sjetve je obično od 4 do 6 cm, a određena je tipom tla i njegovom strukturom. Na težim tlima sije se nešto pliće, na lakšima dublje, krupnije sjeme se sije dublje, a sitnije pliće (Pospišil, 2013).

11.4.3.4. Zaštita od bolesti, štetnika i korova

Zaštita od bolesti, štetnika i korova detaljno je prikazana u zasebnim poglavljima ove knjige. U sjemenskoj proizvodnji treba uvažiti određene specifičnosti:

- roditeljske komponente (inbred linije) su nešto osjetljivije na kemijska sredstva pa se preporučuje umanjiti punu dozu herbicida, insekticida ili fungicida za 1/5 (Miklić i sur., 2004)
- nerijetko se radi o dvofaznoj sjetvi tako da će se npr. štetnici i ptice koncentrirati na redove usijane u prvom roku

- roditeljske linije su u prvim fazama rasta i razvoja naročito osjetljive na prisustvo korova
- kod roditeljskih linija obično je potrebno 2 – 3 tretiranja protiv bolesti.

11.4.3.5. Razbijanje pokorice i međuredna kultivacija

Razbijanje pokorice i međuredna kultivacija detaljno su objašnjeni u poglavlju Agrotehničke mjere uzgoja suncokreta. Uvažavajući sve što je navedeno, a kada je riječ o sjemenskoj proizvodnji, naglasak treba staviti na to da je ovdje riječ o samooplodnim inbred linijama što iziskuje dodatan oprez. Naime, samooplodne inbred linije nižeg su habitusa, plićeg i manje razvijenog korijena, osjetljivije na abiotski i biotski stres i u skladu s tim treba provesti tehnološke operacije pa i međurednu kultivaciju.

11.4.3.6. Navodnjavanje

Suncokret dobro koristi rezervu vode iz dubljih slojeva tla (do 2 m dubine) što ukazuje na tolerantnost prema suši, ali se ipak u godinama s nedovoljnom količinom oborina i nepovoljnim rasporedom prinosi značajno smanjuju (Gadžo i sur., 2011). Suncokret je veliki potrošač vode, stvara ogromnu zelenu masu i veliku lisnu površinu. Zbog toga su, za visoke i stabilne prinose, oborine često nedovoljne pa se primjenom navodnjavanja značajno povećavaju i stabiliziraju prinosi (Dragović i sur., 2001).

Cilj navodnjavanja je održati optimalnu vlažnost tla, pri čemu se tehničkim minimumom za suncokret smatra 60 – 65 % vlažnosti od poljskog vodnog kapaciteta. Kada je riječ o navodnjavanju sjemenskih usjeva treba voditi računa o roditeljskim linijama koje su osjetljive na nedostatak vode, naročito u vrijeme nicanja, cvatnje i nalijevanja zrna.

Zalivne norme u početku trebaju iznositi maksimalno 30 mm, a tijekom butonizacije, cvatnje i zriobe trebale bi se povećavati. Navodnjavanje, naročito u fazi butonizacije, značajno doprinosi uspjehu polinacije i cvatnje (Miklič i sur., 2004).

Kod navodnjavanja suncokreta, treba izbjegavati kvašenje biljaka jer se kvašenjem povećava relativna vlaga zraka unutar usjeva, a time se stvaraju povoljni uvjeti za razvoj bolesti. Stoga prednost treba dati površinskom natapanju u odnosu na umjetnu kišu, naročito u kasnijim fazama rasta i razvoja suncokreta (Josipović i Mađar, 2004).

11.4.3.7. Kemijska desikacija

Odrediti točan datum žetve, odnosno pravovremeno početi sa žetvom od iznimnog je značaja za uspjeh cjelokupne sjemenske proizvodnje. Suncokret se u našim agroekološkim uvjetima žanje najčešće krajem kolovoza i početkom rujna. Ukoliko se u tom vremenskom periodu pojave intenzivnije oborine, to u znatnoj mjeri može utjecati na pojavu bolesti glave i zrna suncokreta. Takvi vremenski uvjeti, ukoliko su praćeni jačim vjetrom, nerijetko dovode do polijeganja sjemenskog usjeva. Odgađanje žetve dovodi i do većih šteta od ptica. Kasniji rokovi sjetve isto tako rezultiraju kasnijom žetvom. S druge strane, poznata je činjenica da žetva sjemenskog suncokreta s vlagom zrna iznad optimalne obično dovodi do lošijeg izvršavanja

sjemenske mase, začepljenosti sita, velikim udjelom nečistoća od dijelova glave, listova, peteljki i stabljike (Miklić i sur., 2011). Sve to podrazumijeva dodatan oprez u žetvi, a sušenje takvog sjemena povećava troškove i u konačnici se dobije manja količina kvalitetnog sjemena. Budući da fiziološka zrioba nastupa znatno ranije od tehnološke zriobe, kemijskom desikacijom moguće je značajno ubrzati dozrijevanje, a time i žetvu usjeva (Liović i sur., 2010). Desikacija se obavlja prije same žetve i to, ovisno o genotipu, kada je vlaga u zrnu 35 – 45 % (Miklić, 2001), odnosno 24 % (Radić, 2006). Primjenjuju se različiti desikanti, a naglasak se stavlja na dovoljnu količinu škropiva (300 – 500 l/ha). Tretiranje se obavlja prskalicama visokog klirensa.

11.4.3.8. Žetva

Žetva suncokreta predstavlja iznimno osjetljivu agrotehničku mjeru kod sjemenskih usjeva. Njenom pravovremenom i kvalitetnom izvedbom u velikoj mjeri utječemo na kvalitetu sjemena. Obavlja se u vrijeme kada se žanje i merkantilni suncokret, u agroekološkim uvjetima Hrvatske krajem kolovoza ili početkom rujna. Prije same žetve obvezno treba još jednom detaljno pregledati sjemenski usjev koji mora biti bez korova, a sve bolesne biljke iznesene iz polja. Žetva se u najvećoj mjeri obavlja mehanizirano. Kao i kod merkantilne proizvodnje, strojevi koji se koriste za žetvu suncokreta koriste se i za druge usjeve, najčešće za kukuruz i soju (Hofman i Hellevang, 1997). Strojevi za žetvu (kombajni), kao i transportna sredstva te prijemni koševi moraju biti temeljito pregledani, pripremljeni i očišćeni (Vratarčić, 2004). Kombajni se prije žetve općenito moraju, a pogotovu ukoliko su prethodno bili u usjevu merkantilnog suncokreta, očistiti najčešće zrakom pod pritiskom (kompresor), rjeđe vodom, a zatim obično propuštanjem slame. Nakon toga, kombajn treba ostaviti da radi „na prazno“ kako bi eventualno preostali biljni ostaci bili uklonjeni iz kombajna. Ova priprema je od iznimne važnosti imajući u vidu specifičnosti sjemenske proizvodnje suncokreta. Nakon što kombajn uđe u polje, radi dodatne sigurnosti, obično se požanje stotinjak metara usjeva, a to sjeme se odvoji kao merkantilno.

Početak žetve je, pored vlage sjemena, limitiran brojem i učinkovitošću kombajna i transportnih sredstava, mogućnošću prijema, površinom žetvenih parcela, vremenskim prilikama itd. Obično je to kada sjemenski usjev ima vlagu 10 – 12 %. Broj okretaja bubnja pri toj vlazi je od 450 do 500 o/min, a razmak između bubnja i podbubnja što veći uz otvor sita koji onemogućava dvostruko izvršavanje mase. Isto tako, treba nastojati da se u žetvu ne ide ukoliko je vlaga sjemena ispod 10 % jer tada dolazi do loma i ljuštenja sjemena (Krizmanić i sur., 1995). Tijekom same žetve treba redovito kontrolirati rad kombajna (izvršavanje mase, lom i ljuštenje sjemena, rasuto sjeme na tlu nakon prolaska kombajna itd.).

Najbolji učinak u žetvi imaju kombajni s posebnim adapterima za suncokret iako se koriste i adapteri za kukuruz uz određene izmjene (lanci s noževima i kontranoževima, razmaknuti otkidački valjci). Žetva se obično odvija u pravcu sjetve, uz iznimke kada je tlo vlažno i biljke se čupaju s korijenom. Tada se u usjev ulazi dijagonalno u odnosu na sjetvu, s tim da prije žetve mora u cijelosti biti uništena linija oca. U slučaju polijeganja usjeva, a kako bi se ipak spasio određeni dio prinosa, kombajn se kreće u

smjeru suprotnom polijeganju kako bi mogao podići glave i uvući ih u adapter.

Žetva prezrelog usjeva, s nižom vlagom od optimalne, podrazmijeva sporiji rad kombajna, veći lom, ljuštenje i općenito oštećenje sjemena koje ne može biti sjemenska roba (Radić, 2006). Dodirom glave suncokreta s hederom dolazi do velikog osipanja sjemena koje pada na tlo i pored direktnih gubitaka predstavlja veliki izvor zakorovljenosti u narednim kulturama.

Pored čistoće transportnih sredstava (traktorskih prikolica, kamiona) od sjemena drugih kultura, kamenčića i grudica zemlje, jako je važna usklađenost kombajna i transporta, odnosno kapacitet transportnih sredstava mora biti takav da može u cijelosti prihvatiti i odvesti do prijemnog skladišta ili dorade požnjeveno sjeme. Sam postupak je olakšan ukoliko se površine pod sjemenskim usjevima nalaze u blizini tvrdih prometnica.

Iznimno, žetva suncokreta može se obaviti i ručno. Ovdje se uglavnom radi o malim površinama (žetva linija, eksperimentalnih hibrida, uzimanje uzoraka itd.) ili nepristupačnim terenima. Također, i u ovom slučaju treba se pridržavati svih već spomenutih mjera.

S obzirom na to da je suncokret uljna kultura i lako gubi klijavost i ostale elemente kvalitete sjemena, vrijeme transporta treba svesti na najmanju moguću mjeru. Isto tako, treba izbjegavati skladištenje suncokreta na pistama i poljima. Uz vlagu sjemena od 12 % i temperaturu od 20 °C, relativna vlaga zraka u hrpi suncokreta na pisti je oko 80 %, što je dovoljno za razvoj gljivica i pokretanje životnih procesa sjemena (Christensen, 1973, cit. Vratarić, 2004).

