

Čarobni grah

Carović-Stanko, Klaudija; Gunjača, Jerko; Lazarević, Boris; Vidak, Monika

Authored book / Autorska knjiga

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Publication year / Godina izdavanja: **2022**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:611145>

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-28**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)





Klaudija Carović-Stanko

Jerko Gunjača

Boris Lazarević

Monika Vidak

Carobni grah



CroP-BioDiv

Naziv projekta:

Bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja
(KK.01.1.1.01.0005)

Naziv korisnika:

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
Znanstveni centar izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (ZCI CroP-BioDiv)

Projekt je sufinancirala Europska unija
iz Europskog fonda za regionalni razvoj (www.strukturnifondovi.hr)



Europska unija
Zajedno do fondova EU



Republika Hrvatska

**Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost Sveučilišta u Zagrebu
Agronomskog fakulteta**

Impressum

Autori

Klaudija Carović-Stanko, Jerko Gunjača, Boris Lazarević i Monika Vidak

Izdavač

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

i Znanstveni centar izvrsnost za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (CroP-BioDiv)



Recenzenti

prof. dr. sc. Zlatko Šatović

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Znanstveni centar izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (CroP-BioDiv)

dr. sc. Dean Ban

Institut za poljoprivredu i turizam Poreč

Znanstveni centar izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (CroP-BioDiv)

dr. sc. Tihomir Čupić

Poljoprivredni institut Osijek

Lektor

mr. sc. Sanja Joka

Grafičko oblikovanje i tisak

Parko d.o.o.

Fotografije

Klaudija Carović-Stanko, Jerko Gunjača, Boris Lazarević, Monika Vidak te Shutterstock

ISBN

978-953-8276-32-3 (tiskano izdanje), 978-953-8276-33-0 (elektroničko izdanje)



9 789538 276323

Zagreb, 2022.

Odlukom Fakultetskog vijeća Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta, KLASA: 602-09/22-02/01, URBROJ: 251-71-29-01/9-22-5, na 9. redovitoj sjednici održanoj 7. lipnja 2022. godine odobrava se korištenje naziva monografija Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta

Klaudija Carović-Stanko

Jerko Gunjača

Boris Lazarević

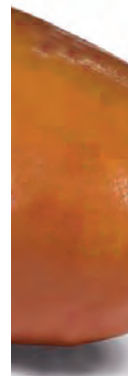
Monika Vidak

*Carobni
grah*

Sadržaj

Predgovor	7
1. UVOD	10
2. SISTEMATIKA, GENETIKA I POVIJEST	12
2.1. Sistematika i genetika	13
2.2. Porijeklo i rasprostranjenost vrste	15
2.3. Udomaćenje	21
2.4. Globalno širenje graha	24
2.5. Literatura	24
3. MORFOLOŠKA SVOJSTVA I RAZVOJ BILJAKA GRAHA	28
3.1. Morfološka svojstva	29
3.2. Faze razvoja graha	46
3.3. Literatura	48
4. UZGOJ	50
4.1. Sjetva	51
4.2. Uvjeti uzgoja	53
4.3. Ishrana graha	54
4.4. Literatura	60
5. GOSPODARENJE USJEVOM	62
5.1. Navodnjavanje	63
5.2. Zaštita graha od bolesti i štetnika	67
5.3. Bolesti graha	68
5.4. Štetnici graha	74
5.5. Suzbijanje korova	78
5.6. Fiziološki poremećaji graha	82
5.7. Berba i žetva	83
5.8. Literatura	86
6. ORGANSKA PROIZVODNJA GRAHA	88
6.1. Izbor površine	91
6.2. Plodored	92
6.3. Ishrana	93

6.4. Zaštita usjeva	94
6.5. Izbor kultivara i način uzgoja	96
6.6. Literatura	97
7. UPOTREBA	98
7.1. Nutritivna vrijednost graha	100
7.2. Ljekovita svojstva	104
7.3. Literatura	106
8. OSTALE KULTIVIRANE VRSTE RODA <i>PHASEOLUS</i>	108
8.1. Lima grah (<i>Ph. lunatus</i> L.)	109
8.2. Crveni grah (<i>Ph. coccineus</i> L.)	110
8.3. Oštroлисni ili tepari grah (<i>Ph. acutifolius</i> A. Gray)	111
8.4. Grmoliki ili godišnji grah (<i>Ph. dumosus</i> Macfady syn. <i>Ph. polyanthus</i> Greenman)	112
8.5 . Literatura	112



Carobinvi
grah

Carobinvi
grah

Predgovor

Iako njegovo latinsko i englesko ime (*Phaseolus vulgaris* L.; *common bean*) sugeriraju da se radi o sasvim običnoj biljnoj vrsti, tijekom naših višegodišnjih istraživanja nutritivnih svojstava graha i genetske strukture hrvatskih populacija uvjerali smo se da se, naprotiv, radi o jednoj izuzetnoj vrsti. Toliko je posebna, uvjerali smo, da se u određenom smislu može smatrati „čarobnom” biljkom.

Naša istraživanja započela su radom 2014. godine na projektu „Genetska osnova količine bioaktivnih hranjivih tvari hrvatskih populacija graha (BeanQual)” koji je financirala Hrvatska zaklada za znanost. Ostvareni rezultati dali su nam poticaj da pri kraju provedbe ovog projekta u okviru novouspostavljenog Znanstvenog centra izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (CroP-BioDiv) formiramo radnu skupinu koja će nastaviti ova istraživanja u okviru projekta „Bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (KK.01.1.1.01.0005)”, sufinanciranog sredstvima Europskog fonda za regionalni razvoj.

Kada smo započeli pisanje ove monografije, naš je osnovni cilj bio objediniti rezultate naših istraživanja s nizom praktičnih aspekata koji se odnose na uzgoj graha (a koje smo morali savladati tijekom izvođenja naših pokusa). Također smo sve to nastojali uklopiti i u širi znanstveni, odnosno stručni kontekst, zbog čega smo konzultirali i veliki broj literaturnih izvora čiji je popis priložen na kraju svakog poglavlja. Ti su ciljevi definirani namjenom monografije, jer smo osim znanstvenim krugovima tekst nastojali učiniti zanimljivim i širem čitateljstvu.

Većinu fotografija i ilustracija snimili su i izradili autori monografije, a za sve ostale navedeni su izvori. Ilustracije s prednje i stražnje strane omota, kao i sve ostale ilustracije uključujući naslovne fotografije svih poglavlja (osim petog i osmog) preuzete su s medijskog servisa.

Osim naših autorskih doprinosa na konačnu verziju teksta veliki utjecaj imali su komentari i sugestije recenzenata. Prvi od recenzenata, prof. dr. sc. Zlatko Šatović, voditelj Znanstvenog centra izvrsnosti, ujedno je i inicijator na čiji smo poticaj i započeli pisanje ove monografije.

Dr. sc. Dean Ban, ravnatelj Instituta za poljoprivredu i turizam u Poreču, kao jedan od rijetkih oplemenjivača graha s priznatim sortama na sortnoj listi pomogao nam je nizom praktičnih savjeta. Iako je zadnji naveden treći recenzent, dr. sc. Tihomir Čupić (Poljoprivredni institut u Osijeku), on je najviše utjecao na konačni izgled teksta, jer smo na njegov savjet u potpunosti rekoncipirali peto poglavlje. Pri tome smo dobili dragocjenu pomoć od izv. prof.dr.sc. Darka Vončine (Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet) i njegovih savjeta vezanih uz opis bolesti i njihovog suzbijanja. Drugo poglavlje u kojem se koristi niz botaničkih pojmova pročitao je i korigirao prof.dr.sc. Zlatko Liber (Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno-matematički fakultet). Za većinu tih pojmova bilo je potrebno pronaći prikladne prijevode izvornih (engleskih) naziva na hrvatski jezik, pri čemu nam je svesrdnu pomoć pružila dr. sc. Matea Birtić (Institut za hrvatski jezik i jezikoslovlje).

I na kraju pored svih navedenih, moramo se zahvaliti svim ostalim kolegama i suradnicima s Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu koji su na bilo koji način pridonijeli nastanku ove knjige.

1. UVOD



Ljudi imaju važnu ulogu u udomaćenju i kontinuiranom širenju biljnih vrsta kao i u očuvanju biljnih genetskih izvora. U kontekstu samostalne poljoprivrede, u kojoj se dio žetve sprema za sjetvu sljedećeg usjeva, današnji poljoprivrednici imaju ulogu u održavanju, pa čak i generiranju nove genetske raznolikosti. Oni nisu samo pasivni primatelji tehnologije i znanja nego moraju donositi teške odluke koje obuhvaćaju skup bioloških, klimatskih i društveno-ekonomskih čimbenika, pri čemu samo nad nekima imaju kontrolu. Stoga su poljoprivrednici važan čimbenik u određivanju razine raznolikosti neke biljne vrste. U kontekstu moderne poljoprivrede potrebna su znatna poboljšanja, kako bi se postigli ciljevi u proizvodnji i održivosti, što zahtjeva kombinaciju dobre agronomske prakse i genetsko poboljšanje kultivara.

Grah (*Phaseolus vulgaris* L.) je namirnica visoke nutritivne vrijednosti, ali i ljekovitih svojstava, stoga zauzima važno mjesto u ljudskoj prehrani i cijenjen je kao funkcionalna hrana. Upotrebljava se i kao stočna hrana te sirovina u industriji. Iako su krajem 19. stoljeća grah i bob u Kraljevini Hrvatskoj zauzimali 80 % poljoprivrednih površina, a prije Drugog svjetskog rata bivša je Jugoslavija bila veliki europski proizvođač graha, u današnje vrijeme proizvodnja graha u Hrvatskoj gotovo da ni ne postoji te se znatne količine graha uvoze. U Hrvatskoj se prema podacima iz Statističkoga ljetopisa Republike Hrvatske za 2017. godinu, grah za suho zrno uzgajao na oko 1 539 ha s prinosom od 0.9 t ha⁻¹. Još se uvijek najviše uzgajaju tradicijski kultivari, najčešće u vrtovima i kao združeni usjev s kukuruzom.

Proizvodnja brojnih vrsta, pa tako i graha, ugrožena je učincima klimatskih promjena. Tradicijski kultivari izvor su velike genetske varijabilnosti i predstavljaju izvrstan materijal za odabir i poboljšanje brojnih agronomskih svojstava i kreaciju modernih kultivara. Uz tradicijske je kultivare, u proizvodnji važno koristiti certificirano sjeme visokoprinosa kultivara jer su kod graha, uz prinos i otpornosti kultivara na abiotske i biotske stresove, interesi usmjereni na osobine, kao što su nutritivna vrijednost i probavljivost.

S obzirom na nutritivnu vrijednost i mogućnosti proizvodnje u izazovnim uvjetima uslijed klimatskih promjena, ovo „meso siromaha” zaslužuje više mjesta na oranicama. Skroman doprinos popularizaciji graha trebala bi biti i ova knjiga, pa „kako nam grah padne!”

2. SISTEMATIKA, GENETIKA I POVIJEST



2.1. Sistematika i genetika

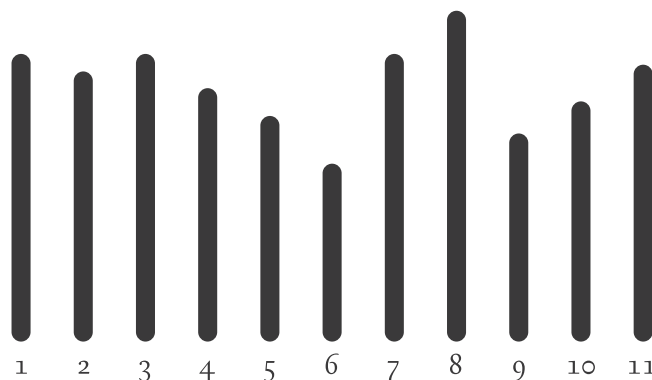
Sistematika (Taksonomija i filogenija)

Grah (*Phaseolus vulgaris* L.) kultivirana je biljna vrsta iz porodice mahunarki (Fabaceae), treće najveće porodice kritosjemenjača kojoj pripada oko 770 rodova s više od 19 500 vrsta. Prema tradicionalnom pristupu biljnoj taksonomiji koju je utemeljio Carl von Linné, ta se velika porodica dijeli na veliki broj nižih svojti (taksona), hijerarhijski poredanih od potporodice do vrste. Dok se u tradicionalnom pristupu vrste sistematiziraju prema morfološkoj sličnosti, kladistički pristup temelji se na izučavanju filogeneze (biološke evolucije). Suvremena istraživanja u kojima se koriste molekularne filogenetske metode tako omogućuju klasificiranje vrsta u kladove koje čine svi potomci jednog zajedničkog pretka; na taj se način može provesti revizija cjelokupne taksonomije biljnih vrsta. Usljed velike diverzifikacije vrsta klasifikacijska struktura velike porodice mahunarki iznimno je kompleksna, te je predmet kontinuiranog znanstvenog interesa za izučavanje njene biologije, raznolikosti, evolucije i ekologije. Nove spoznaje, nastale u sklopu niza recentnih filogenetičkih studija, stvorile su potrebu za potpunim redefiniranjem unutarporodične klasifikacije mahunarki; što je bio zadatak novoosnovane radne grupe za filogeniju mahunarki (*Legume Phylogeny Working Group* – LPWG). Iako filogenetski odnosi između nekih svojti nisu još u potpunosti razriješeni, umjesto tradicijske tri, LPWG predlaže podjelu porodice mahunarki u šest potporodica. Najveća je od njih potporodica Papilionoideae, s oko 14 000 vrsta svrstanih u 503 roda, u koju spada grah zajedno s većinom kultiviranih mahunarki. Na popisu prevladavajućih karakteristika kojima se mogu opisati vrste ove potporodice izdvaja se specifičan oblik cvijeta, sličan leptiru. Zbog toga je ova potporodica dobila navedeno latinsko ime (lat. *papilio* = leptir). Kultivirane vrste mahunarki razvrstane su u četiri filogenetske skupine nazvane klad graha (*Phaseoloid clade*), klad orlovca (*Galegoid clade*), klad žutilovke (*Genistoid clade*) i klad dalbergije (*Dalbergoid clade*), pri čemu ih se većina nalazi u prve dvije. Klad orlovca obuhvaća rodove mahunarki Starog svijeta: *Pisum* L. (grašak), *Lens* Mill. (leća), *Lathyrus* L. (graholika), *Vicia* L. (grahorica), *Medicago* L. (lucerna) i *Cicer* L. (slanutak), koje rastu u područjima umjerene klime; klad graha obuhvaća mahunarke koje rastu u područjima s toplijom klimom, američki *Phaseolus* L. (grah) te istočnoazijske *Glycine* Willd. (soja), *Cajanus* L. (kajan) i *Vigna* Savi (azuki grah). Rodu *Phaseolus*, koji obuhvaća oko 70 različitih vrsta, osim graha pripadaju još

četiri kultivirane biljne vrste: *Ph. lunatus* L., *Ph. coccineus* L., *Ph. acutifolius* A. Gray i *Ph. dumosus* Macfady.

Genetika i razmnožavanje

Cjelokupnu sekvencu genoma graha sastavili su Schmutz i sur. (2014.). Veličina tog referentnog genoma je oko 500 Mb (milijuna parova baza), što je relativno malen genom u odnosu na ostale vrste klada graha. Još se manjim doima u usporedbi s golemim genomima vrsta klada orlovca; primjerice graška i leće (~ 4000 Mb) ili boba (~ 13 000 Mb). Još je veća razlika u veličini pojedinačnih kromosoma; jer za razliku od vrsta klada orlovca koje imaju šest do osam kromosoma, grah ih ima jedanaest (Slika 1.).



Slika 1. Shematski prikaz genoma graha

Grah je u pravilu samooplodna vrsta jer se oplodnja odvija prije otvaranja cvijeta, a cvijet se otvara i ostaje otvoren 2 do 3 dana. Rijetki slučajevi stranooplodnje pojavljuju se na cvjetovima koji su se otvorili prije oplodnje, koje posjećuju kukci (Slika 2.) i prenose pelud.

Slika 2. Pčela na cvijetu graha

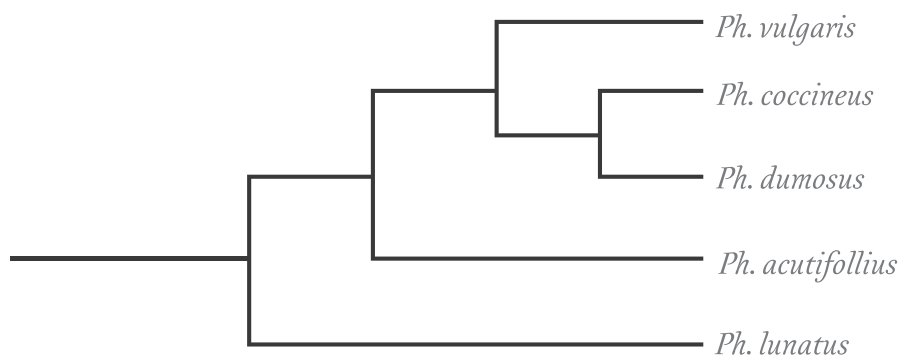


2.2. Porijeklo i rasprostranjenost vrste

Diverzifikacija roda Phaseolus

Jedan od mogućih scenarija nastanka novih vrsta započinje širenjem ishodišne populacije daleko izvan granica izvornog staništa. Povećanjem areala ishodišna populacija se suočava sa sve različitim okolišnim uvjetima kojima se mora prilagoditi kako bi u njima opstala, pri čemu se stvara selekcijski pritisak na one gene koji doprinose sposobnosti prilagodbe. Tijekom migracija jedinke ishodišne populacije ponekad uspiju prijeći preko neke prirodne prepreke kao što je planina, velika vodena površina, pustinja ili neko drugo neprikladno stanište. Te prepreke također mogu naknadno nastati unutar već zaposjednutog areala. U oba slučaja, prirodne prepreke ometat će ili potpuno onemogućavati protok gena. Na taj će se način ishodišna populacija razdijeliti na više subpopulacija, između kojih će protokom vremena jačati genetska diferencijacija, a osim mehanizma selekcije njoj će doprinositi i slučajni genski pomak. Zbog reproduktivne izolacije subpopulacije će se sve više razlikovati, sve do razine na kojoj se mogu smatrati zasebnim vrstama. Znanstvena istraživanja koja su se bavila porijeklom graha i srodnih vrsta pružila su dokaze za većinu događaja iz opisanog scenarija, pa se grah koristi kao model za objašnjavanje evolucije kultiviranih biljnih vrsta.

Srednja Amerika smatra se centrom porijekla roda *Phaseolus*, jer je stanište većine od današnjih 70 vrsta tog roda. Pretpostavlja se da se razdvajanje vrsta unutar ovog roda dogodilo u tijeku proteklih četiri do šest milijuna godina, za vrijeme i nakon odvijanja tektonskih procesa u kojima je stvoreno područje današnjeg Meksika. Na temelju filogenetske analize mogu se formirati dvije glavne filogenetske skupine, od kojih se klad A sastoji od tri, a klad B od pet krunskih podskupina (krunske podskupine tvore sve postojeće i izumrle vrste koje su potomci najbližeg zajedničkog pretka). Konačno formiranje ovih osam podskupina dogodilo se relativno kasno, jer se procjenjuje da im je prosječna starost oko dva milijuna godina. Najstarijom se smatra podskupina *Vulgaris* iz klada B, koja je stara oko četiri milijuna godina. Toj podskupini pripadaju sve kultivirane vrste, osim vrste *Ph. lunatus* L. koja pripada podskupini *Lunatus*. Grahu (*Ph. vulgaris* L.) najrodnije su vrste *Ph. dumosus* Macfady i *Ph. coccineus* L., od kojih se odvojio prije oko dva milijuna godina i s kojima se još može križati (Slika 3.).

Slika 3. Kladogram kultiviranih vrsta roda *Phaseolus*

Divlji grah

Populacije divljeg graha, koje se još uvijek mogu naći u svojim prirodnim staništima (na prijelazima travnjaka u šume, u šikarama) u Srednjoj i Južnoj Americi, temeljni su materijal za izučavanje povijesti vrste, iako je današnji divlji grah vjerojatno vrlo različit od nekadašnjeg. Pri tome je sa sigurnošću važno utvrditi da se doista radi o divljem grahu, jer u prirodi postoje i dvije prijelazne forme: feralni (podivljali kultivirani) i korovski (hibridi divljeg i kultiviranog graha). U svrhu razlikovanja divljeg i kultiviranog graha može poslužiti nekoliko karakterističnih morfoloških svojstava koja su izmijenjena tijekom procesa udomaćenja, kao što su pucanje mahuna te boja i veličina sjemenki. Populacije za koje je sa sigurnošću ustanovljeno da su divlje rasprostranjene su u iznimno širokom arealu, koji se proteže od sjevera Meksika do sjeverozapada Argentine, no nije u potpunosti kontinuiran. Nenaseljeni međuprostori mogu predstavljati nepovoljna staništa ili su lokalne populacije razdijeljene prirodnim barijerama, no ima i neočekivanih praznina na kojima će se populacije divljeg graha možda pronaći u budućnosti ili su pak postojale u prošlosti (za što postoje dokazi u sačuvanim herbarskim primjercima). Zauzimanje toliko širokog areala koji se prostire sjeverno i južno od ekvatora, nužno je zahtijevalo sposobnost prilagodbe na vrlo raznolike klimatske prilike. Divlji se grah tako uspješno prilagodio staništima u kojima se prosječna godišnja količina oborina kreće od 500 do 1 500 mm, a prosječna temperaturna razlika iznosi 4°C. Prilagođavanje različitim staništima pratila je i diverzifikacija unutar vrste, koja se može uočiti na morfološkoj (povećanje veličine sjemena od sjevera prema jugu), fiziološkoj (razlike u fotosintetskim parametrima) i molekularnoj razini (razlike u aminokiselinama proteina i nukleotidima DNA).

Raznolikost unutar vrste

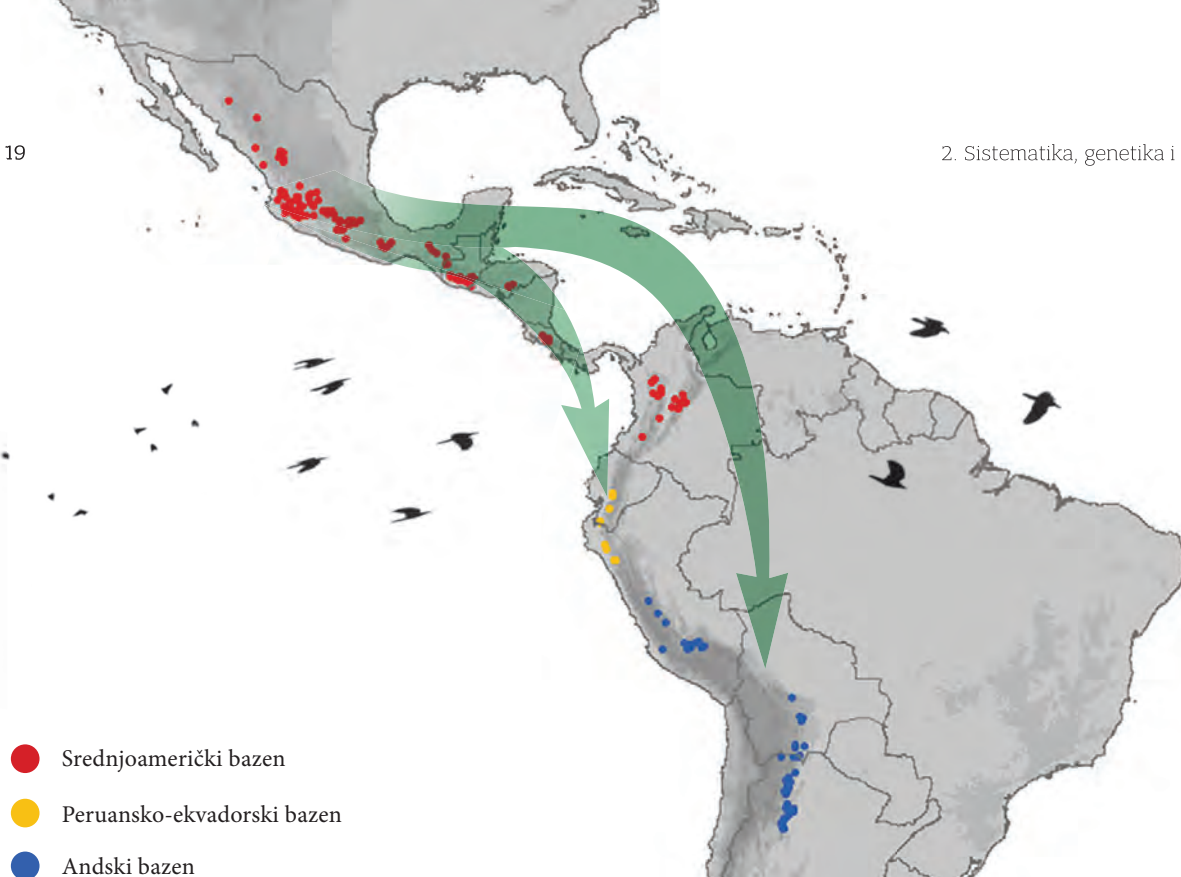
Stupanj diverzifikacije, koji je dosegao grah dok je još postojao samo kao divlja vrsta, doveo je do podjele ishodišne populacije na tri odvojene skupine populacija. U istraživanjima i raspravama o porijeklu graha te se skupine ne nazivaju subpopulacijama, nego zalihamama gena ili genskim bazenima, što je pojam koji podrazumijeva ukupnost gena i alelnih varijacija koje dijele reproduktivno sposobne jedinke neke populacije. Dakle, nakon što se grah rasprostranio na vrlo široko područje, zbog postojanja prirodnih barijera cjelokupna se populacija razdijelila na tri skupine. Između tih skupina protok gena bio je vrlo slab ili ga uopće nije bilo, u toj mjeri da predstavljaju tri zasebne zalihe gena koje su nazvane Srednjoamerički, Peruansko-ekvadorski i Andski bazen (Slika 4). Zbog toga se i porijeklo svake jedinke, odnosno pripadnost jednom od bazena, može odrediti uz pomoć molekularnih biljega. Najvažniji biljeg graha i ostalih vrsta roda *Phaseolus* je fazeolin, glavni skladišni protein sjemenke, jer se svaki od tipova fazeolina, koji su otkriveni u populacijama divljeg graha, pojavljuje samo u jednom od tri bazena. Srednjoameričkom bazenu pripadaju populacije iz Meksika i ostalih srednjoameričkih država te Kolumbije i Venezuele. U divljim populacijama ovoga bazena otkriveno je više tipova