11.5. PRIJEM I SKLADIŠTENJE SJEMENA

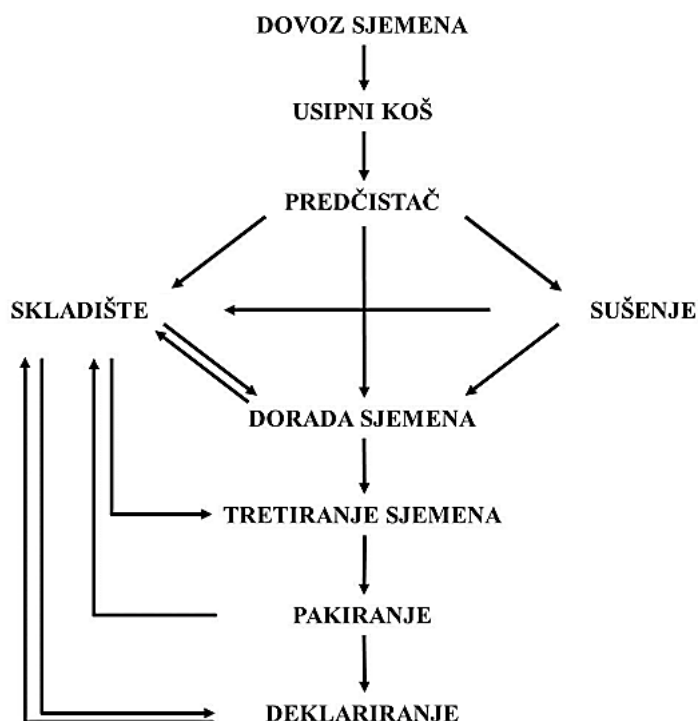
Nakon što je završena žetva sjemenskog usjeva, pridržavajući se svih unaprijed spomenutih mjera, sjeme je potrebno u najkraćem mogućem roku dopremiti do pogona za doradu sjemena, odnosno skladišta. Dorada i uskladištenje sjemena predstavlja završni zahvat u cjelokupnom procesu proizvodnje pojedine ratarske kulture. Međutim, odmah treba naglasiti da je baš ova faza, odnosno čuvanje sjemena vrlo značajno, a neki kažu i sudbonosno. Jer, ako smo uspjeli doći do ovog trenutka, ako smo s uspjehom proizveli zadovoljavajuće količine proizvoda, ne znači da smo potpuno uspjeli, da smo završili postavljeni nam zadatak (Ritz, 1992). Ponekad je dovoljno samo nekoliko sati nedovoljne brige oko sjemena da dođe do pada energije klijanja, kljavosti, odnosno najvažnijih parametara kvalitete tako da se ogroman napor koji je uložen u sjemensku proizvodnju u cijelosti obezvrijedi. Isto tako, treba imati na umu da su prinosi sjemena u proizvodnji u velikoj mjeri ovisni o agroekološkim uvjetima tijekom vegetacijske godine što ukazuje da je i količina sjemena koja se skladišti različita i teško predvidiva. U jednom trenutku može se pojaviti potreba za skladištenjem veće količine sjemena u duljem razdoblju (Šimić i sur., 2014, 2016).

Sjeme se od polja do usipnih koševa doprema transportnim sredstvima, obično

traktorskim prikolicama (Vratarić, 2004), a u novije vrijeme kamionima. Odmah se na vagi utvrđuje masa sjemena i transportnog sredstva (bruto) te se uzimaju uzorci za vlagu, temperaturu i čistoću. Sam postupak uzimanja uzoraka izvodi se standardnom metodom (Pravilnik o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena, NN 99/2008), a broj uzoraka ovisi o veličini transportnog sredstva.

Uzimaju se dva prosječna uzorka koji moraju sadržavati datum prijema (uzimanja uzorka), redni broj uzorka, registarski broj vozila, naziv linije ili hibrida, lokalitet te skladišno mjesto. Prvi uzorak se šalje u laboratorij, a drugi se daje proizvođaču. Uzorci se prethodno plombiraju. Dopremljeno sjeme se sipa u usipni koš (kipanjem, rjeđe ručno), a nakon toga se transportno sredstvo važe kako bi se dobio neto iznos sjemena.

Daljnji postupak se sastoji od transporta sjemena elevatorima do koša koji se nalazi iznad predčistača (grubog čistača). S obzirom da sjeme suncokreta s polja nerijetko sadrži sitno sjeme osnovne kulture, ali i primjese drugih kultura, korova, dijelove stabljike, lista, glave i komadiće zemlje, koji podižu vlagu sjemena i produžavaju sušenje te otežavaju daljnu doradu (npr. kalibraciju), jako je važno da u što kraćem roku primljeno sjeme prođe kroz predčistač. Predčistači su konstrukcijski jednostavniji uređaji, pouzdani i uglavnom velikog kapaciteta. Nakon toga sjeme se elevatorima transportira na sušenje, direktno u skladišta ili se odmah doraduje (Grafikon 11.2.).



Grafikon 11.2. Kretanje sjemena suncokreta od dovoza do deklariranja

Treba naglasiti da se nakon dorade sjeme vraća u skladište i nakon ispitivanja, samo one partije koje imaju zadovoljavajuće norme kvalitete (Pravilnik o stavljanju na tržište sjemena uljarica i predivog bilja, NN 106/2022) idu na tretiranje, pakiranje i deklariranje (Radić, 2022, usmena informacija).

Kada je riječ o skladištenju, razlikujemo: skladištenje naturalnog sjemena prije sušenja (vlažno sjeme), skladištenje naturalnog sjemena prije dorade (suho sjeme), skladištenje naturalnog sjemena između sušenja i dorade, skladištenje doradenog sjemena te skladištenje otpada. Skladištenje može biti privremeno (u rinfuzi i koševima) i trajnije skladištenje sjemena (gotova pakiranjima). Suho sjeme se može skladištiti u džambo vrećama i kontejnerima (Mirić i Brkić, 2002).

Pri skladištenju treba imati u vidu specifična fizička svojstva (sipkost, raslojavanje, poroznost, higroskopna moć, konvekcija, kondukcija, specifična toplina, toplinska vodljivost, hektolitarska masa, masa 1.000 zrna), a naročito kemijska svojstva sjemena suncokreta (sadržaj ulja, bjelančevina i vode). U tom pogledu može se reći da je suncokret, kao i ostale uljarice, zahtjevniji za skladištenje od žitarica. Sjeme suncokreta sadrži 40 – 55 % ulja od težine sjemenke ili 75 – 80 % od težine jezgre, a također i oko 20 % bjelančevina, što je znatno više nego kod žitarica. Sjeme suncokreta, koje se sprema za skladištenje, treba imati zadovoljavajuću vlagu (do 9 %). Sjeme s višom vlagom mora se dosušivati, čime se uklanjaju površinska i unutrašnja vlaga sjemena. Površinska vlaga obično se u povoljnim uvjetima apsorbira iz okolne atmosfere (Gatarić, 2005). Osim što u znatnoj mjeri financijski opterećuje cjelokupan proces dorade i skladištenja sjemena, sam proces sušenja iznimno je osjetljiv. Pri tome su od ključne važnosti temperature sušenja. Pokazalo se da je najbolji način sušenja nezagrijanim zrakom, a ako se mora koristiti zagrijani zrak, njegova temperatura ne smije prelaziti 40 °C, jer se iznad te vrijednosti značajno snižava vitalnost i povećava stopa oštećenja te ubrzava propadanje sjemena tijekom starenja. Ako je veći udio sjemena s višom vlagom treba primjenjivati niže temperature sušenja (Kolak, 1994). Kumulativno, učinak sušenja sjemena na pogoršanje vitalnosti sjemena suncokreta tijekom procesa skladištenja može biti snažno povezan s oksidacijom i hidrolizom masnih kiselina, nakupljanjem toksičnih tvari i ravnotežom abscisinske i giberelinske kiseline (Huang i sur., 2021). Isto tako, dužina skladištenja utječe na fizikalno-mehanička i kvalitativna svojstva suncokreta (Mrđa i sur., 2010; Ozturk i Menguloglu, 2011).

Sjemenski suncokret se uglavnom skladišti u džambo vreće, a rjeđe u podna skladišta koja bi trebala imati termo i hidro izolaciju, mehanizirane transportere za utovar i istovar, uređaje za aktivnu ventilaciju i uređaje za mjerenje temperature. Sjeme suncokreta se na kraće vrijeme može skladištiti i u silosima sa spojenim silo komorama građenim od betona ili pocinčanog lima jer nemaju pogodnu hidro i termo izolaciju. Uz stijenke metalnih silosa, zbog znojenja sjemena, dolazi do stvaranja vlažnog sloja debljine 10 – 20 cm koji je pogodan medij za štetne kukce i mikroorganizme. Kada se radi o podnim skladištima, važno je znati da visina uskladištene mase ovisi o vlažnosti i ne bi trebala prelaziti 1,5 m.

Očuvanje kakvoće sjemena predstavlja prioritetni zadatak u skladištenju sjemenskog suncokreta. Neželjeni procesi oksidacije nezasićenih masnih kiselina, a koji

dominantno utječu na smanjenje kakvoće sjemena vezani su prije svega uz temperaturu i relativnu vlagu u skladištu, ali i količinu svjetlosti, sadržaj vode u sjemenu, duljinu skladištenja, početnu kakvoću sjemena te način skladištenja (Andrić, 2008). Stoga se moraju pratiti svi parametri važni za skladištenje suncokreta, a prije svih temperatura i vlaga. U tom kontekstu treba naglasiti da se između ostalog nikako ne smije dozvoliti samozagrijavanje koje je jako povezano sa sipkošću. Svaka i najmanja promjena može biti pokazatelj potencijalnih problema (Hofmann i Hellevang, 1997).

Preporučena maksimalna vlaga u skladištu može se izračunati prema formuli (Alimpić, 1975):

$$W = \frac{16 \times (100 - U)}{100} - 2$$

W – gornja granica skladišne vlage (%)

U – količina ulja u apsolutno suhoj tvari (%)

Naravno, viši sadržaj ulja zahtijeva i smanjenje vlage u skladištu (npr. pri sadržaju ulja od 44 % preporučena vlaga je do 7,0 %, a pri 47 % do 6,5 %).

11.6. DORADA SJEMENA

Dorada sjemena je važan činitelj koji obuhvaća brojne tehnološke procese koji su povezani s manipulacijom sjemena nakon žetve (Milošević, 2004). Njezin primaran zadatak je da iz mase naturalnog sjemena, na osnovi mehaničkih, termičkih, a u posljednje vrijeme električnih, optičkih i čak akustičkih svojstava, odvoji kvalitetno od preostalog sjemena i primjesa, obavi kvalitetno kemijsko tretiranje te pakiranje i deklariranje takvog sjemena.

Dorada sjemena suncokreta može se definirati kao skup tehnoloških procesa, rada na strojevima i opremi, povezanih u tehnološku cjelinu (Slika 11.11.), tehnoloških postupaka, ispitivanja, manipulacije, kao i pakiranja, skladištenja i čuvanja sjemena s ciljem odstranjivanja nečistoće, stranih primjesa, izlomljenog, oljuštenog i bolesnog sjemena iz mase naturalnog sjemena (Prole i sur., 2011; Jokić i sur., 2016).

U doradu sjemena uključeni su stručnjaci raznih profila pa, pored agronoma, značajno mjesto čine i strojari, električari, tehnolozi, a na indirektan način i komercijalisti, ekonomisti pa čak i pravnici.

Sam uspjeh cjelovitog tehnološkog procesa dorade vezan je za kvalitetu ulazne, naturalne mase sjemena, stanja doradbenih kapaciteta, obučenosti stručnog kadra i ciljeva koji su pred njih postavljeni.



Slika 11.11. Linija dorade sjemena u Poljoprivrednom institutu Osijek

11.6.1. STROJEVI ZA DORADU SJEMENA

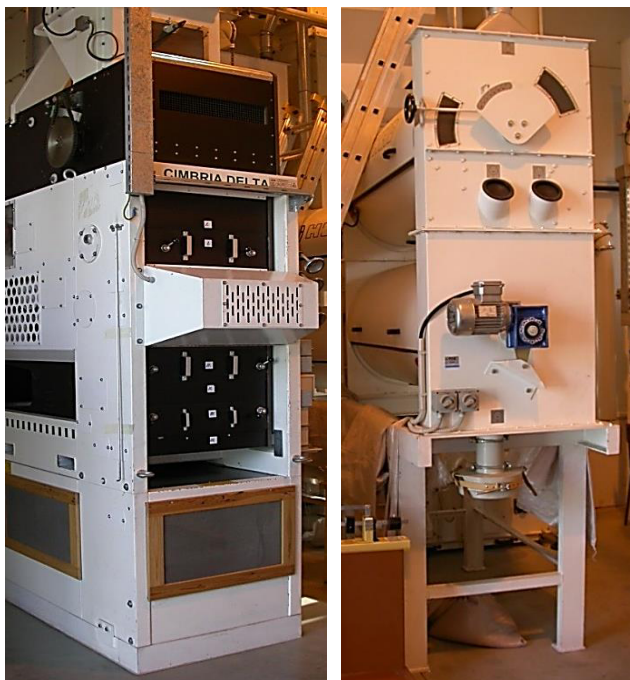
Naturalno sjeme prilikom prijema s polja prolazi kroz grubi prečistač gdje se odvajaju krupne primjese (dijelovi stabljike, lista, grudice tla, kamenčići). Na početku tehnološkog procesa dorade nalaze se usipni koševi različite zapremine, a precizna dozacija se vrši vibracijskim dozatorima. Potenciometrom se definira brzina kretanja mase sjemena, uz mogućnost isključenja pa do maksimalne brzine. Podešavanje brzine kretanja mase sjemena od velike je važnosti za optimizaciju cijelog procesa dorade, odnosno protok mora biti kontinuiran kako ne bi dolazilo do nepotrebnih prekida i zastoja.

11.6.1.1. Selektor

Sjeme koje treba očistiti, ravnomjerno se raspoređuje i ulazi u selektor (Slika 11.12., lijevo) kroz ulazni spremnik. Iz ulaznog spremnika sjeme se premješta u selektor, s tri razine sita. Razdvajaju se grube (prvo sito) i sitne nečistoće (treće sito), a srednje sito koristi se kako bi se postigli što bolji rezultati čišćenja. Prosijano sjeme prolazi kroz dio selektora gdje se podtlakom izdvajaju sitne i lagane nečistoće (prašina, ljuske, šturo zrno). Sita se čiste kuglicama koje se nalaze ispod sita pomoću „vjetra” tj. upirivanjem struje zraka. Sitima različitih veličina i oblika otvora, odvajaju se nečistoće, nestandardna lomljena zrna te zrna drugih ratarskih kultura.

11.6.1.2. Trijerski cilindri

Trijerski cilindri su rotirajući cilindri (obično dva) kojima se masa sjemena dodatno doraduje (Slika 11.12., desno). Osnovni dio ovog uređaja čine zamjenjivi plaševi s udubljenjima različitog oblika i veličine otvora.



Slika 11.12. Selektor (lijevo) i trijerski cilindri (desno) u pogonu dorade sjemena u Poljoprivrednom institutu Osijek

Sam postupak temelji se na rotiranju plašteva: u udubljenja plašta ulazi sjeme koje centrifugalna sila drži do određenog položaja, a nakon toga uslijed sile teže, pada u centralni žlijeb. Kombacijom trijerskih cilindara prvenstveno se, pored osnovnog sjemena, odstranjuju dva oblika nečistoća: sferični oblici manjeg promjera od najveće dimenzije sjemena (obično sjeme korova) i duguljasti oblici (obično dijelovi stabljike, listova, cvati i dr.). Trijeri u velikoj mjeri odstranjuju i zaostale sklerocije uzročnika bolesti.

11.6.1.3. Gravitacijski stol

Masa već doradenog sjemena se pomoću vibracijskog dozatora pozicionira u jedan kut gravitacijskog stola. Gravitacijski stol (Slika 11.13.) djeluje na principu zračne struje koja odozdo podiže masu sjemena, gravitacijske sile koja tu masu vuče dolje te njegovom oscilatornom kretanju i nagibu što omogućava odvajanje zrna različite mase. Sam stol je prekriven žičanom mrežom koja omogućuje prolazak jednako raspoređenog zraka. S obzirom



Slika 11.13. Gravitacijski stol u pogonu dorade sjemena u Poljoprivrednom institutu Osijek

na to da je po intenzitetu sila trenja najjača između sjemena i površine stola, kod težih frakcija one će ići prema višim dijelovima stola i ranije napustiti površinu stola. Rezultanta djelujućih sila kod lakših frakcija značajno je manja i stoga one idu prema nižim točkama stola.

11.6.1.4. Optički kolor sorter

Optički kolor sorter iz mase odstranjuje zrna netipične boje pomoću jedno ili višebojnih optičkih senzora, povezanih s „izbacivačkim” radnim organom (usmjereni visokotlačni zračni ventili). Detektiranje (prepoznavanje) i odvajanje putem zračnog mlaza velike brzine kontrolira računalo.

11.6.1.5. Tretiranje sjemena

Tretiranje sjemena smatra se vrlo važnim dijelom dorade sjemena i predstavlja posljednju operaciju koja se obavlja na sjemenu pa je od iznimnog značaja da se precizno izvede (Mirić i Brkić, 2002).

Tretiranje sjemena mora biti kvalitetno napravljeno jer se ovim postupkom štiti sjeme i mlade biljke od napada bolesti i štetočina (Bilandžić i sur., 2004). Postoje brojna istraživanja koja pokazuju da se tretiranjem sjemena poljoprivrednih kultura određenim sredstvima omogućava brže klijanje, nicanje i rani porast (Lisjak i sur., 2015; Eremrena i Mensah, 2016; Palfi i sur., 2017; Ocvirk i sur., 2020), ali i veći prinos zrna (Bilandžić i sur., 2001, 2004) te veći sadržaj ulja (Šimić i sur., 2006), dok se primjenom nekih sredstava, odnosno njihovom kombinacijom mogu smanjiti energija klijanja i klijavost sjemena (Krizmanić i sur., 2014; Miladinov i sur., 2015).

Na kvalitetu tretiranja sjemena utječe kakvoća sjemenskog materijala, karakteristike preparata za tretiranje, receptura za tretiranje, oprema za doradu sjemena i ljudski faktor. Zapašivače sjemena novije izvedbe (Slika 11.14.) karakterizira jednostavnost u radu uz veliki stupanj preciznosti i pouzdanosti.

Sredstva za zaštitu sjemena se miješaju s vodom u mješalicama različitih zapremina spremnika. Postupak miješanja u mješalici osigurava intenzivnu cirkulaciju i temeljito miješanje tekućina. Mješalica raspolaže brzinama koje se mogu mijenjati za



Slika 11.14. Šaržni centrifugalni zapašivač sjemena u pogonu dorade sjemena u Poljoprivrednom institutu Osijek

učinkovitije miješanje. Nakon što je došlo u komoru za tretiranje, sjeme se ravnomjerno raspoređuje rotirajućim diskom.

Sjeme se tretira preciznim mlaznicama za prskanje pri čemu se sredstvo ravnomjerno raspršuje na sjeme, stvarajući finu maglu. Važno je da se sredstvo za tretiranje precizno primijeni u željenoj dozi.

U cilju očuvanja higijene radnog prostora, odnosno onemogućavanja zagađenja okoline, dio uređaja u kojem se nalazi tekućina i gdje se sjeme tretira dodatno je osiguran protiv istjecanja sredstva. Isto tako, konstrukcija uređaja onemogućava zaostajanje sjemena i sredstva nakon završenog tretiranja.

Treba naglasiti da je neophodno stalno nadziranje doze i kvalitete rada kalibriranjem protoka mlaznica. Sjeme u jednoj partiji tretira se istim sredstvom, dozom, koncentracijom i bojom, odnosno čak nijansom boje (Mirić i Brkić, 2002).

11.6.2. PAKIRANJE SJEMENA

Završna faza dorade sjemena suncokreta je pakiranje i plombiranje ambalaže. Tretirano sjeme važe se na vagi i pakira u ambalažu ovisno o željenom broju zrna. Vreće se prošivaju na automatskoj šivaljci (Slika 11.15.).



Slika 11.15. Poluautomatska linija za pakiranje vreća sjemena (vaga i šivaljka) u pogonu dorade sjemena u Poljoprivrednom institutu Osijek

Na vreću se šije ili lijepi certifikat koji izdaje Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (HAPIH), Centar za sjemenarstvo i rasadničarstvo (Pravilnik o stavljanju na tržište sjemena uljarica i predivog bilja, NN 106/2022).