fazeolina, ali najčešći je tip S, koji se jedini pojavljuje i u kultiviranom grahu. Andski bazen tvore populacije iz južnog Perua, Bolivije i Argentine; u njemu je također otkriveno više tipova fazeolina, od kojih dva (T i C) i u kultiviranom grahu. U trećem se bazenu (Ekvador i sjeverni Peru) pojavljuje samo tip I, drevni tip fazeolina koji se smatra ishodišnim za sve ostale tipove i koji nije pronađen u kultiviranom grahu. Osim razlika u tipu fazeolina, između ova tri bazena postoje i neke morfološke razlike, a ovakvu podjelu unutar vrste potvrdile su i analize strukture populacije provedene na temelju različitih biljega DNA. Međutim, te su analize pokazale da je populacijska struktura zapravo još kompleksnija, jer sugeriraju podjelu vrste na pet subpopulacija. Jedna se podudara s Peruansko-ekvadorskim bazenom (PhI), druga s Andskim (AW), a preostale tri tvore Srednjoamerički bazen (MW). Od tri srednjoameričke subpopulacije dvije se nalaze u Meksiku (MW₁ i MW₂), a treća (MW₃) se prostire u ostatku Srednjoameričkog bazena. Opisana se genetska diferencijacija također može povezati s prilagodbom na različite okolišne uvjete, jer su između staništa ovih pet subpopulacija otkrivene značajne razlike u vrijednostima nekoliko klimatskih varijabli. Najveća razlika u godišnjoj količini oborina otkrivena je između najsušnijeg Andskog bazena i najvlažnijeg područja u kojem se prostire subpopulacija MW₃. Andski bazen ujedno je i hladniji od preostalih područja između kojih nema značajnih razlika u prosječnoj godišnjoj temperaturi.

Centar porijekla i put širenja

Budući da se Srednja Amerika općenito smatra pradomovinom graha (kao i cjelokupnog roda *Phaseolus*), prvobitno je pretpostavljeno da je Srednjoamerički bazen centar porijekla vrste, iz kojeg se grah proširio u oba južnoamerička bazena. Međutim, otkriće drevnog I tipa fazeolina u Peruansko-ekvadorskom genskom bazenu iniciralo je sasvim drugačiju pretpostavku o porijeklu vrste. U strukturi gena koji kodira ovaj tip fazeolina, nema ponavljajućih nizova nukleotida koji su karakteristični za gene svih ostalih tipova fazeolina. Kako je izostanak ponavljajućih nizova uočen i u srodnim vrstama *Ph. coccineus* i *Ph. dumosus*, I tip se smatra ishodišnim tipom od kojeg potječu svi ostali tipovi fazeolina. To je bio temelj za pretpostavku da bi i genski bazen s ishodišnim tipom fazeolina trebao biti centar porijekla, odnosno da je vrsta nastala na području Ekvadora i sjevernog Perua, odakle se proširila u Srednju i ostatak Južne Amerike. Glavni argument, koji nije išao u prilog toj pretpostavci, je izuzetno velika genetska



Slika 5. Putevi širenja graha (prema Ariani i sur. 2017)

raznolikost Srednjoameričkog bazena, u usporedbi s vrlo suženom genetskom raznolikošću dva južnoamerička bazena. Zbog toga se najvjerojatnijom smatra treća hipoteza, prema kojoj je centar porijekla ipak u Srednjoj Americi (Slika 5), ali je ishodišna populacija izumrla (ili još nije pronađena). Također se pretpostavlja da bi taj zajednički predak svih današnjih subpopulacija (*Protovulgaris*) trebao biti morfološki sličan današnjem divljem grahu iz Srednje Amerike, ali imati I tip fazeolina. Kada su sve tri pretpostavke korištene kao modeli u demografskom modeliranju, model *Protovulgaris* pokazao se najvjerojatnijim. Na temelju tog modela procijenjeno je da se peruansko-ekvadorska subpopulacija odvojila od zajedničkog pretka prije oko 373 tisuće godina, dok su se srednjoamerička i andska razdvojile prije približno 87 tisuća godina.

Migracije (između i unutar genskih bazena)

Širenje populacije izvan granica izvornog staništa odvija se migracijama, odnosno rasprostranjem sjemenki, a udaljenost do koje rasprostiranje seže ovisi o načinu prenošenja. Na male se udaljenosti sjemenke divljeg graha rasprostiru samostalno, pucanjem mahuna sjemenke se raspršuju u nekoliko metara okolnog prostora. Te se migracije odvijaju stalno (svake godine)

te osiguravaju protok gena unutar svakog od tri bazena. Na veće udaljenosti, odnosno srednje i velike udaljenosti, sjemenke rasprostiru razne životinjske vrste; kao što su glodavci, ptice ili velike životinje općenito. Rasprostiranje na srednje udaljenosti, od nekoliko metara do nekoliko stotina kilometara, nije rijetka pojava, ali se ne događa svake godine. On osigurava protok gena između udaljenih populacija koje nastanjuju susjedna staništa u kojima vladaju slični uvjeti, što ograničava diferencijaciju i specijaciju. Učinak ovih migracija vidljiv je na genetskoj strukturi meksičkih subpopulacija MW₁ i MW₂, unutar kojih nisu rijetke jedinice s genetskim primjesama obiju subpopulacija. Znatno su rjeđe migracije na velike udaljenosti, koje se događaju jednom u sto tisuća godina. Njima se preskaču nepovoljna staništa, a najvjerojatniji su rasprostranjivači ptice selice. Smatra se da su se kod graha dogodile najmanje tri takve migracije kojima se grah iz izvornog staništa proširio na područja subpopulacija MW₃, PhI (Peruansko-ekvadorski bazen) i AW (Andski bazen). Jedan je od temelja ove pretpostavke i sužena genetska varijabilnost unutar oba južnoamerička bazena koja sugerira da je u njima primjetan učinak genetskog „uskog grla” (vrlo male efektivne veličine populacije u nekom trenutku u prošlosti). Ta je sužena varijabilnost znatno izraženija u Andskom bazenu zbog, kako se pretpostavlja, učinka utemeljitelja (čitava populacija potječe od vrlo malog broja jedinki koje su migrirale). Kako je teško pronaći izravne dokaze za dugodometne migracije, simulacijom je potvrđeno da takvi događaji, ukoliko su iznimno rijetki, mogu dovesti do gubitka genske raznolikosti kakva je zabilježena u južnoameričkim bazenima. S druge strane, kada su takvi događaji češći, onda doprinose održavanju iste razine genetske raznolikosti, kakva postoji u subpopulaciji MW₃ (u odnosu na MW₁ i MW₂).

Grah danas (i sutra)

Nastavak opisanih procesa kojima su nastala tri odvojena genska bazena vjerojatno bi u budućnosti rezultirao razvojem tri različite vrste, jer je između njih već razvijen određeni stupanj reproduktivne izolacije (iako se mogu križati, u nekim križanjima pojavljuju se sterilna potomstva). Već su u prošlosti slični procesi doveli do razdvajanja graha od srodnih vrsta, a razlozi za to mogu se pronaći u adaptaciji na različita staništa (npr. *Ph. lunatus* i *Ph. acutifolius* koji su se prilagodili višim temperaturama). Međutim, u današnjim okolnostima proces razdvajanja tri genska bazena na zasebne vrste neće biti dovršen, jer je nakon intervencije čovjeka, odnosno

udomaćenja graha, između njih ponovno uspostavljen protok gena stvaranjem biološkog kontinuuma koji čine divlji i kultivirani grah s obje prijelazne forme.

2.3. Udomaćenje

Počeci poljoprivrede u Srednjoj i Južnoj Americi

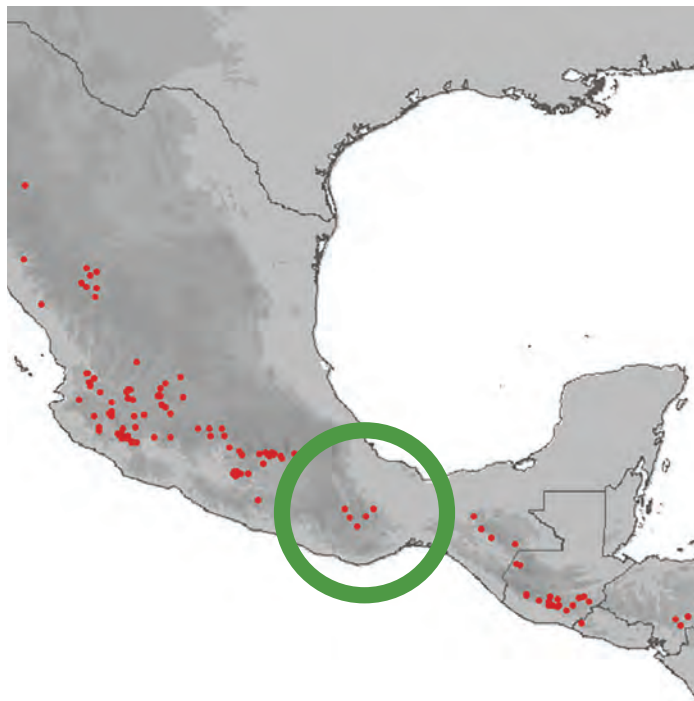
Jedan od prijelomnih izuma u povijesti čovječanstva – proizvodnja hrane, odnosno poljoprivreda, razvila se neovisno u najmanje pet, a možda i devet područja na (uglavnom) svim naseljenim kontinentima. U dva od pet sigurnih središta razvoja poljoprivrede, Srednjoj Americi i Andama, rastao je divlji grah koji se davno prije doseljavanja ljudi u obje Amerike već razdijelio u opisana tri genska bazena, odnosno pet subpopulacija. Iako se na temelju nekih novijih arheoloških otkrića smatra da se to vjerojatno dogodilo nešto ranije, nesporni arheološki dokazi o prisutnosti ljudi datiraju iz vremena od prije približno četrnaest tisuća godina (a procijenjeno vrijeme razdvajanja bazena MW i AW je prije 87 tisuća godina). Kao i u svim ostalim početnim središtima proizvodnje hrane, u oba je američka središta osnovni paket kultiviranih vrsta bio sastavljen prema istom obrascu. On se u načelu sastojao od žitarica – izvora ugljikohidrata i mahunarki kao izvora proteina, te ostatka usjeva različite namjene (najpoznatiji primjeri su pšenica/ječam i grašak/leća/slanutak u Plodnom polumjesecu, odnosno riža i soja u Kini). Grah je u oba američka središta bio glavna kultivirana mahunarka, ali sparen s bitno različitim vrstama koje su predstavljale izvor ugljikohidrata: u Srednjoj Americi to je bio kukuruz, a u Južnoj Americi su, u nedostatku pogodne vrste iz porodice trava kao izvor ugljikohidrata korištene pseudožitarica kvinoja ili razne gomoljaste vrste (krumpir, batat, manioka). Dok u Plodnom polumjesecu arheološki dokazi o početku proizvodnje datiraju još iz vremena od prije desetak tisuća godina. Zbog kasnijeg naseljavanja (i nekih drugih razloga) procjenjuje se da se to u obje Amerike dogodilo znatno kasnije, prije oko šest tisuća godina. Preklapanje dvaju američkih središta početka poljoprivrede s dvije odvojene zalihe gena divljeg graha koje se mogu uočiti i kod kultiviranog graha, sugerira da je udomaćenje graha proces koji se odvijao paralelno i neovisno u oba središta. Prema sličnom se scenariju također odvijalo i udomaćenje vrste *Ph. lunatus* (preostale se vrste nisu proširile izvan Srednje Amerike, a njihovo udomaćenje još je uvijek vrlo slabo istraženo).