LITERATURA

1. Alexanyan, S.M., & Krivchenko, V.I. (1991). Vavilov Institute Scientist Heroically Preserve World Plant Genetic resources Collections During World War II Siege of Leningrad. *Diversity*, 7(4), 10-13.
<http://vir.nw.ru/files/pdf/books/diversity2.pdf>
2. Alimpić, M. (1975). Specifičnost sušenja i skladištenja suncokreta. U P. Marković (ur.), *I kongres o proizvodnji ljudske hrane u Jugoslaviji* (str. 91). Savez inženjera i tehničara Jugoslavije.
3. Andrić, L. (2008). *Gubitak vigora sjemena soje tijekom skladištenja* [Doktorska disertacija]. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
4. Anfinrud, M.N. (1997). Planting hybrid seed production and seed quality evaluation. In A.A. Schneiter (ed.), *Sunflower technology and production* (pp. 697-708). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America.
5. Bilandžić, M., Krizmanić, M., Mijić, A., Duvnjak T., Sudar, R. (2001.) Pokus s primjenom fungicida na sjeme suncokreta: Osijek 1998-2000. *Sjemenarstvo*, 18(3-4), 167-177.
6. Bilandžić, M., Krizmanić, M., Mijić, A., & Liović, I. (2004). Utjecaj tretmana sjemena na laboratorijsku klijavost, poljsko nicanje i urod zrna suncokreta. *Sjemenarstvo*, 21(3-4), 135-141.
7. Dragović, S., Maksimović, L., & Škorić, D. (2001). Potrebe za vodom i efekat navodnjavanja NS - hibrida suncokreta. *Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 35, 403-413.
8. Eremrena, P.O., & Mensah, S.I. (2016). Effect of plant growth regulators and nitrogenous compounds on seed germination of pepper (*Capsicum frutescens* L.). *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 20(2), 242-250.
<https://doi.org/10.4314/jasem.v20i2.3>
9. Gadžo, D., Đikić, M., & Mijić, A. (2011). *Industrijsko bilje* (str. 11-31). Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Sarajevo.
10. Gatarić, Đ. (2005). *Sjemenarstvo sa osnovama oplemenjivanja*. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Banja Luci.
11. Gavrilova, V.A., Rozhkova, V.T., & Anisimova, I.N. (2014). Sunflower genetic collection at the Vavilov Institute of Plant Industry. *Helia*, 37(60), 1-16.
<https://doi.org/10.1515/helia-2014-0001>
12. Hofman, V.L., & Hellevang, K.J. (1997). Harvesting, drying and storage of sunflower. In A.A. Schneiter (ed.), *Sunflower technology and production* (pp. 671-696). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America.

13. Huang, Y., Lu, M., Wu, H., Zhao, T., Wu, P., & Cao, D. (2021). High drying temperature accelerates sunflower seed deterioration by regulating the fatty acid metabolism, glycometabolism, and abscisic acid/gibberellin balance. *Frontier in Plant Science*, 12, 628251.
<https://dx.doi.org/10.3389/fpls.2021.628251>
14. Jokić, G., Prole, S., Butaš, D., Sedlar, A., Bugarin, R., & Turan, J. (2016). Ispitivanje parametara kvaliteta hibridnog semena suncokreta posle dorade na finom čistaču, trijerskim cilindrima i gravitacionom stolu. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 42(1), 25-38.
<https://doi.org/10.5937/SavPoljTeh1601025J>
15. Josipović, M., & Mađar, S. (2004). Proizvodnja suncokreta u uvjetima natapanja u redovnoj i postrnoj sjetvi. U M. Vratarić (ur.), *Suncokret *Helianthus annuus* L.* (str. 245-258). Poljoprivredni institut Osijek.
16. Kolak, I. (1994). *Sjemenarstvo ratarskih i krmnih kultura*. Nakladni zavod Globus.
17. Krizmanić, G., Šimić, B., Tucak, M., Popović, S., Čupić, T., Španić, V., Mijić, A., & Liović, I. (2014). Importance of storage conditions and seed treatment for sunflower hybrids seeds germination. *Poljoprivreda*, 20(2), 3-7.
18. Krizmanić, M. (2012). Suncokret. U V. Kozumlik, & I. Pejić (ur.), *Oplemenjivanje poljoprivrednog bilja u Hrvatskoj* (str. 77-80). Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
19. Krizmanić, M., Jukić, V., & Bilandžić, M. (1995). Problematika proizvodnje sjemena hibrida suncokreta. *Sjemenarstvo*, 12(1), 85-89.
20. Krizmanić, M., Liović, I., Mijić, A., & Bilandžić, M. (2004). Oplemenjivanje i sjemenarstvo suncokreta u Poljoprivrednom institutu Osijek. *Sjemenarstvo*, 21(5-6), 249-260.
21. Liović, I., Martinović, J., Bilandžić, M., Krizmanić, M., Mijić, A., & Šimić, B. (2010). Desikacija u redovnoj i postrnoj sjetvi suncokreta. *Poljoprivreda*, 16(1), 13-19.
22. Lisjak, M., Tomić, O., Špoljarević, M., Teklić, T., Stanisavljević, A., & Balas, J. (2015). Garden cress germinability and seedling vigour after treatment with plant extracts. *Poljoprivreda*, 21(2), 41-46.
<http://dx.doi.org/10.18047/poljo.21.2.7>
23. Miklič, V. (2001). *Uticaj momenta desikacije na semenski kvalitet i prinos suncokreta* [Doktorska disertacija]. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu.
24. Miklič, V., Dušanić, N., & Jocić, S. (2011). Semenska proizvodnja suncokreta. U M. Milošević, & B. Kobiljski (ur.), *Sjemenarstvo II.* (str. 195-264). Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
25. Miklič, V., Dušanić, N., Škorić, D. & Joksimović, J. (2004). Proizvodnja semena

- suncokreta. U M. Milošević, & M. Malešević (ur.), *Semenarstvo II.* (str. 453-498). Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
26. Miladinov, Z., Balalić, I., Radić, V., Crnobarac, J., Jocković, M., Jokić, G., & Miklič, V. (2015). Uticaj biostimulatora na klijanje i rani porast klijanca suncokreta. *Journal of Agricultural Sciences Belgrade*, 60(1), 1-9.
<http://dx.doi.org/10.2298/JAS1501001M>
 27. Milošević, M. (2004). Opšte sementarstvo. U M. Milošević, & M. Malešević (ur.), *Semenarstvo* (vol. 1., str. 9-152), Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
 28. Milošević, M., Mihaljev, I., Ćirović, M., & Dokić, P. (1996). *Opšte sementarstvo* (str. 53-60). Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
 29. Mirić, M., & Brkić, M. (2002). *Dorada semena*. Društvo selekcionera i semenara Srbije.
 30. Mrđa, J., Crnobarac, J., Dušanić, N., Radić, V., Miladinović, D., Jocić, S., & Miklič, V. (2010). Effect of storage period and chemical treatment on sunflower seed germination. *Helia*, 33(53), 199-206.
<https://doi.org/10.2298/HEL1053199M>
 31. Ocvirk, D., Špoljarević, M., Kristić, M., Hancock, J.T., Teklić, T., & Lisjak, M. (2020). The effects of seed priming with sodium hydrosulphide on drought tolerance of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in germination and early growth. *Annals of Applied Biology*, 178, 400-413.
<https://doi.org/10.1111/aab.12658>
 32. Ozturk, T., & Menguloglu, M. (2011). Effect of the storage period on the physico-mechanical and some quality properties of sunflower seeds (*Helianthus annuus* L.). *GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2), 33-41.
 33. Palfi, M., Matotan, Z., & Matotan, S. (2017). Utjecaj tretiranja sjemena stimulatorom klijanja Ekobooster 1 na početni rast i razvoj paprika. *Sjemenarstvo*, 30(1-2), 45-53.
<https://doi.org/10.33128/s1.30.1-2.5>
 34. Pospišil, M. (2013). *Ratarstvo II dio - Industrijsko bilje* (str. 3-45). Zrinski d.d. Čakovec.
 35. Pravilnik o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena, NN 99/2008. Preuzeto 9.2.2022. s
https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_08_99_3020.html
 36. Pravilnik o postupku stručnog nadzora i nadzora pod stručnom kontrolom nad proizvodnjom poljoprivrednog reprodukcijskog materijala, NN 144/2009. Preuzeto 9.2.2022. s
https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2009_12_144_3520.html
 37. Pravilnik o službenom registru specijaliziranih subjekata, NN 30/2021. Preuzeto 9.2.2022. s https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_03_30_655.html

38. Pravilnik o stavljanju na tržište sjemena uljarica i predivog bilja, NN 106/2022. Preuzeto 9.2.2022. s https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2022_09_106_1555.html
39. Prole, S., Radić, V., & Mrđa, J. (2011). Dorada semena suncokreta. U M. Milošević, & B. Kobiljski (ur.), *Semenarstvo II.* (str. 265-330). Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad.
40. Pustovoit, V.S. (1967). *Rukovodstvo po selekciji i semenovodstvu masličnjih kuljtur.* Kolos, Moskva.
41. Radić, V. (2006). Effect of maturation period on seed quality; optimum time for desiccation in sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes. *Helia*, 29(44), 145-153. <https://doi.org/10.2298/HEL0644145R>
42. Ritz, J. (1992). *Osnovi uskladištenja ratarskih proizvoda.* Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
43. Šimić, B., Andrić, L., Ivanišić, I., Beraković, I., Plavšić, H., & Grljušić, S. (2016). Utjecaj duljine skladištenja na kakvoću sjemena suncokreta. U Z. Matotan (ur.), *Zbornik sažetaka 9. međunarodnog kongresa Oplemenjivanje bilja, sjemenarstvo i rasadničarstvo* (str. 71-72). Hrvatsko agronomsko društvo.
44. Šimić, B., Krizmanić, M., Liović, I., Mijić, A., Bilandžić, M., & Popović, R. (2006). Utjecaj tretmana sjemena na sadržaj ulja u zrnju suncokreta. *Sjemenarstvo*, 23(2), 109-114.
45. Šimić, B., Šimić, N., Šimić, D., & Šimić, G. (2014). Utjecaj krupnoće sjemena suncokreta na kakvoću sjemena tijekom skladištenja. U Z. Matotan (ur.), *Zbornik sažetaka 7. međunarodnog kongresa Oplemenjivanje bilja, sjemenarstvo i rasadničarstvo i 2. regionalnog dana sjemenara* (str. 108-109). Hrvatsko agronomsko društvo.
46. Škorić, D., & Jančić, V. (1989). Semenarstvo suncokreta. U S. Milošević (ur.), *Suncokret* (str. 393-425). Nolit, Beograd.
47. Vratarić, M. (2004). Sjemenarstvo suncokreta. U M. Vratarić (ur.), *Suncokret Helianthus annuus L.* (str. 163-186). Poljoprivredni institut Osijek.
48. Vratarić, M., & Sudarić, A. (2008). Sjemenarstvo soje. U M. Vratarić (ur.), *Soja Glycine max* (L.) Merr. (str. 129-156). Poljoprivredni institut Osijek.
49. Zakon o biljnom zdravlju, NN 127/2019. Preuzeto 9.2.2022. s https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_12_127_2552.html

12. EKONOMSKI ASPEKTI PROIZVODNJE SUNCOKRETA

*Ružica Lončarić
Sanja Jelić Milković
Anto Mijić*

12.1. PROIZVODNJA SUNCOKRETA I SUNCOKRETOVOG ULJA U REPUBLICI HRVATSKOJ OD 2010. DO 2022. GODINE

Suncokret (*Helianthus annuus* L.) je jedna od glavnih uljarica u svijetu koja se uzgaja za proizvodnju jestivog i biodizelskog ulja. Nusproizvodi od ekstrakcije suncokretovog ulja predstavljaju vrijednu sirovinu koja se na različite načine može koristiti u prehrani ljudi i hranidbi životinja. Zbog kemijskog sastava, uključujući visok sadržaj bjelanjčevina i fenolnih spojeva, sjemenke i nusproizvodi sjemenki suncokreta koriste se u svrhu obogaćivanja proizvoda npr. u pekarskoj industriji i proizvodnji funkcionalne hrane (Oliveira Filho i Egea, 2021). Upravo široka primjena suncokreta u prerađivačkoj industriji je glavni čimbenik za povećanje tržišnog udjela. Prema podacima FAO (2022) suncokretovo ulje se nalazi na četvrtom mjestu u svijetu kada je u pitanju konzumacija biljnih ulja. Obzirom da je bogato linolnom i oleinskom kiselinom te drugim esencijalnim nutrijentima sve više ga upotrebljavaju potrošači koji brinu o svom zdravlju. Suncokretovo ulje se upotrebljava sve više u proizvodnji veganskih proizvoda (npr. majoneza, namaza, sireva itd.), ali je i glavni sastojak mnogih kozmetičkih proizvoda. Mijić i sur. (2021), kao pozitivan pokazatelj u Hrvatskoj, navode Tvornicu ulja Čepin koja kontinuirano ulaže u modernizaciju svojih kapaciteta te da je u mogućnosti otkupiti i preraditi cjelokupnu proizvodnju suncokreta u Hrvatskoj što je svakako pozitivan pokazatelj hrvatskim proizvođačima za dodatno povećanje proizvodnje suncokreta. Prema podacima Državnog zavoda za statistiku (2011, 2017, 2021), vidljivo je povećanje udjela industrijskog bilja u ukupnim zasijanim površinama. U 2010. godini industrijsko bilje bilo je zasijano na svega 14,0 % površina dok se u 2020. godini taj udjel promijenio te je bilo zasijano na 20,1 % površina. U razdoblju od 2015. do 2020. godine u ukupnoj proizvodnji uljarica dominantno mjesto ima soja (50,6 %), a zatim uljana repica (24,7 %) i suncokret s udjelom od 23,7 % (Ministarstvo poljoprivrede, 2021). Prema podacima Državnog zavoda za statistiku (2023), u usporedbi s proizvodnjom iz 2021. godine, u 2022. se smanjila proizvodnja soje za 14,0 % i uljane repice za 19,2 %, a proizvodnja suncokreta povećala za 24,2 %. Međutim, sektor uljarica bilježi snažan rast proizvodnog volumena posebno nakon pristupanja Republike Hrvatske u EU (Kranjac i sur., 2019). Prema podacima Ministarstva poljoprivrede (2021) Republika Hrvatska

je samodostatna u proizvodnji uljarica te je u 2020. godini u vanjskotrgovinskoj razmjeni uljarica ostvarila suficit u vrijednosti od 122,1 milijuna eura.

Prema podacima iz Tablice 12.1. proizvodna površina pod suncokretom u Republici Hrvatskoj, u promatranom razdoblju od 2010. do 2022. godine, iznosila je u prosjeku 37.058 ha. Prosječno odstupanje vrijednosti od aritmetičke sredine za proizvodne površine iznosi 5.955 ha, a koeficijent varijacije 16,07 %. Najviše proizvodnih površina pod suncokretom bilo je 2022. godine (51.000 ha), a najmanje 2010. godine (26.412 ha). Ujedno 2022. godine ostvarena je i najveća proizvodnja (154.000 t), ali je najveći prinos ostvaren 2013. godine (3,20 t/ha) kada je suncokret bio zasijan na 40.805 ha, što je u skladu s istraživanjem Mijić i sur. (2021) koji navode da se visok prinos suncokreta u 2013. godini temeljio na velikim rezervama zimske vlage i povoljnoj raspodjeli oborina tijekom vegetacije. Ovo je u skladu s istraživanjima Jug i sur. (2018) i Ilkić i sur. (2019) koji navode da je po pitanju prinosa, suncokret najvarijabilnija kultura na koju vremenske prilike imaju znatan utjecaj.

Tablica 12.1. Površine, prinosi, proizvodnja i cijene suncokreta u Republici Hrvatskoj u razdoblju 2010. – 2022. godine

	Max.	Min.	Prosjek	St.dev.	CV (%)
Površina (ha)	51.000	26.412	37.052	5.955	16,07
Proizvodnja (t)	154.000	61.789	107.978	23.082	21,38
Prinos (t/ha)	3,20	2,34	2,89	0,23	7,97
OC (€/kg)	0,59	0,23	0,34	0,11	32,62
VPC (€/kg)	0,61	0,25	0,36	0,11	30,54

Max. – maksimum, Min. – minimum, St.dev. – standardna devijacija, CV – koeficijent varijacije, OC – otkupna cijena, VPC – veleprodajna cijena

(Državni zavod za statistiku, 2011 – 2022 i Tržišni informacijski sustav u poljoprivredi, 2023)

U razdoblju 2010. – 2022. godine ostvarena je proizvodnja od prosječno 107.978 t suncokreta s prosječnim prinosom zrna od 2,89 t/ha. Prinos suncokreta u promatranom razdoblju bilježi rast te se kretao 2,34 do 3,20 t/ha. U 2022. godini zabilježeno je povećanje proizvodnje suncokreta za 37,62 % i prinosa 3,46 % u odnosu na razdoblje od 2010. do 2022. godine.

Površine pod suncokretom u Republici Hrvatskoj, prema istraživanju Mijić i sur. (2021), u razdoblju od 1999. do 2018. godine su značajno varirale i ovisile o uvjetima uzgoja, cijenama sirovina (gnojivo, sjeme, zaštitna sredstva), otkupu, poticajima, potporama, primjeni tehnologije i znanja poljoprivrednih proizvođača te su u prosjeku iznosile 32.741 ha s prosječnim prinosom od 2,54 t/ha. Također, prema navedenim autorima, Republika Hrvatska je prema višegodišnjem prosjeku (1999. – 2018.) druga zemlja po prinosu zrna po hektaru u EU. Prema istraživanju Kuts i Makarchuk (2020), u 2019. i 2020. godini najveći proizvođači zrna suncokreta u svijetu su bili Ukrajina, Rusija, Rumunjska, Argentina, Kina i Turska.

Najviše zasijanih površina suncokretom, u petogodišnjem razdoblju, od 2017. do 2021. godine, imale su Rusija (8.329.182 ha), Ukrajina (6.266.420 ha), Argentina (1.713.685 ha) i Rumunjska (1.111.130 ha). Najmanji prinos u promatranom razdoblju od 2017. do 2021. godine imala je Rusija svega 1,62 t/ha, a najveći Rumunjska 2,61 t/ha. Prema navedenome, spomenute zemlje, iako su najveći proizvođači suncokreta u prosjeku ostvaruju znatno manje prinose od Republike Hrvatske. Prema podacima Europske komisije (2021), za razdoblje od 2021. do 2031. godine, očekuje se lagano povećanje prinosa i proizvodnje uljarica, posebice suncokreta i soje te se predviđa da će proizvodnja uljarica u EU u 2031. godini iznositi 31,2 milijuna tona.

Prema podacima u Tablici 12.1. prosječna otkupna cijena suncokreta u razdoblju od 2010. – 2022. godine iznosila je 0,34 €/kg, a veleprodajna cijena 0,36 €/kg. Najveća otkupna i veleprodajna cijena suncokreta zabilježena je 2022. godine (0,59 i 0,61 €/kg) kada je ujedno ostvarena i najveća proizvodnja, a najmanja otkupna i veleprodajna cijena zabilježena je 2014. godine (0,23 i 0,25 €/kg). Značajno povećanje otkupnih i veleprodajnih cijena suncokreta bilo je 2021. i 2022. godine. Otkupna cijena suncokreta je u razdoblju od 2021. do 2022. godine iznosila 0,55 €/kg, dok je prosječna otkupna cijena u razdoblju od 2010. do 2020. godine iznosila 0,30 €/kg. Također je došlo i do porasta veleprodajnih cijena suncokreta u istome razdoblju s 0,32 €/kg (2010. – 2020.) na 0,57 €/kg (2021. – 2022.). Prema podacima Državnog zavoda za statistiku (2022) prosječna ukupna domaća potrošnja u razdoblju od 2010. do 2022. godine iznosila je 60.095 t, od toga prosječna industrijska potrošnja iznosila je 53.814 t, a ljudska 1.438 t. Republika Hrvatska u promatranome razdoblju bila je samodostatna kada je u pitanju proizvodnja suncokreta te je stupanj samodostatnosti u promatranom razdoblju od 2010. do 2022. godine iznosio 196 %.

Novonastala situacija u Ukrajini značajno je utjecala na tržište žitarica (pšenice i kukuruza), suncokreta, biljnih ulja, ali i gnojiva, čiji su glavni izvoznici bili upravo Ukrajina i Rusija (Nchasi i sur., 2022). Prekidi u izvozu iz spomenutih zemalja imaju značajne posljedice na globalno tržište hrane, ali i na sigurnost hrane (Behnassi i El Haiba, 2022). Cijene osnovnih poljoprivrednih proizvoda već su visoke, a njihovo povećanje se očekuje i u budućem razdoblju. Ukrajina je među najvećim svjetskim izvoznicima žitarica i uljarica te je neupitni lider u prodaji suncokretovog ulja (Matuszak, 2021; Jagtap i sur., 2022). EU rafinerije nabavljaju 35 – 45 % suncokretovog ulja iz Ukrajine te je neupitno da će globalno potrošači biti pogođeni, a zemlje poput Kine, Indije i EU morat će potražiti druga alternativna ulja (sojino, repičino, palmينو, maslinovo) po znatno većim cijenama (Matuszak, 2021; EEAS, 2022). Također, nametnute sankcije Rusiji za goriva (ugljen, nafta i plin) dovele su do povećanja troškova povezanih s proizvodnjom, transportom spomenutih roba i preradevina o kojima ovisi svjetsko tržište (Jagtap i sur., 2022).