Mjesta udomaćenja

Od velikog broja različitih tipova fazeolina pronađenih u divljem srednjoameričkom grahu, u kultiviranom se grahu pojavljuje samo jedan – S tip. Zbog toga se udomaćenje graha u Srednjoj Americi može smatrati jedinstvenim događajem te su različita istraživanja pokušala otkriti mjesto, odnosno područje u kojem se udomaćenje dogodilo. Ranija istraživanja, koja su se zasnivala uglavnom na genetičkim analizama sličnosti kultiviranog i divljeg graha, pretpostavljala su da se proces udomaćenja odvijao u zapadnom dijelu središnjeg Meksika.

Kasnije su rezultati genetičkih analiza uspoređeni i dopunjeni spoznajama dobivenim na temelju arheoloških i lingvističkih istraživanja, pa je kao vjerojatnije mjesto porijekla predložena dolina Oaxaca u južnom Meksiku. (Slika 6.) Nijedno od tih područja ne preklapa se s pretpostavljenim područjima udomaćenja kukuruza, pa je srednjoamerički osnovni paket sastavljen tek nakon što su kultivirani grah i kukuruz prošireni izvan područja udomaćenja. Kada su se jednom našli zajedno, uzgajani su u tradicionalnom sustavu zvanom „milpa”, koji predstavlja združeni usjev (konsocijaciju) kukuruza, graha i tikava. To je jedna od glavnih razlika u odnosu na poljoprivredna središta Starog svijeta u kojima je prevladavao uzgoj u monokulturi. U Srednjoj Americi u prirodi se i danas može pronaći teozinte, divlji predak kukuruza kojeg obrasta divlji grah; zbog toga neki autori smatraju da u začecima poljoprivrede nisu samo udomaćene pojedine vrste, nego je iz prirode preuzet i sustav uzgoja.

U Južnoj se Americi udomaćenje graha dogodilo neovisno o udomaćenju u Srednjoj Americi. Fazeolin tipa I iz Peruansko-ekvadorskog bazena nije pronađen u kultiviranom grahu pa divlji grah iz tog bazena vjerojatno nikada nije udomaćen. Udomaćenje se sigurno dogodilo na



Slika 6. Mjesto udomaćenja graha u Srednjoj Americi

području Andskog bazena, a kultivirani grah iz tog bazena nosi više različitih tipova fazeolina. Međutim, zbog sužene genetske varijabilnosti divljeg graha u ovom bazenu, znatno je teže pronaći odgovor na pitanje je li se udomaćenje dogodilo na jednom ili više mjesta, kao i gdje se to mjesto ili mjesta nalaze. Neka novija istraživanja sugeriraju da se radi o području između juga Bolivije i sjevera Argentine.

Preobrazba graha tijekom i nakon udomaćenja

Procesu udomaćenja bilo koje biljne vrste imanentna je selekcija jer se iz prirode odabiru jedinke koje su zbog svojih svojstava pogodne za udomaćenje. Najčešće su to svojstva koja su nepoželjna za opstanak u prirodnim uvjetima koja se pojavljuju uslijed mutacija, ali zatim nestaju u uvjetima prirodne selekcije. Tipičan primjer takvog svojstva različiti su mehanizmi raspršivanja sjemenki. U uvjetima prirodne selekcije u prednosti su biljke čiji se plod raspukne, pri čemu razbacuje sjemenke što dalje u okolni prostor; kod kultiviranih vrsta važno je da plod ostane čitav kako bi se sačuvale sjemenke. Upravo je to jedna od glavnih razlika između divljeg i kultiviranog graha jer divlji grah ima vrlo razvijen mehanizam za raspršivanje sjemenki – dozrele mahune se rasprsnu, pri čemu razbacuju sjemenke i do nekoliko metara u daljinu. Tijekom udomaćenja očito su odabrane one divlje jedinke kod kojih je zbog mutacije gena taj mehanizam bio blokiran, pa su mahune ostajale čitave i nakon dozrijevanja, a one su tu mutaciju prenijele na svoje potomstvo. Osim blokiranja rasipanja sjemenki, kultivirane vrste dijele još niz svojstava koja se zbog toga nazivaju sindromom udomaćenja.

Ostala važna svojstva koja obuhvaća sindrom udomaćenja graha, veličina su i boja sjemenki; tip rasta i fotoperiodizam. Sjemenke divljeg graha djeluju vrlo sitno u usporedbi sa sjemenkama bilo kojeg kultivara graha. Usporedno s veličinom sjemenki mijenjali su se i njihov oblik i boja, pa se od neupadljivo šarenog divljeg graha razvilo mnoštvo kultivara različitih oblika i boja. Divlji je grah zeljasta penjačica koja kao potporu za rast koristi druge biljne vrste, te ima nedeterminirani tip rasta. Karakteristika je tog tipa rasta da se na kraju svakog nodija formira vegetativni pup, što omogućuje daljnji („beskonačan”) rast. U determiniranom se tipu rasta na završnom (terminalnom) nodiju formira cvjetni pup, što zaustavlja daljnji rast. Kako je zbog niza razloga u poljoprivrednoj proizvodnji poželjniji niži rast, odabirom jedinki

s odgovarajućom mutacijom gena stvoreni su kultivari graha niskog rasta. Fotoperiodizam se kod divljeg graha očituje kao prilagodba na kratko trajanje dana, pa je razvijanje neosjetljivosti na duljinu dana bio nužan preduvjet za širenje njegovog uzgoja i na više geografske širine.

Sva su navedena svojstva evoluirala paralelno, u dva odvojena procesa udomaćenja koja su se odvijala zasebno u srednjoameričkom i andskom bazenu. Unatoč tome, mutacije koje su odgovorne za većinu novostvorenih svojstava, dogodile su se na istim genskim lokusima u oba bazena (ali se može raditi o različitim alelima). Iznimka je jedino fotoperiodizam, kod kojeg se radi o dva različita gena. Specifičan slučaj predstavlja i tip rasta, jer su determinirani tipovi znatno učestaliji u andskom bazenu. Najvjerojatnije je to posljedica različitih načina uzgoja, pa kod srednjoameričkog graha vjerojatno nije bio toliko izražen selekcijski pritisak prema determiniranom tipu rasta (zbog združenog uzgoja s kukuruzom koji mu je pružao prirodni oslonac). Jedna od najizraženijih negativnih posljedica udomaćenja veliki je gubitak genetske raznolikosti. Kod srednjoameričkog graha taj je gubitak izrazito velik, što ukazuje na postojanje učinka genetskog uskog grla, odnosno potvrđuje scenarij prema kojem se udomaćenje dogodilo na jednom mjestu. S druge pak strane, genetska raznolikost divljeg južnoameričkog graha bila je već znatno sužena i prije udomaćenja, tijekom migracije iz Srednje u Južnu Ameriku. Na temelju analize arheoloških nalaza (drevnih sjemenki) razvijena je pretpostavka da su već prvobitni uzgajivači otkrili i primjenjivali vrlo uspješne strategije za očuvanje raznolikosti. Neke od tih metoda i danas se koriste u tradicionalnoj proizvodnji, a uključuju sjetvu vrlo heterogenih populacija koje mogu uključivati i sjemenke divljeg graha; križanje s divljim grahom, uzgoj smjesa sorata srednjoameričkog i južnoameričkog porijekla i njihovo međusobno križanje. Primjenom tih metoda uspješno je zaustavljena daljnja erozija genetske varijabilnosti, te je u kultiviranom grahu sačuvan veći dio genetske raznolikosti divljeg južnoameričkog graha.

2.4 Globalno širenje graha

Globalna rasprostranjenost

U postkolumbovskoj eri grah se proširio u ostatak svijeta, pa se danas uzgaja na svim kontinentima. Migracije s kontinenta na kontinent, u načelu bi imale sličan učinak na smanjenje



genetske raznolikosti, kao što je imala migracija iz Srednje u Južnu Ameriku, ali to se ipak nije dogodilo zbog višekratnog prijenosa iz središta porijekla, nakon kojeg su uslijedile intenzivne razmjene sjemena između i unutar svih kontinenata. Naprotiv, uslijed prilagodbe na nove ekološke uvjete, potpomognute selekcijom i križanjem jedinki iz različitih genskih bazena stvoreni su novi genotipovi s nizom vrijednih agronomskih svojstava. Ta je novostvorena genetska varijabilnost, u nekim područjima tako velika da se ona smatraju sekundarnim središtima diverzifikacije, u koja se ubrajaju Pirenejski poluotok, kao i Europa u cjelini, Brazil, središnji i južni dio Afrike te Kina i Indija.

Sekundarna središta diverzifikacije

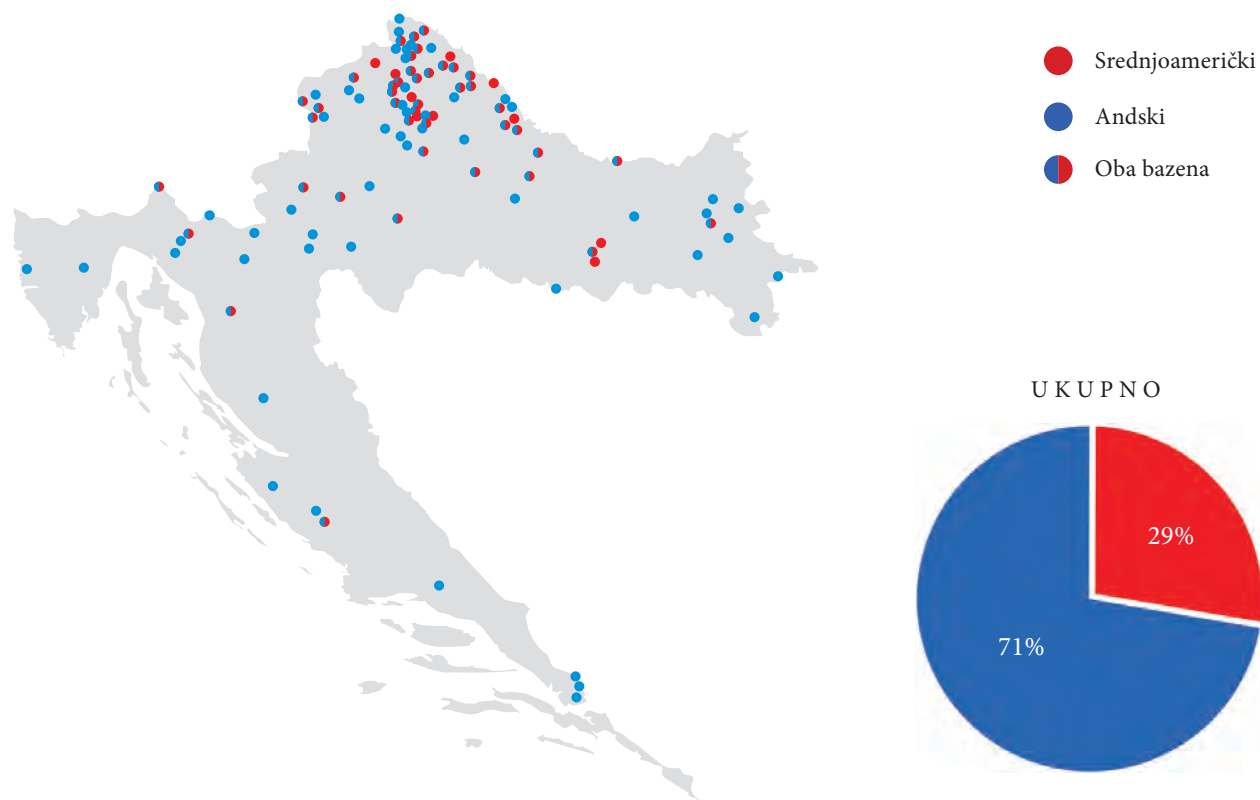
Sjeme je graha u Europu preneseno tijekom prve polovine XVI. stoljeća. Nakon početne introdukcije iz obaju centara porijekla, grah se s Pirenejskog poluotoka širio ostatkom Europe, pa je u drugoj polovini XVII. stoljeća već bio široko rasprostranjen. Tijekom idućih stoljeća uslijed reintrodukcije, razmjene sjemena i križanja srednjoameričkog s andskim grahom, stvoreno je mnoštvo tradicijskih kultivara, prilagođenih novim ekološkim uvjetima. Na temelju brojnih istraživanja, u kojima je analiziran odnos genskih bazena u europskim populacijama, ustanovljeno je da na razini cijelog kontinenta graha andskog tipa ima više nego srednjoameričkog, pri čemu udio srednjoameričkog raste od zapada prema istoku. Dominacija andskog bazena javlja se još samo u nekim dijelovima Afrike, dok je u svim ostalim središtima znatno veći udio srednjoameričkog bazena (čak i u Brazilu, koji je relativno bliži andskom bazenu). U Europi je također i najveći udio hibrida.