Prema podacima u Tablici 12.2., u razdoblju 2010. – 2022. godine ostvarena je u Republici Hrvatskoj prosječna proizvodnja suncokretovog ulja od 30.821 t. Prosječno odstupanje vrijednosti od aritmetičke sredine za proizvodnju suncokretovog ulja iznosilo je 7.970 t, a koeficijent varijacije 25,86 %. Najveća proizvodnja ulja ostvarena je 2017. godine (48.779 t), a najmanja 2019. godine (19.200 t). Prosječna

veleprodajna cijena suncokretovog ulja u razdoblju od 2010. – 2022. godine iznosila je 0,94 €/kg.

Tablica 12.2. Proizvodnja i cijene suncokretovog ulja u Republici Hrvatskoj u razdoblju 2010. – 2022. godine

	Max.	Min.	Prosjek	St.dev.	CV (%)
Proizvodnja (t)	48.779	19.200	30.821	7.970	25,86
VPC (€/kg)	1,64	0,64	0,94	0,29	31,14

Max. – maksimum, Min. – minimum, St.dev. – standardna devijacija, CV – koeficijent varijacije, VPC – veleprodajna cijena

(Državni zavod za statistiku, 2011 – 2022; FAO, 2022; Tržišni informacijski sustav u poljoprivredi, 2023)

U razdoblju od 2021. do 2022. godine došlo je i do značajnog povećanja veleprodajnih cijena suncokretovog ulja te je veleprodajna cijena suncokretovog ulja 2022. godine bila veća za 98 % u odnosu na razdoblje od 2010. do 2020. godine. Na porast cijena suncokreta i suncokretovog ulja od 2020. do 2022. godine utjecala je pandemija COVID-19 kao i Ukrajinska kriza. Prema podacima Državnog zavoda za statistiku (2022), prosječna ljudska potrošnja u razdoblju od 2010. do 2021. godine iznosila je 3,89 kg po glavi stanovnika. Republika Hrvatska u promatranome razdoblju nije bila samodostatna kada je u pitanju proizvodnja suncokretovog ulja. Prema prikazanim podacima nameće se zaključak kako proizvodnja i prerada suncokreta nisu povezane te Republika Hrvatska ne ostvaruje potrebnu dodatnu vrijednost. Prema podacima Državnog zavoda za statistiku (2022), 2019. godine samodostatnost proizvodnje suncokreta iznosila je 284 %, a suncokretovog ulja svega 32,33 %. Komplementarnost proizvodnje suncokreta ogleda se u potpunijem zadovoljavanju potreba potrošača i povećavanju cjelokupnoga dohotka u smjeru proizvodnje, prerade, finalizacije, distribucije i potrošnje.

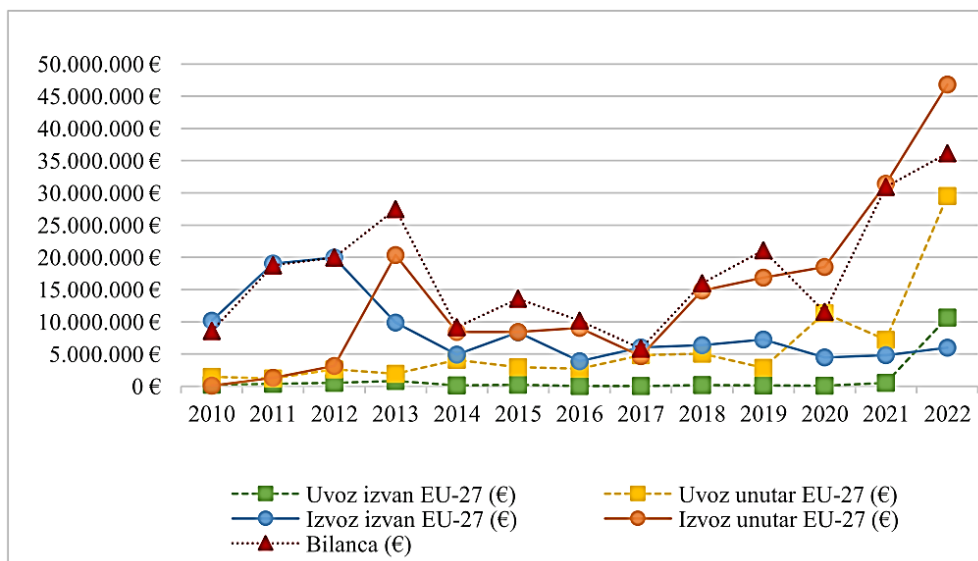
12.2. VANJSKOTRGOVINSKA RAZMJENA SJEMENA SUNCOKRETA I SUNCOKRETOVOG ULJA

Republika Hrvatska je u razdoblju od 2010. do 2022. u prosjeku izvezla suncokreta u vrijednosti 22.708.143 €, a uvezla suncokreta u vrijednosti od 7.065.009 € što je rezultiralo suficitom.

Najmanji uvoz ostvaren je 2011. godine (1.584.537 €), a spomenute godine Republika Hrvatska uvezla je suncokreta u vrijednosti 1.212.036 € iz EU-27 zemalja i 372.501 € izvan EU-27 zemalja. Najveći uvoz ostvaren je 2022. godine (40.206.233 €) kada je Republika Hrvatska uvezla suncokreta u vrijednosti od 29.532.587 € iz EU-27 zemalja i 10.673.646 € izvan EU-27 zemalja.

Najveći izvoz suncokreta ostvaren je 2022. godine (52.818.499 €) kada je ujedno

ostvarena i najveća proizvodnja. U spomenutoj godini u EU-27 zemlje Republika Hrvatska je izvezla suncokreta u vrijednosti od 46.812.971 € te 6.005.528 € u zemlje izvan EU-27 (Grafikon 12.1.).



Grafikon 12.1. Vanjskotrgovinska razmjena suncokreta unutar i izvan EU-27 zemalja

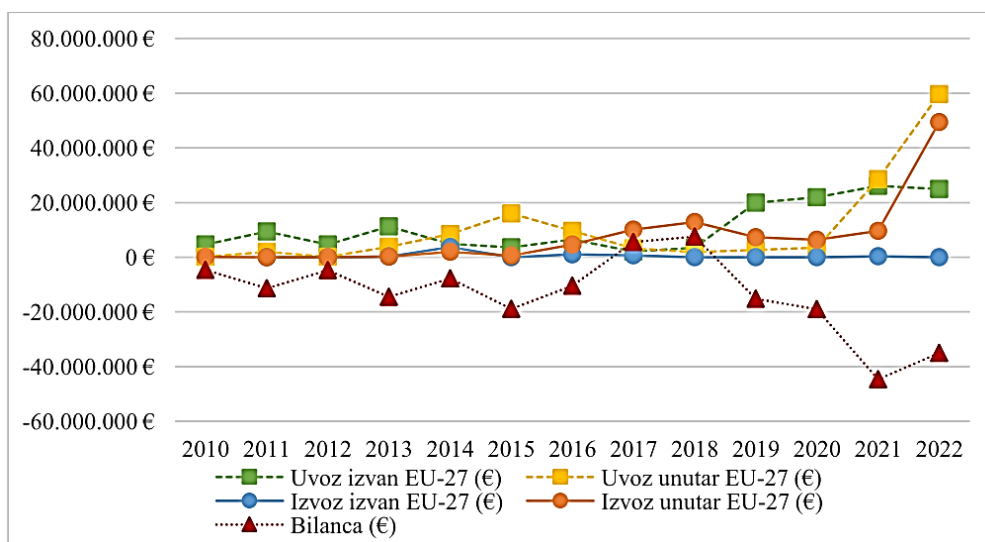
Uvoz i izvoz suncokreta mogu se smatrati vrlo varijabilnim svojstvom. Ipak, razdoblje od 2010. do 2022. godine ne karakteriziraju velike oscilacije iz godine u godinu te je na temelju podataka vidljivo da je u spomenutom razdoblju uvoz suncokreta konstantan osim blagog porasta u 2020. godini kada je uvoz unutar zemalja EU-27 iznosio 11.448.407 € i značajnijeg porasta u 2022. godini (izvan i unutar zemalja EU-27). Izvoz suncokreta iz Republike Hrvatske u promatranom razdoblju pokazuje tendenciju porasta što je posebno izraženo u 2021. i 2022. godini.

Od ulaska Republike Hrvatske u EU, povećao se uvoz suncokreta u razdoblju od 2013. do 2022. godine unutar EU-27 zemalja dok je uvoz suncokreta izvan EU-27 u promatranom razdoblju konstantan osim blagog povećanja 2022. godine. Isti trend primjetan je i kada je riječ o izvozu suncokreta izvan i unutar zemalja EU-27. U promatranom razdoblju vanjskotrgovinska bilanca je pozitivna i u prosjeku iznosi 15.643.135 €. Isti trend primjetan je i u Rumunjskoj u razdoblja od 2007. do 2016. godine kada je vrijednost izvoza brzo rasla te je pokrivenost uvoza izvozom dovela do pozitivne trgovinske bilance (Popescu, 2018). Međutim, bez obzira na povoljan saldo vanjskotrgovinske razmjene suncokreta, generalno, ovaj pokazatelj je nepovoljan, jer se radi o izvozu neprerađenog primarnog poljoprivrednog proizvoda koji bi trebao biti iskorišten u daljnjoj preradi kako bi se dobili proizvodi više dodane vrijednosti.

U istom promatranom razdoblju Republika Hrvatska je u prosjeku izvezla suncokretovog ulja u vrijednosti 8.412.825 €, a uvezla u vrijednosti od 21.740.431 €

što je rezultiralo deficitom -13.327.605 €.

Grafikon 12.2. prikazuje vanjskotrgovinsku razmjenu suncokretovog ulja unutar i izvan EU-27 zemalja. Najmanji uvoz ostvaren je 2010. godine (4.698.669 €), spomenute godine Republika Hrvatska je uvezla suncokretovog ulja u vrijednosti od 4.641.829 € iz zemalja izvan EU-27 i 56.840 € iz EU-27 zemalja, a najveći uvoz suncokretovog ulja ostvaren je 2022. godine (84.526.456 €) kada je uvezeno 59.616.868 € suncokretovog ulja iz EU-27 zemalja i 24.909.588 € ulja iz zemalja izvan EU-27.



Grafikon 12.2. Vanjskotrgovinska razmjena suncokretovog ulja unutar i izvan EU-27 zemalja

Najveći izvoz suncokretovog ulja također je zabilježen 2022. godine (49.456.699 €), iako značajno manji od uvoza. Spomenute godine izvezeno je suncokretovog ulja u vrijednosti od 49.438.583 € u zemlje EU-27 i 18.116 € u zemlje izvan EU-27. Prema podacima na grafikonu vidljivo je smanjenje uvoza suncokretovog ulja izvan EU-27 zemalja nakon pristupanja Republike Hrvatske u EU te značajno povećanje u razdoblju od 2019. do 2022. godine dok se uvoz unutar EU-27 zemalja u istome razdoblju povećao. Izvoz suncokretovog ulja iz Republike Hrvatske u promatranom razdoblju od 2010. do 2022. godine pokazuje tendenciju porasta što je posebno izraženo 2022. godini unutar EU-27 zemalja. Međutim prema podacima na Grafikonu 12.2. vidljivo je da je uvoz suncokretovog ulja značajno veći od izvoza te je u promatranom razdoblju vanjskotrgovinska bilanca negativna.

LITERATURA

1. Behnassi, M., & El Haiba, M. (2022). Implications of the Russia-Ukraine war for global food security. *Nature Human Behaviour*, 6, 754-755. <https://doi.org/10.1038/s41562-022-01391-x>
2. Državni zavod za statistiku (2011). *Poljoprivredna proizvodnja u 2010. Statistička izvješća*. Preuzeto 8.6.2023. s <https://www.dzs.hr/>
3. Državni zavod za statistiku (2017). *Poljoprivredna proizvodnja u 2016. Statistička izvješća*. Preuzeto 8.6.2023. s <https://www.dzs.hr/>
4. Državni zavod za statistiku (2021). *Poljoprivredna proizvodnja u 2020. Statistička izvješća*. Preuzeto 8.6.2023. s <https://www.dzs.hr/>
5. Državni zavod za statistiku (2022). *Bilanca uljarica*. Preuzeto 8.6.2023. s https://web.dzs.hr/PXWeb/Selection.aspx?px_path=Poljoprivreda,%20lov,%20%20c5%a1umarstvo%20i%20ribarstvo__Bilanca%20usjeva&px_tableid=BU2.px&px_language=hr&px_db=Poljoprivreda,%20lov,%20%20c5%a1umarstvo%20i%20ribarstvo&rxid=260cdcde-7f65-45ae-af60-d03f4238ccdc
6. Državni zavod za statistiku (2023). *Prva procjena važnijih ranih usjeva u 2022. Priopćenje*. Preuzeto 8.6.2023. s <https://podaci.dzs.hr/2022/hr/29384>
7. EEAS (2022). *The war in Ukraine and its implications for the EU*. Preuzeto 4.7.2023. s https://www.eeas.europa.eu/eeas/war-ukraine-and-its-implications-eu_en
8. Europska komisija (2021). *EU agricultural outlook for markets, income and environment, 2021-2031*. European Commission, DG Agriculture and Rural Development, Brussels. Preuzeto 28.6.2023. s https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/facts-and-figures/markets/outlook/medium-term_en
9. EUROSTAT (2023). *International trade*. Preuzeto 28.6.2023. s <https://ec.europa.eu/eurostat/comext/newxtweb/>
10. FAO (2022). *FAOSTAT Crops and livestock products*. Preuzeto 8.6.2023. s <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
11. FAO (2023). *Sunflower*. Preuzeto 8.6.2023. s <https://www.fao.org/common-pages/search/en/?q=sunflower>
12. Iljkić, D., Kranjac, D., Zebec, V., Varga, I., Rastija, M., Antunović, M., & Kovačević, V. (2019). Stanje i perspektiva proizvodnje žitarica i uljarica u Republici Hrvatskoj. *Glasnik zaštite bilja*, 3, 62-71. <https://doi.org/10.31727/gzb.42.3.9>
13. Jagtap, S., Trollman, H., Trollman, F., Garcia-Garcia, G., Parra-López, C., Duong, L., Martindale, W., Muneke, P.E.S., Lorenzo, J.M., Hdaifeh, A., Hassoun, A., Salonitis, K., & Afy-Shararah, M. (2022). The Russia-Ukraine conflict: its implications for the global food supply chains. *Foods* 2022, 11(14), 2098. <https://doi.org/10.3390/foods11142098>

14. Jug, D., Jug, I., Brozović, B., Vukadinović, V., Stipešević, B., & Đurđević, B. (2018). Uloga konzervacijske poljoprivrede u ublažavanju i prilagodbi klimatskim promjenama. *Poljoprivreda*, 24(1), 35-44.
<https://doi.org/10.18047/poljo.24.1.5>
15. Kranjac, D., Zmaić, K., Sudarić, T., Grgić, I., & Zrakić, M. (2019). Pregled i perspektive tržišta soje u Republici Hrvatskoj do 2030. godine primjenom modela parcijalne ravnoteže. U B. Mioč, & I. Širić (ur.), *Zbornik radova 54. hrvatskog i 14. međunarodnog simpozija agronoma* (str. 172-131). Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
16. Kuts, T., & Makarchuk, O. (2022). Problems of world agriculture. *Scientific Journal Warsaw University of Life Science – SGGW*, 20(35), 4-15.
17. Matuszak, S. (2021). The breadbasket of the world? Agricultural development in Ukraine. OSW Report. Preuzeto 16.6.2023. s <https://www.osw.waw.pl/en/publikacje/osw-report/2021-12-09/breadbasket-world>
18. Mijić, A., Liović, I., Sudarić, A., Duvnjak, T., Jug, D., Kranjac, D., Jovović, Z., & Markulj Kulundžić, A. (2021). Status and perspectives of sunflower production in Croatia. *Agriculture and Forestry*, 67(1), 35-45.
<https://doi.org/10.17707/AgricultForest.67.1.03>
19. Ministarstvo poljoprivrede (2021). *Godišnje izvješće o stanju poljoprivrede u 2020*. Preuzeto 16.6.2023. s https://poljoprivreda.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/poljoprivredna_politika/zeleno_izvjescje/2021_12_15_Zeleno2020_isp.pdf
20. Nchasi, G., Mwasha, C., Shaban, M.M., Rwegasira, R., Mallilah, B., Chesco, J., Volkova, A., & Mahmoud, A. (2022). Ukraine's triple emergency: food crisis amid conflicts and COVID-19 pandemic. *Health Science Reports*, 5(6), e862.
<https://doi.org/10.1002/hsr2.862>
21. Oliveira Filho, J.G.d., & Egea, M.B. (2021). Sunflower seed byproduct and its fractions for food application: an attempt to improve the sustainability of the oil process. *Journal of Food Science*, 86(5), 1497-1510.
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.15719>
22. Popescu, A. (2018). Romania's sunflower seeds production, export and import-analysis of the 2007-2017 period and forecast for 2018-2022 Horizon. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 18(4), 261-269.
23. Tržišni informacijski sustav u poljoprivredi (2023). *Baza podataka - trend cijena*. Preuzeto 8.6.2023. s http://www.tisup.mps.hr/baza_trend.aspx

PREUZETE SLIKE I GRAFIKONI

1. ZNAČAJ I RASPROSTRANJENOST SUNCOKRETA

Slika 1.1. <https://www.tourist-ad-guide.com/en/poslovni-marketing/poljoprivredni-institut-osijek/>

Slika 1.2.

<https://www.jeftinije.hr/Proizvod/20099405/ljepota-i-zdravlje/kozmetika-i-higijena/njega-kose/kozmetika-afrodita-sampon-za-kosu-i-tijelo-suncokret-vitamin-e-1000-ml>

<https://www.zvijezda.hr/product/delikates-majoneza/>

<https://www.zvijezda.hr/product/zvijezda-stolni/>

<https://uljara.hr/proizvodi/tena>

Mijić, A.

<https://www.icis.com/assets/getAsset.aspx?ItemID=893391>

https://food.htgetrid.com/wp-content/uploads_/2019/10/foto-meda-iz-podsolnuha.jpg

<https://farmcommerc.co.rs/list/suncokretova-sa--ma/>

Slika 1.3. FAO, 2024

Slika 1.4. lijevo: Marković, 1988; sredina i desno: Zvizdić, 1986

Slika 1.5. VNIIMK, 1985

Slika 1.6. Mijić, A.

Grafikon 1.1., 1.2. FAO, 2024

Grafikon 1.3. Ministarstvo poljoprivrede, 2023

2. PODRIJETLO I BOTANIČKA KLASIFIKACIJA

Slika 2.1. Dodoens, 1576

Slika 2.2. <https://medicroslavl.ru/hr/weed-war/the-amazing-story-of-a-sunflower-project-sunflower-sun-flower.html>

Slika 2.3. <https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/helianthus+tuberosus>

3. MORFOLOŠKA SVOJSTVA SUNCOKRETA

Slika 3.1. https://puntomarinero.com/images/sunflower-root-medicinal-properties-reviews_3.jpg

Slika 3.2., 3.6., 3.13. Mjić, A.

Slika 3.3. <https://medium.com/@biologynotes/anatomy-of-dicotyledonous-and-monocotyledonous-plants-fb6cc6b34fcf>, prilagođeno

Slika 3.4., 3.15. Liović, I.

Slika 3.5. UPOV, 2000, prilagođeno

Slika 3.7. https://www.brainkart.com/article/Anatomy-and-Primary-Structure-of-Dicot-stem---sunflower-stem_33039/, prilagođeno

Slika 3.8. UPOV, 2000, prilagođeno

Slika 3.9. https://www.brainkart.com/article/Anatomy-and-Primary-Structure-of-a-Dicot-Leaf-sunflower-Leaf_33044/, prilagođeno
 Slika 3.10. <https://www.shutterstock.com/image-vector/structure-flower-sunflower-cross-section-ray-1406644232>, prilagođeno
 Slika 3.11. <https://www.shutterstock.com/image-vector/structure-flower-sunflower-cross-section-ray-1406644232>, prilagođeno
 Slika 3.12. UPOV, 2000, prilagođeno
 Slika 3.14. <https://www2.palomar.edu/users/warmstrong/termfr2.htm>, prilagođeno
 Slika 3.16. Morozov, 1947, prilagođeno

4. FAZE RASTA I RAZVOJA SUNCOKRETA

Slika 4.1., 4.4. Liović, I.
 Slika 4.2., 4.3. Mijić, A.

5. EKOLOŠKI UVJETI U PROIZVODNJI SUNCOKRETA

Slika 5.1. Vrebalov, 1989
 Slika 5.2. Markulj Kulundžić, A.
 Slika 5.3. Vratarić, M.
 Slika 5.4. Šuljgin, 1967
 Slika 5.5. Liović, I.