Grah u Hrvatskoj

Smatra se da je na Balkanski poluotok grah stigao iz dva smjera, istočnog (Turska) i zapadnog (Italija i Francuska). U Hrvatskoj se grah uzgaja za zrno i za mahune, pa se prema tome koriste i različiti lokalni nazivi: bažul, bažulj, pažul, pažol, fažol i fižol; dok se mahune nazivaju šparga, šparglin i fažoleti. Za razliku od njih riječ grah je praslavenskog porijekla, i prvobitno se koristila kao naziv za drugu mahunarku, sve do rasprostranjivanja graha kada se za nju počinje koristiti deminutiv grašak.

U Hrvatskoj se uglavnom uzgajaju tradicijski kultivari, podrijetlom iz obaju genskih bazena. Kao i u većem dijelu Europe, veća je zastupljenost andskog bazena (Slika 7). S obzirom na podrijetlo i habitus rasta te pripadnost genetskim skupinama, hrvatski tradicijski kultivari mogu se podijeliti na različite morfotipove. Genetskoj skupini srednjoameričkog podrijetla s tipom fazeolina S pripadaju morfotipovi s visokim habitusom rasta: ‚Kukuruzar‘, ‚Tetovac‘ i ‚Trešnjevac‘, te ‚Biser‘, koji ima niski habitus rasta. Genetskoj skupini andskog podrijetla s tipom fazeolina H ili C pripadaju morfotipovi visokog habitusa rasta: ‚Sivi‘, ‚Sivi prošarani‘, ‚Trešnjevac‘, ‚Puter‘ i ‚Dan i noć‘. Trećoj genetskoj skupini, koja je također andskog podrijetla, ali s tipom fazeolina T i niskim habitusom rasta, pripadaju morfotipovi: ‚Trešnjevac‘, ‚Puter‘, ‚Dan i noć‘, ‚Zelenčec‘ i ‚Bijeli‘.

Slika 7. Rasprostranjenost tradicijskih kultivara graha iz dvaju centara podrijetla u Hrvatskoj



2.5. Literatura

Ariani, A.; Berny Mier y Teran, J. C.; Gepts, P. (2017.). Spatial and Temporal Scales of Range Expansion in Wild *Phaseolus vulgaris*. *Molecular Biology and Evolution*, 35(1): 119–131.

Bitocchi, E.; Rau, D.; Bellucci, E.; Rodriguez, M.; Murgia, M. L.; Gioia, T.; Santo, D.; Nanni, L.; Attene, G.; Papa, R. (2017.). Beans (*Phaseolus* ssp.) as a Model for Understanding Crop Evolution. *Frontiers in Plant Science*, 8: 722.

Cardoso, D.; de Queiroz, L. P.; Pennington, R. T.; de Lima, H. C.; Fonty, E.; Wojciechowski, M. F.; Lavin, M. (2012). Revisiting the phylogeny of papilionoid legumes: New insights from comprehensively sampled early-branching lineages. *American Journal of Botany*, 99 (12): 1991–2013.

Diamond, J. (2007.). *Sva naša oružja: Zarazne bolesti, puške i čelik*. Algoritam, Zagreb.

Hufford, M. B.; Berny Mier y Teran, J. C.; Gepts, P. (2019.). Crop Biodiversity: An Unfinished Magnum Opus of Nature. *Annual Review of Plant Biology*, 70: 727–751.

LPWG - Legume Phylogeny Working Group (2017.). A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. *Taxon*, 66 (1): 44–77.

Papa, R.; Nanni, L.; Sicard, D.; Rau, D.; Attene, G. (2006.). The evolution of genetic diversity in *Phaseolus vulgaris* L. U: Darwin's harvest. New approaches to the origins, evolution and conservation of crops. (ur. Motley, T.J.; Zerega, N.; Cross, H.), Columbia University Press, New York, USA, str. 121–142.

Schmutz, J.; McClean, P.; Mamidi, S. i sur. (2014.). A reference genome for common bean and genome-wide analysis of dual domestications. *Nature Genetics*, 46: 707–713.

Smykal, P.; Coyne, C. J.; Ambrose, M. J.; Maxted, N.; Schaefer, H.; Blair, M. W.; Berger, J.; Greene, S. L.; Nelson, M. N.; Besharat, N.; Vymyslický, T.; Toker, C.; Saxena, R. K.; Roorkiwal, M.; Pandey, M. K.; Hu, J.; Li, Y. H.; Wang, L. X.; Guo, Y.; Qiu, L. J.; Redden, R. J.; Varshney, R. K. (2015.). Legume Crops Phylogeny and Genetic Diversity for Science and Breeding. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 34 (1–3): 43–104.

Toro, O.; Tohme, J.; Debouck D. G. (1990.). Wild bean (*Phaseolus vulgaris* L.): Description and distribution. International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) i Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

Trucchi, E.; Benazzo, A.; Lari, M.; Iob, A.; Vai, S.; Nanni, L.; Bellucci, E.; Bitocchi, E.; Raffini, F.; Xu, C.; Jackson, S. A.; Lema, V.; Babot, P.; Oliszewski, N.; Gil, A.; Neme, G.; Michieli, C. T.; De Lorenzi, M.; Calcagnile, L.; Caramelli, D.; Star, B.; de Boer, H.; Boessenkool, S.; Papa, R.; Bertorelle G. (2021.). Ancient genomes reveal early Andean farmers selected common beans while preserving diversity. *Nature Plants*, 7: 123–128.

Weller, J. L.; Vander Schoor, J. K.; Perez-Wright, E. C.; Hecht, V.; Gonzalez, A. M.; Capel, C.; Yuste-Lisbona, F. J., Lozano, R.; Santalla, M. (2019.). Parallel origins of photoperiod adaptation following dual domestications of common bean. *Journal of Experimental Botany*, 70 (4): 1209–1219.

Wojciechowski, M. F. (2013.). Towards a new classification of Leguminosae: Naming clades using non-Linnaean phylogenetic nomenclature. *South African Journal of Botany*, 89: 85–93.

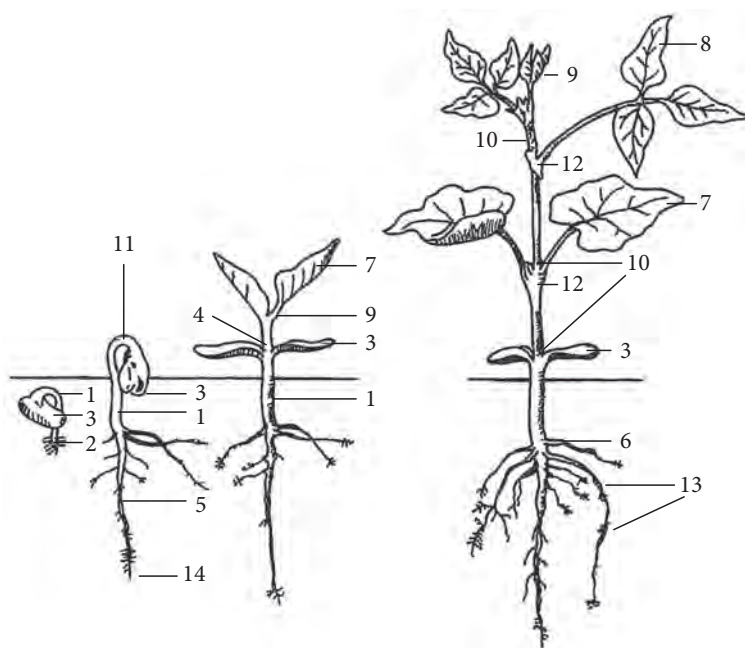
3. MORFOLOŠKA SVOJSTVA I RAZVOJ BILJAKA GRAHA



3.1. Morfološka svojstva

Grah je jednogodišnja zeljasta biljka. Među uzgajanim kultivarima graha postoje značajne morfološke razlike u tipu rasta i obilježjima sjemena (veličina, oblik, boja). Kultivari se razlikuju po vremenu sazrijevanja, a na prinos pojedinog kultivara različito utječu pojedine komponente. Ovisno o kultivaru, vegetacijski period graha traje od 65 do 140 dana. Osnovni dijelovi biljke graha prikazani su na Slici 8.

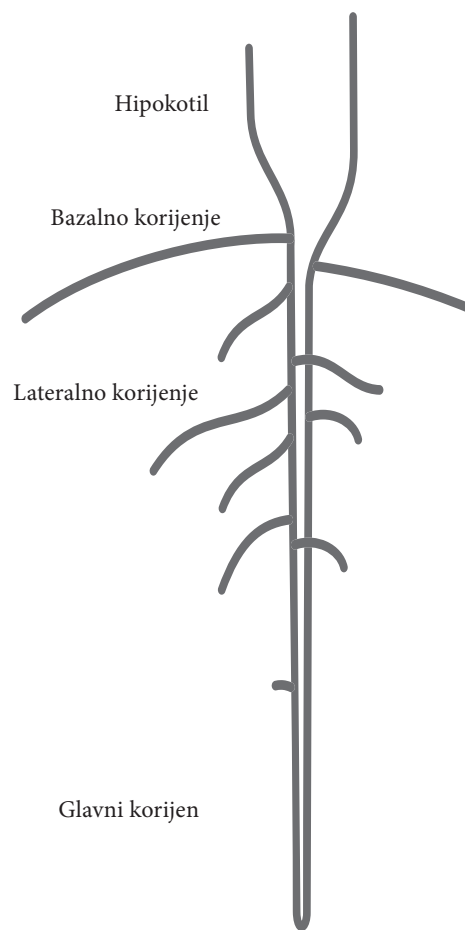
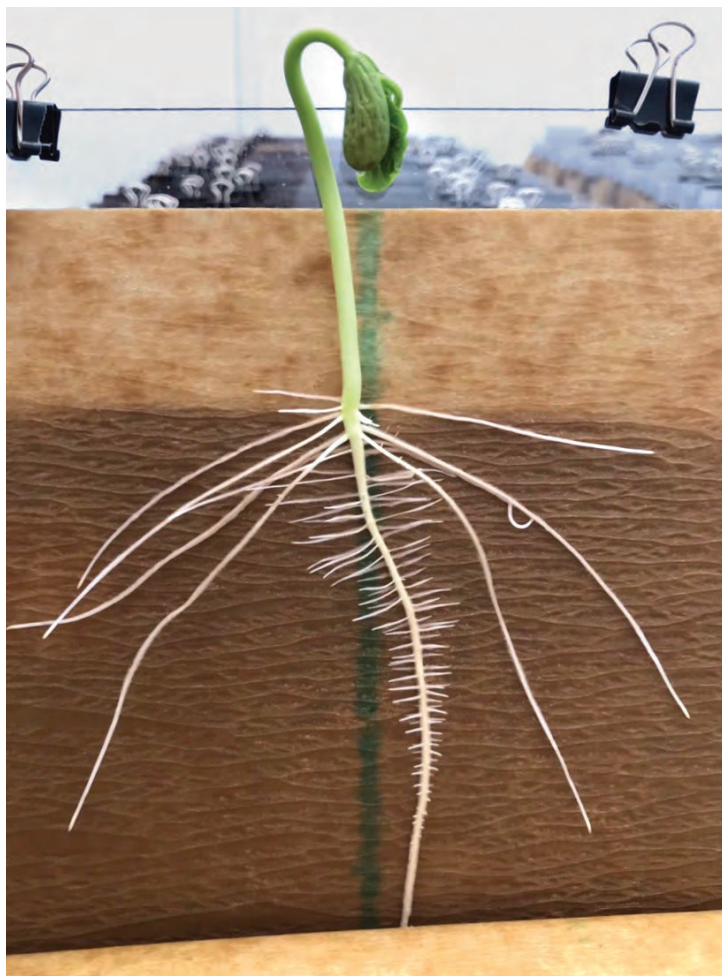
- 1 - Hipokotil
- 2 - Primarni korijen (radikula)
- 3 - Kotiledon
- 4 - Kotiledonski nodij (kotileonski listići)
- 5 - Glavni korijen
- 6 - Bočno (lateralno) korijenje
- 7 - Prvi pravi list (jednostavan)
- 8 - Prva troliska
- 9 - Vršni pup
- 10 - Bočni (postrani) pupovi
- 11 - Hipokotilna kuka
- 12 - Nodiji (koljenca)
- 13 - Kvržice (nodule) - (mjesto naseljena simbioznim bakterijama)
- 14 - Korijenove dlačice



Slika 8. Prikaz osnovnih dijelova biljke graha

Korijen

Korijenov je sustav graha vretenast, a karakterizira ga glavni korijen koji je veći i dublji od bočnog (lateranog) korijenja (Slika 9.). Glavni korijen razvija se iz korjenove klice na donjem dijelu hipokotila. Kako biljka napreduje, glavni se korijen izdužuje, odnosno raste u dubinu, ali se većina biomase korijena nalazi u površinskom sloju tla. Iz osi glavnog korijena akropetalno raste bočno (lateralno) korijenje. Bočno korijenje razvija se u površinskom sloju tla i čini najveći dio područja apsorpcije hranjivih tvari. U ranim fazama rasta graha, ubrzo nakon klijanja,



Slika 9. Korijenov sustav graha



Slika 10. Početak razvoja korijena pri klijanju graha

javlja se i tzv. bazalno korijenje. Bazalno korijenje slično je lateralnom i raste pod određenim kutom na glavni korijen, ali se ne razvija iz glavnog korijena, već iz hipokotila (Slika 10.). Na korijenu može doći do razvoja kvržica koje predstavljaju simbiozu s bakterijama roda *Rhizobium* sp. i *Bradyrhizobium* sp. Glavna je funkcija ovih bakterija vezanje atmosferskog dušika i opskrba biljke dušikom, dok

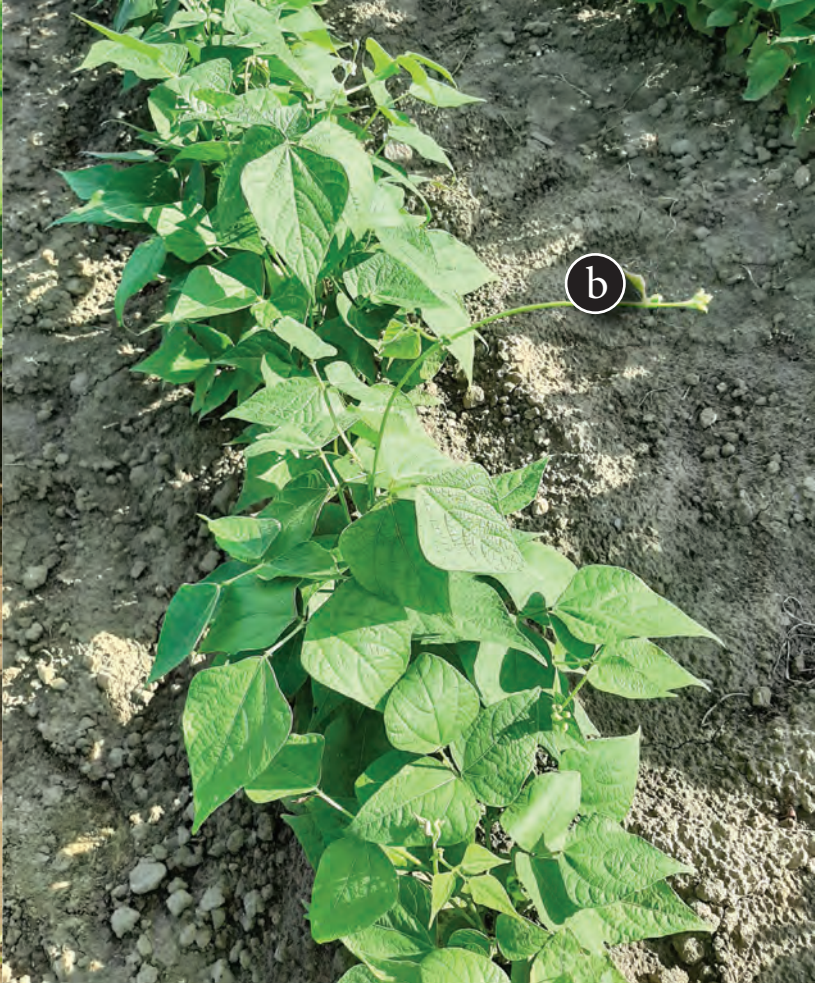
biljka bakterije opskrbljuje ugljikohidratima. Simbioza s kvržišnim bakterijama korisna je i u pogledu obogaćivanja tla dušikom, jer dušik vezan u organskoj tvari graha (korijenu, stabljici i lišću) zaostaje nakon žetve u tlu, te smanjuje potrebu za gnojivom ovim hranjivom kultura koje slijede u plodoredu. Na taj način smanjuje se i opasnost od onečišćenja podzemnih voda nitratima, koje se inače javlja kod intenzivne primjene mineralnih dušičnih gnojiva.

Stabljika

Stabljika graha može biti zakrivljena i rebrasta, više ili manje četverouglasta, zelena te često prožeta ljubičastom bojom. Podijeljena je na nodije (koljenca) i internodije (međukoljenca). Iako broj nodija i internodija između dvije biljke može biti jednak, visina tih biljaka može biti različita zbog različite duljine internodija. Najniži dio stabljike nalazi se ispod supki i naziva se hipokotil, a stabljika završava apikalnim pupom. Listovi se nalaze na nodijima, a bočni se pupovi nalaze pri bazi (u pazušcu) svakog lista neposredno iznad nodija. Vrhovi stabljika brzo rastu u uvijenom stanju, pri čemu se kružno kreću (opisuju kružnicu), što se naziva *circumnutacija*. Kada stabljika dodirne neki čvrsti objekt, promjene u distribuciji hormona auksina u tkivu stabljike uzrokuju nejednolik rast dijela stabljike koji dodiruje objekt, u odnosu na vanjski dio stabljike koji ne dodiruje objekt, što uzrokuje uvijanje stabljike, odnosno omotavanje oko nekog čvrstog objekta. Ta se pojava naziva *tigmotropizam* i svojstvena je biljkama s nedeterminiranim tipom rasta i povijušama.

Osim niskog i visokog tipa prema tipu rasta opisana su četiri tipa graha označenih kao *Tip I* do *Tip IV* (Slika 11.). *Tip I* je determinirani grmoliki grah ograničenog rasta čiji rast završava vršnim pupom, odnosno cvatom. Ostali tipovi (*Tip II*, *Tip III* i *Tip IV*) imaju neograničen rast te se na vrhu razvija vegetativni pup, iz kojeg se mogu stalno razvijati stabljike i listovi. *Tip II* je nedeterminirani, uspravni, niski grah, kompaktnog uskog izgleda s tri do četiri bočne grane. *Tip III* je nedeterminirani, visoki, razgranati grah. *Tip IV* je nedeterminirani visoki grah, koji se povija i treba oslonac za rast.

Novi, moderni kultivari graha za intenzivnu proizvodnju kombiniraju uspravni habitus (*Tip II*) i visoke prinose te omogućuju jednokratnu berbu (žetvu).



Slika 11. Tipovi rasta graha

- a) Determinirani grmoliki tip rasta (*Tip I*)
- b) Nedeterminirani, uspravni, niski tip rasta (*Tip II*)
- c) Nedeterminirani, visoki, razgranati tip rasta (*Tip III*)
- d) Nedeterminirani visoki tip rasta (*Tip IV*)

List

Kotiledoni (supke ili sjemenski listovi) vrlo su mesnati, a biljka ih koristi za skladištenje škroba i drugih složenih molekula u sjemenu za hranjenje biljke koja raste (niče). Klijanje je epigejsko (Slika 12.), što znači da kotiledoni probijaju sjemenu ljusku, izdižu se iznad površine tla, pozelene i neko vrijeme asimiliraju. Kad se potroši škrob, kotiledoni postaju zeleni te putem



Slika 12. Prikaz epigejskog klijanja

fotosinteze stvaraju hranjive tvari. To su jednostavni i nasuprotni listovi koji najčešće otpadnu nakon 6 tjedana. Ostali su listovi složeni i sastoje se od tri liske (Slika 13.). Naizmjenični su i zelene ili ljubičaste boje, ovisno o kultivaru. Liske su najčešće jajolike te zaobljene pri bazi. Prekrivene su kratkim kukastim dlačicama (Slika 14.) te su prošarane žilama. Središnja žila razdvaja lisku na dva jednaka dijela. Pri bazi lista dva su mala sporedna listića. Tamo gdje se stabljika i list spajaju, postoji zadebljalo područje peteljke (*pulvinus*) koje je odgovorno za kretanje listova. Noću se list graha savija i spušta prema tlu, u zoru se lišće otvara i diže prema Suncu, što se naziva nastijskim gibanjem lišća.



Slika 13. List graha



Slika 14. Dlačice na listu

Cvat

Cvat je kod graha pseudogrozd (Slika 15.), razvija se na glavnoj i bočnim granama s najčešće 2 do 3, pa čak i do 12 cvjetova bijele, ružičaste, ljubičaste (Slika 16.) ili pak u dvije boje (Slika 17.). Boja cvatova je različita kod različitih kultivara. Cvjetovi su dvospolni, leptirasti na kratkim stapkama, sastavljeni od 5 lapova, 5 latica (zastavica, dvije lađice, dva istaknuta krila) s 10 prašnika i plodnicom s dlakavim tučkom. Čaška je zelene boje prekrivena dlačicama.