6. AGROTEHNIČKE MJERE UZGOJA SUNCOKRETA

Slika 6.1., 6.8., 6.9. lijevo Banaj, A.
 Slika 6.2. <https://www.deere.com/en/tillage/2330-mulch-finisher/>
 Slika 6.3. <https://www.agroklub.com/poljoprivredne-vijesti/kroz-25-videa-poljoprivrednici-uce-maksimizirati-primjenu-john-deere-strojeva/65338/>
 Slika 6.4. <https://www.facebook.com/395505540920609/photos/a.404177276720102/1348427242295096>
 Slika 6.5. <https://www.messis.hr/rasipaci-i-razbacivaci>
 Slika 6.6. https://ishranabilja.com.hr/kalkulatori/ALR_v8.0_hr.html
 Slika 6.7. <https://www.kuhn.com/en/crop/seed-drills/precision-seed-drills/precision-air-seed-drills/kosma#lg=1&slide=0>
 Slika 6.9. desno: <http://agroservis-proizvodnja.eu/wp3/pokoricar/>
 Slika 6.10., 6.12. Liović, I.
 Slika 6.11. Banaj i sur., 2023
 Slika 6.13. Ritz, 1970
 Slika 6.14. <https://hr.hetech.hu/suvremene-tehnologije-u-susenju-i-preradi-merkantilnog-i-sjemenskog-suncokreta/>
 Slika 6.15. <https://agritech-saric.com/strojevi/adaptori-za-suncokret/>
 Slika 6.16. <https://images.app.goo.gl/KieFXbdYovHxPFAc7>

7. BOLESTI SUNCOKRETA

Slika 7.1., 7.12., 7.17., 7.20., 7.23. Duvnjak, T. i Stojković, S.

Slika 7.2., 7.4.-7.6., 7.8.-7.11., 7.13., 7.14., 7.16., 7.18., 7.19., 7.21., 7.22., 7.24.-
7.33. Ćosić, J. i Vrandečić, K.
Slika 7.3., 7.7., 7.15. Duvnjak, T.

8. ŠTETNICI SUNCOKRETA

Slika 8.1., 8.3., 8.7., 8.12., 8.13., 8.19., 8.21., 8.37., 8.48., 8.60. Raspudić, E.
Slika 8.2. Faucheux i sur., 2020
Slika 8.4. <https://d3i71xaburhd42.cloudfront.net/9cd38d2a25162b75f82222fe54c10ce6fb617896/13-Figure2-1.png>
Slika 8.5. <https://www.ent.iastate.edu/images/coleoptera/click/3936.9wirewormincorn.jpg>
Slika 8.6. https://ag.purdue.edu/departement/entm/extension/field-crops-ipm/_media/wwrmseddmg.jpg
Slika 8.8. <https://www.galerie-insecte.org/galerie/view.php?ref=31636>
Slika 8.9. <https://cdn.agroklub.com/upload/images/text/thumb/depositphotos-333328334-1-2015-1-1-880x495.jpg>
Slika 8.10. <https://www.galerie-insecte.org/galerie/view.php?ref=206938>
Slika 8.11. <https://www.galerie-insecte.org/galerie/view.php?ref=26807>
Slika 8.14. https://4.bp.blogspot.com/-4P8mNAhEgTo/TwAvRs5vaAI/AAAAAAAAAPPw/99_bpw6Rnic/s400/Field_Cricket2.jpg
Slika 8.15. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b4/Euxoa_temera01.jpg/330px-Euxoa_temera01.jpg
Slika 8.16. https://lepiforum.org/wiki/page/Euxoa_temera#/image/2/1
Slika 8.17. <https://gd.eppo.int/taxon/AGROSE/distribution>
Slika 8.18. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0e/Agrotis_segetum.jpg?20100301220006
Slika 8.20. Budimir, A.
Slika 8.22. <https://d3i71xaburhd42.cloudfront.net/0ab6d98c8f8a829f991419af7cab2d30aa3daee7/3-Figure3-1.png>
Slika 8.23. https://media.syngenta.com.br/s3fs-021-04/IMAGEM03-glossario-de-alvos-helicoverpa_0.jpg
Slika 8.24. <https://acrobat.adobe.com/1198af55-4988-4f0a-93bd-8677fab55763>
Slika 8.25. EPPO, 2023
Slika 8.26. https://entnemdept.ufl.edu/creatures/field/fall_armyworm06.jpg
Slika 8.27. https://entnemdept.ufl.edu/creatures/field/fall_armyworm07.JPG
Slika 8.28. https://entnemdept.ufl.edu/creatures/field/fall_armyworm01.JPG
Slika 8.29. https://entnemdept.ufl.edu/creatures/field/fall_armyworm04.JPG
Slika 8.30., 8.32. Ivezić, M.
Slika 8.31. https://mothdissection.co.uk/files/63.002_loxostege_sticticalis_a_wl_1639936534.jp
Slika 8.33. https://britishlepidoptera.weebly.com/uploads/5/9/8/4/5984437/2559167_orig.jpg
Slika 8.34. <https://www.myfields.info/sites/default/files/styles/medium/public/Fig.2.JPG?itok%20=%20kXVAbB9>

Slika 8.35. <https://www.myfields.info/sites/default/files/styles/medium/public/Fig.3.JPG?itok=1N3NzLyu>

Slika 8.36. <https://indiabiodiversity.org/files-api/api/get/raw/observations//70f9b850-bfd7-4017-8e7d-53cd8ce6b080/688ca8e848ab4f5c89e1db8b992553c1.JPG>

Slika 8.38. <https://www.naturephoto-cz.com/photos/krasensky/opatrum-sabulosum-1566.jpg>

Slika 8.39. <https://www.coleoptera.org.uk/species-gallery/nojs/4346>

Slika 8.40. <https://agronomija.rs/wp-content/uploads/2013/11/Psalidium-maxillosum-crna-repina-pipa.jpg>

Slika 8.41. Georgescu i sur., 2013

Slika 8.42. http://agroAtlas.ru/content/pests/Tanymecus_dilaticollis/Tanymecus_dilaticollis.jpg

Slika 8.43. <https://tanymecus.ro/v2/wp-content/uploads/2019/12/ptr-site-tanymecus-1.jpg>

Slika 8.44. https://ukrbin.com/files/69/CRW_8999.jpg

Slika 8.45. <https://blog.growingwithscience.com/wp-content/uploads/2012/03/sunflower-aphids.jpg>

Slika 8.46. https://en.wikipedia.org/wiki/Black_bean_aphid#/media/File:Aphids_May_2010-3.jpg

Slika 8.47. https://www.wikiwand.com/en/Lygus_rugulipennis#Media/File:Miridae_-_Lygus_rugulipennis.JPG

Slika 8.49. <https://njaes.rutgers.edu/stink-bug/images/instar-iv-full.jpg>

Slika 8.50. Canadian Grain Storage CD-ROM

Slika 8.51. https://en.wikipedia.org/wiki/Oryzaephilus_surinamensis

Slika 8.52. http://spiru.cgahr.ksu.edu/ImageDB/t_MgbLaL.jpg

Slika 8.53. https://en.wikipedia.org/wiki/Oryzaephilus_mercator

Slika 8.54. Rozman i sur., 2020

Slika 8.55. <http://www.dermestidae.com/Trogodermagranarium.html>

Slika 8.56. <https://i2.wp.com/blog.pestprophet.com/wp-content/uploads/2018/02/Two-Spotted-Spider-Mites6-Persimilis-Denise-Crawford2.jpg>

Slika 8.57. <https://i0.wp.com/blog.pestprophet.com/wp-content/uploads/2018/02/SM16.jpg>

Slika 8.58. <https://www.arbico-organics.com/product/mite-predator-phytoseiulus-persimilis-spidermite-killer-greenhouse/pest-solver-guide-mites>

Slika 8.59., 8.61. Liović, I.

Slika 8.60. https://pestpointers.com/wp-content/uploads/2022/10/AdobeStock_217081439-1.jpeg

9. KOROVI U SUNCOKRETU

Slika 9.1.-9.6., 9.8.-9.10. Baličević, R.

Slika 9.7. <https://agrimatco.hr/strucni-savjeti/suncokret/i-fen.jpg>, prilagođeno

10. OPLEMENJIVANJE SUNCOKRETA

Slika 10.1. <https://vniimk.ru/>

Slika 10.2. Mijić, A.

Slika 10.3. Šimić, B.
 Slika 10.4. Liović, I.
 Slika 10.5. <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/b657b5d5-0970-476c-a890-83df2e8bb8a5/biologija-1/m02/j04/index.html>
 Slika 10.6. Dar i sur., 2019
 Slika 10.7. <https://www.smacgigworld.com/blog/instrumentation-and-methodology-of-electrophoresis.php>
 Slika 10.8. Mardis, 2008
 Slika 10.9. Eid i sur., 2009, prilagođeno
 Slika 10.10. https://isogg.org/wiki/Single-nucleotide_polymorphism#/media/File:SNP_diagram.png
 Slika 10.11. Talukder i sur., 2019
 Slika 10.12. Collard i sur., 2005
 Slika 10.13. <https://www.slideshare.net/FAOoftheUN/marker-assisted-selection-55689355>
 Slika 10.14. http://www.knowledgebank.irri.org/ricebreedingcourse/documents/Marker_assisted_breeding.doc
 Slika 10.15. Shamshad i Sharma, 2018
 Slika 10.16. Plavšin, 2022
 Slika 10.17. Barabaschi i sur., 2016
 Slika 10.18. Dimitrijević i Horn, 2018
 Slika 10.19. Renaut, 2017
 Grafikon 10.1., 10.2. Fick i Miller, 1997, prilagođeno
 Grafikon 10.3. Vranceanu i sur., 1985, prilagođeno
 Grafikon 10.4. Long i sur., 2019, prilagođeno
 Grafikon 10.5. Shamshad i Sharma, 2018

11. SJEMENARSTVO I DORADA SJEMENA SUNCOKRETA

Slika 11.1. <https://www.croptrust.org/news-events/news/nikolai-vavilov-the-father-of-genebanks/>
 Slika 11.2. <https://seedvault.nordgen.org/>
 Slika 11.3.-11.6., 11.8., 11.9. Mijić, A.
 Slika 11.7. Šimić, B.
 Slika 11.10. Liović, I.
 Slika 11.11., 11.13.-11.15. Beraković, I.
 Slika 11.12. Mijić, A.
 Grafikon 11.1. Pustovoit, 1967, prilagođeno
 Grafikon 11.2. Mijić, A.

12. EKONOMSKI ASPEKTI PROIZVODNJE SUNCOKRETA

Grafikon 12.1., 12.2. EUROSTAT, 2023