Cvatnja traje dugo (Slika 18.), pogotovo kod kultivara s nedeterminiranim tipom rasta kod kojih počinje 30 do 40 dana nakon nicanja i traje do 90 dana. Kod determiniranih kultivara cvatnja počinje 25 do 30 dana nakon nicanja i traje otprilike do 25 dana te prvo cvatu cvjetovi



Slika 15. Cvat graha (pseudogrozd)



Slika 16. Cvjetovi graha raznih boja



Slika 17. Cvjetovi različite boje na istoj biljci (lijevo)
i cvjetovi u dvije boje (desno)

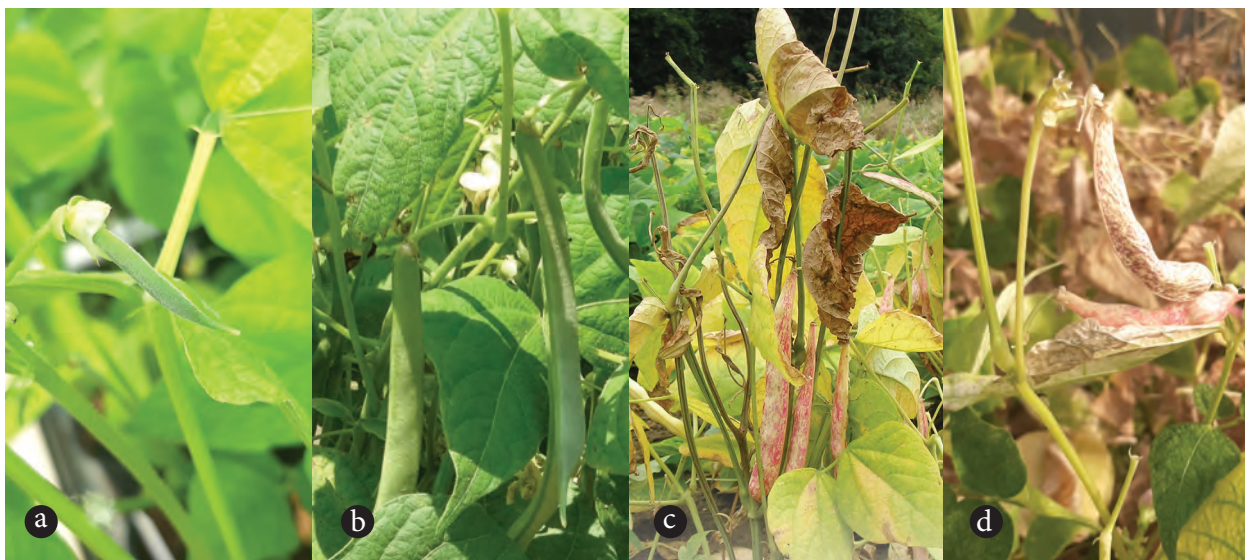
na glavnoj osi, a onda na bočnim granama. U nepovoljnijim uvjetima topline i vlage oplodnja je slabija, te dosta cvjetova može otpasti.



Slika 18.
Dugotrajna
cvatnja
(istovremeno su
vidljivi pupovi,
cvjetovi
i formirane
mahune)

Plod

Plod graha (Slika 19.) dvokrilna je mahuna koja može biti cilindrična ili plosnata, ravna ili zakrivljena, najčešće sa šiljastim vrhom, a može biti dugačka od 2 – 3 pa sve do 20 cm. Ovisno o kultivaru, može biti zelene, žute, ljubičaste ili crne boje te prijelaznih nijansi; s mozaikom ili bez, a kad dozrije žuto je smeđa. Najčešće sadrži 3 do 10 sjemenki. Za dozrijevanje mahuni treba oko dva tjedna, a kada dozrije po šavovima se razdvaja na dva dijela. Neka od poželjnih svojstava kultivara pogodnih za uzgoj su da biljke zameću mahune dovoljno visoko kako ne bi dodirivale tlo te da je dozrijevanje jednolično; da se mahune ne bi otvarale prilikom zriobe.



Slika 19. Razvoj ploda (mahune) graha
 (a) početak razvoja mahune, (b) početak nalijevanja zrna u mahuni,
 (c) mahuna u tehnološkoj zriobi – mladi grah, (d) mahuna u fiziološkoj
 i tehnološkoj zriobi – suho zrno graha.

Sjeme

Pojam „sjeme” predstavlja dio biljke koji služi za generativno razmnožavanje i za daljnje rasprostranjivanje, dok se pojam „zrno” koristi za taj isti dio biljke u ishrani ljudi, hranidbi stoke te kao sirovina u industriji.

Unutar mahune, ovisno o kultivaru i agrotehnici, naizmjenično je postavljeno 3 – 10 sjemenki koje se (ovisno o kultivaru) jako razlikuju po veličini i boji. Boja sjemene ljuske može biti bijela,

žuta, krem, smeđa, ružičasta, crvena, ljubičasta, crna, s mozaikom raznih boja i oblika ili bez njega (Slika 20.). U svijetu je najviše sjemenki graha bez mozaika. Postoji povezanost između boje cvijeta, boje sjemene ljuske i stabljike graha; boja sjemene ljuske odgovara boji cvijeta i stabljike, odnosno, svijetlo obojen cvijet daje svijetlo obojenu sjemenu ljusku te je tada i stabljika svjetlija, dok tamno obojen cvijet daje tamno obojenu sjemenu ljusku, a stabljika je crvenkaste ili ljubičaste boje (Slika 21.). Prema obliku, sjemenka graha može biti okrugla, eliptična, ovalna, bubrežasta ili spljoštena. Ovisno o kultivaru i agrotehnici uzgoja, sjeme graha može biti raznih veličina. Masa 100 sjemenki graha može biti od 150 do 800 g, a iznimno i veća.

Slika 20. Različito oblika i boja sjemenki graha



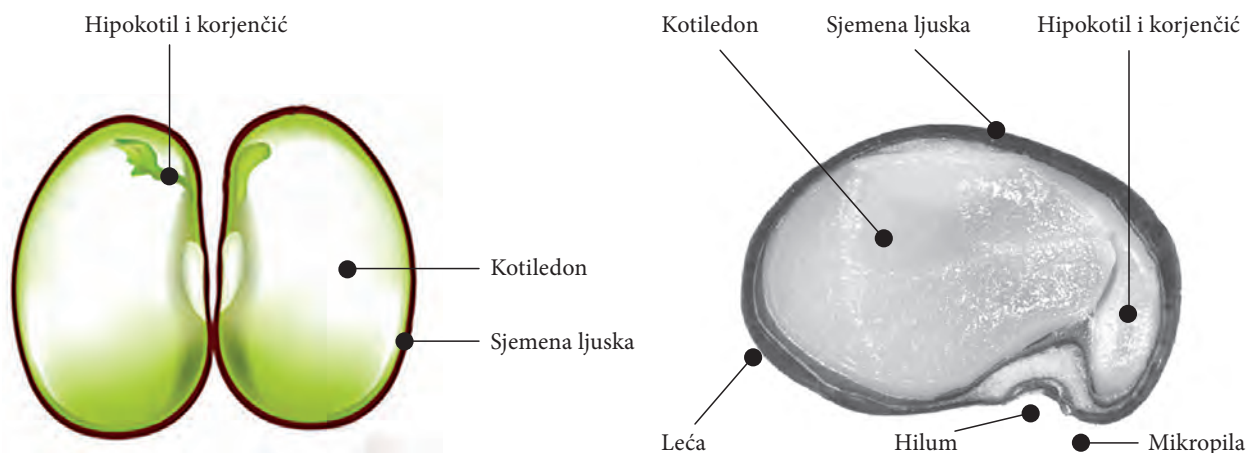


Slika 21. Kultivar graha sa zelenom stabljikom i svijetlo obojenim cvjetovima (lijevo) i kultivar s ljubičasto obojenom stabljikom i ljubičastim cvjetovima (desno)

Potrošači različitih regija i zemalja u svijetu odabiru grah prema veličini, obliku, boji, vremenu kuhanja sjemena i sl. te je grah podijeljen u šezdesetak različitih komercijalnih klasa (*market classes*).

Kao i većina mahunarki, grah ima neendospermalno sjeme. Sjemenke mahunarki sastoje se od klice (embrija), dva kotiledona (supke) te sjemene ljuske (ovojnice) (Slika 22.). Klica je zametak buduće biljke i služi za prenošenje gena s jedne biljke na drugu. Kotiledoni su prvi hranjivi listići u sjemenki, a sadrže rezervne hranjive tvari za procese klijanja i nicanja. Sjemena ljuska sastoji se od nekoliko slojeva. Osim što štiti unutrašnjost sjemenke od nepovoljnih utjecaja okoline, sjemena ljuska ima još nekoliko uloga; kao što su transport hranjivih tvari i metabolizam tijekom faze rasta zametaka, također ima strukturne i kemijske karakteristike potrebne za zaštitu i kontrolu klijanja zrelih sjemenki. Sjemena ljuska sadrži različite specijalizirane

strukture; hilum, leću i mikropilu (Slika 22.), koje imaju različite uloge u regulaciji dehidracije sjemenki kao i usvajanju vode od strane suhih sjemenki. Hilum predstavlja „ožiljak” koji ostaje na sjemenki nakon što se sjemenka odvoji od mahune, leća je blaga udubina u blizini hiluma i na suprotnoj strani od mikropile, dok je mikropila sitna pora kroz koju izlazi korjenčić.



Slika 22. Građa sjemenke graha

Hrvatski su tradicijski kultivari na temelju genetskih i morfoloških analiza podijeljeni na najraširenije morfogenetske skupine u Republici Hrvatskoj.

„Kukuruzar” (Slika 23.) je srednoameričkog podrijetla, tip fazeolina S i ima visoki habitus rasta te srednje sjajno sjeme, najčešće bubrežastog oblika. Boja mu je žuta (kukuruzna) do zelenkasto žuta, mozaik na sjemenu nije prisutan. Boja hiluma je bež, a boja prstena oko hiluma smeđa. Duljina sjemenke varira od 10,04 do 19,74 mm, a prosjek mu je 15,72 mm. Sjemenka je široka od 7,37 do 10,59 mm, s prosjekom od 8,55 mm. Debljina sjemenke je od 4,10 do 6,49 mm, s prosjekom od 5,07 mm. Masa 100 sjemenki može biti od 25,5 do 51,94 g, a prosjek je 40,55 g.

Slika 23. „Kukuruzar”



„Tetovac“ (Slika 24.) je srednjoameričkog podrijetla s tipom fazeolina S i ima visoki habitus rasta te mat sjeme bubrežastog oblika. Boja sjemene ljuske, hiluma i prstena oko hiluma je bijela, a mozaik nije prisutan. Sjemenka je duljine od 11,84 do 19,02 mm, s prosječnom duljinom od 16,42 mm. Širina sjemenke je od 8,17 do 10,93 mm, s prosjekom od 9,23 mm. Debljina sjemenke varira od 4,49 do 6,12 mm, a prosječna je 5,15 mm. Masa 100 sjemenki je od 40,86 do 66,40 g, s prosjekom od 51,99 g.



Slika 24. „Tetovac“

„Biser“ (Slika 25.) je srednjoameričkog podrijetla s tipom fazeolina S. Ima niski habitus rasta i mat sjeme okruglastog oblika. Boja sjemene ljuske, hiluma i prstena oko hiluma je bijela, a mozaik nije prisutan. Duljina sjemenke može biti od 7,90 do 10,42 mm dok je prosječna duljina 9,32 mm. Širina sjemenke je od 5,84 do 7,14 mm, s prosjekom od 6,44 mm. Minimalna debljina sjemenke je 4,04 mm, maksimalna 5,88 mm, a prosječna 5,28 mm. Masa 100 sjemenki varira od 13,42 g do 28,37 g, a prosjek je 19,29 g.



Slika 25. „Biser“

„Trešnjevac“ (Slika 26.) može biti srednjoameričkog (tip fazeolina S) i andskog podrijetla (tip fazeolina H ili C i T) te može biti niskog i visokog habitusa rasta. Ima srednje sjajno do sjajno sjeme najčešće ovalnog oblika. Boja je sjemene ljuske krem ili smeđa, a ponekad i tamno crvena ili bordo dok je boja mozaika krem, tamno smeđa, boje kestena, ljubičasta ili crna, a obrazac mozaika najčešće je prugast, no može biti i cjelovito ili kružno prošaran i romboidni.



Slika 26. ‚Trešnjevac‘ a) najrašireniji kultivar

b) manje zastupljeni tipovi...





Boja hiluma je bijela do bež, a prstena oko hiluma smeđa ili oker. Sjeme prilično varira i duljine je od 12,5 do 21,01 mm, s prosjekom od 14,87 mm. Širina sjemenke je od 7,92 do 11,29 mm, s prosjekom od 9,96 mm. Debljina sjemenke varira od 5,29 do 8,48 mm, s prosjekom 6,31 mm. Masa 100 sjemenki varira od 30,54 do 87,69 g, s prosjekom od 55,68 g.

Slika 27. ‚Sivi‘

‚Sivi‘ (Slika 27.) ima andsko podrijetlo, tip fazeolina H ili C. Visokog je habitusa rasta te ima sjajno sjeme ovalnog oblika. Boja je sjemene ljuske smečkasto zelenkasta i zelenosiva do maslinasto zelena. Mozaik na sjemenu nije prisutan. Boja je hiluma bijela, a boja prstena oko hiluma smeđa. Sjemenke su duljine od 13,4 do 17,77 mm, s prosjekom od 15,3 mm. Širina sjemenke je od 8,72 do 10,06 mm, a prosječna je 9,42 mm. Debljina sjemenke je od 7,19 do 8,44 mm, s prosjekom od 7,83 mm. Masa 100 sjemenki je od 47,35 do 68,03 g, s prosjekom 56,65 g.



„Sivi prošarani” (Slika 28.) andskog je podrijetla i tipa fazeolina H ili C. Ima visoki habitus rasta te sjajno sjeme okruglog oblika. Boja sjemene ljuske je siva ili krem-siva, dok je boja mozaika crna, a obrazac mozaika prugasti. Boja hiluma je bijela, a prstena oko hiluma smeđa. Sjemenke su duljine od 11,21 do 13,72 mm s prosjekom od 12,22 mm. Širina sjemenke je od 6,65 do 9,86 mm, s prosjekom 8,50 mm. Debljina sjemenki je od 6,91 do 8,09 mm, a prosječna 7,66 mm. Masa 100 sjemenki varira od 35,15 do 56,88 g, s prosjekom od 46,46 g.



Slika 28. „Sivi prošarani”



Slika 29. „Puter”

„Puter” (Slika 29.) je andskog podrijetla te tipa fazeolina H ili C i T. Može imati niski i visoki habitus rasta te mat ili sjajno sjeme ovalnog ili bubrežastog oblika. Sjemenka ljuska je bež boje bez mozaika te bijele boje hiluma i smeđe boje prstena oko hiluma. Duljina sjemenki je od 11,82 do 17,94 mm, s prosjekom 14,22 mm. Širina sjemenki je od 7,03 do 9,78, s prosjekom 9,32 mm. Debljina sjemenki je od 5,14 do 8,08 mm, s prosjekom 7,88 mm. Masa 100 sjemenki može varirati od 30,95 do 59,20 g, s prosjekom 56,59 g.

„Dan i noć” (Slika 30.) andskog je podrijetla tipa fazeolina H ili C i T. Može imati visoki i niski habitus rasta. Ima srednje sjajno do sjajno sjeme ovalnog, okruglog do četvrtastog oblika. Boja sjemene ljuske bjelkasta je ili bež s crnim, kestenjastim, crvenim, roza ili ljubičastim moza-

ikom koji je dvobojni, točkasto dvobojni, marginalni ili cjelovito prošaran. Boja hiluma je bijela, a boja prstena oko hiluma crna, tamnocrvena ili smeđa. Duljina sjemenki je od 10,18 do 16,12 mm, s prosjekom 13,65 mm. Širina sjemenki varira od 5,92 mm do 9,09 mm, s prosjekom 7,99 mm. Debljina sjemenki je od 4,52 do 8,22 mm, a prosječna 6,30 mm. Masa 100 sjemenki varira od 37,11 g do 58,3 g, s prosjekom 45,76 g.



Slika 30. 'Dan i noć'

'Zelenčec' (Slika 31.) ima andsko podrijetlo i tip fazeolina T. Niskog je habitusa rasta te najčešće ima srednje sjajno sjeme ovalnog ili bubrežastog oblika. Boja sjemene ljuske zelenkasta je ili klorofil zelena, dok mozaik nije prisutan. Boja hiluma je bijela, a boja prstena oko hiluma smeđa. Duljina sjemenki je od 10,13 do 14,02 mm, s prosjekom od 12,12 mm. Širina sjemenki je od 6,22 mm do 7,89 mm, a prosječna 7,01 mm. Debljina sjemenki je od 4,66 do 6,47 mm, s prosjekom od 5,73 mm. Masa 100 sjemenki je od 26,6 g do 35,96 g, a prosjek je 31,14 g.

Slika 31. 'Zelenčec'





Slika 32. ‚Bijeli‘

‚Bijeli‘ (Slika 32.) ima andsko podrijetlo i tip fazeolina T. Niskog je habitusa rasta te ima mat sjeme ovalnog oblika bijele boje sjemene ljuske, hiluma i prstena oko hiluma, a obrazac mozaika nije prisutan. Duljina sjemenki je od 13,16 do 16,97, s prosjekom 15,61 mm. Širina sjemenki je od 5,89 do 7,39 mm, s prosjekom od 6,92 mm. Debljina sjemenki je od 4,80 do 6,08 mm, s prosjekom od 5,40 mm. Masa 100 sjemenki je od 33,50 do 38,90 g dok je prosječna 35,62 g.

3.2. Faze razvoja graha

Faze razvoja graha dijele se u vegetativne faze (V) i reproduktivne faze (R). Prosječni broj dana od sjetve do neke razvojne faze kao i broj dana između dvije razvojne faze, vrlo je varijabilan i ovisi o kultivaru i okolišnim čimbenicima. Vegetativne faze označavaju se od V₁ do V_n što označava broj pravih listova (troliske), brojeći od prvog pravog lista koji je cjelovit. Reproductivne faze opisuju se na temelju svojstava mahuna i sjemena na pojedinim nodijima. Prva mahuna, koja se pojavi na biljci, počinje se pratiti i opisuje se njen izgled. Reproductivna faza (R) započinje razvojem prvog cvata. Grananje graha odvija se na nižim nodijima, a sekundarne osi nose svoje cvatove i mahune. Stoga se reproduktivne faze prate na primarnoj osi (primarnoj stabljici).

U Tablicama 1 – 3 prikazane su vegetativne i reproduktivne faze razvoja graha determiniranog grmolikog tipa rasta (*Tip I*) i nedeterminiranog tipa rasta (*Tip III*).

Tablica 1. Vegetativne faze razvoja graha determiniranog grmolikog tipa rasta (Tip I) i nedeterminiranog tipa rasta (Tip III)

Oznaka	Kratki opis razvojne faze ¹	Dana od sjetve ²
VE	Nicanje (vidljiva hipokotilna kuka)	7 – 8
VC	Vidljivi kotiledonski listići i vidljivi prvi cjeloviti listići	8 – 9
V ₁	Na trećem nodiju vidljiva prva prava troliska	10
V ₂	Druga troliska	19
V ₃	Treća troliska (započinje grananje – razvoj sekundarnih osi iz pazušca listova)	29
V(n)	N-ta troliska, ali bez vidljivih cvjetova	Novi nodij svakih 3 – 5 dana
V ₅	Grmoliki, determinirani tipovi mogu započeti cvasti te prelaze u R ₁	50
V ₈	Visoki, nedeterminirani tipovi mogu započeti cvasti te prelaze u R ₁	40

¹Izvor: Lebaron, 1974. / ²Okvirni broj dana od sjetve, koji će varirati ovisno o kultivaru i okolinskim čimbenicima.

Tablica 2. Reproduktivne faze razvoja graha determiniranog, grmolikog tipa rasta (Tip I)

Oznaka	Kratki opis razvojne faze ¹	Dana od sjetve ²
R ₁	Otvoren prvi cvat na bilo kojem nodiju	50
R ₂	Mahune duge oko 1 cm na mjestu pojave prvog cvata (obično 2 – 3 nodija)	53
R ₃	Mahune na mjestu pojave prvog cvata dugačke 2,5 cm. Polovica biljke je u cvatu, a biljka postaje gušća zbog intenzivnog grananja na svim nodijima	56
R ₄	Mahuna dugačka oko 7 cm, ali se još ne razaznaju sjemenke	59
R ₅	Mahune 7 do 10 cm, s vidljivim sjemenkama	64
R ₆	Sjeme ispunjava oko pola cm duž osi mahune	66
R ₇	Najstarije mahune s potpuno razvijenim sjemenom, (mahune razvijene na svim dijelovima biljke, sve mahune potpuno su razvijene s vidljivim sjemenom)	72
R ₈	Žućenje lišća na gotovo polovici biljke, mogu se još pojavljivati vrlo male mahune, ali na sekundarnim granama i takve se mahune suše	90
R ₉	Zrelost, manje od 40 % lišća još je uvijek zeleno, 80 % mahuna žuto je i gotovo zrelo	105

¹Izvor: Lebaron, 1974. / ² Okvirni broj dana od sjetve, koji će varirati ovisno o kultivaru i okolinskim čimbenicima.

Tablica 3. Reproduktivne faze razvoja graha nedeterminiranog, visokog tipa rasta (Tip I)

Oznaka	Kratki opis razvojne faze ¹	Dana od sjetve ²
R ₁	Otvoren prvi cvat na bilo kojem nodiju, počinju se pojavljivati vitice	40
R ₂	Mahune duge oko 1 cm na mjestu pojave prvog cvata (obično 2-5 nodija)	43
R ₃	Mahune na mjestu pojave prvog cvata dugačke 2,5 cm. Nove mahune javljaju se na višim nodijima, polovica je biljke u cvatu	46
R ₄	Mahuna dugačka oko 7 cm, ali još se ne razaznaju sjemenke	50
R ₅	Mahune oko 8 cm, sjemenke se mogu osjetiti na dodir	56
R ₆	Mahune duže od 10 cm (maksimalna dužina), sjemenke oko pola cm	60
R ₇	Najstarije mahune s potpuno razvijenim zelenim sjemenom (ostali dijelovi biljke imaju potpuno razvijene mahune s gotovo potpuno razvijenim sjemenom, cvatovi na najmlađim nodijima 10-13)	70
R ₈	Žućenje lišća na gotovo polovici biljke, mogu se još pojavljivati vrlo male mahune i cvatovi, takve se mahune suše	82
R ₉	Zrelost, manje od 30 % lišća još je uvijek zeleno, 80 % mahuna žuto je i gotovo zrelo	94

¹Izvor: Lebaron, 1974. / ² Okvirni broj dana od sjetve, koji će varirati ovisno o kultivaru i okolinskim čimbenicima.

3.3. Literatura

Casquero, P. A.; Lema, M.; Santalla, M.; De Ron, A. M. (2006.). Performance of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces from Spain in the Atlantic and Mediterranean environments. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53: 1021–1032.

Chaturvedi, S. K.; Gupta, D. S.; Jain, R. (2011.). *Biology of Food Legumes*. U: *Biology and Breeding of Food Legumes* (ur. Pratap, A.; Kumar, J.). CABI, Wallingford, UK, str. 35–48.

De Ron, A. M.; Papa, R.; Bitocchi, E.; González, A. M.; Debouck, D. G.; Brick, M. A.; Fourie, F.; Marsolais, F.; Beaver, J.; Geffroy, V.; McClean, P.; Santalla, M.; Lozano, R.; Yuste-Lisbona, F. J.; Casquero, P. A. (2015.). Common bean. U: *Grain Legumes, Handbook of Plant Breeding 10* (ur. De Ron, A. M.). Springer Science+Business Media, New York, USA, str. 1–36.

Deshpande, S. S.; Sathe, S. K.; Salunkhe, D. K. (1984.). Interrelationships between certain physical and chemical properties of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Foods for Human Nutrition*, 34: 53–65.

Kandel, H.; Endres, G. (2019.). *Dry Bean Production Guide*. NDSU Extension, North Dakota, USA.

Kigel, J.; Rosental, L.; Fait, A. (2015.). Seed physiology and germination of grain legumes, in *Grain Legumes*. U: *Grain legumes. Handbook of Plant Breeding, Vol. 10* (ur. De Ron, A. M.). Springer Science+Business Media New York, USA, str. 327–363.

Kirkbridge, J. H.; Gunn, C. R.; Weitzman, A. (2003.). Fruits and seeds of genera in the subfamily Faboideae (Fabaceae). Vol. 1. Technical Bulletin 1890, United States Department of Agriculture, USA.

Lebaron, M. J. (1974.). Developmental stages of the common bean plant. University of Idaho, College of Agriculture, Current Information Series No. 228, USA.

Lešić, R.; Borošić, J.; Buturac, I.; Herak-Čustić, M.; Poljak, M.; Romić, D. (2004.). Povrčarstvo. Zrinski d. d., Čakovec, Hrvatska.

Ma, F.; Cholewa, E.; Mohamed, T.; Peterson, C. A.; Gijzen, M. (2004.). Cracks in the palisade cuticle of soybean seed coats correlate with their permeability to water. *Annals of botany*, 94 (2): 213–228.

Nassar, R. M. A.; Boghdady, M. S.; Ahmed, Y. M. (2010.). Botanical Studies On *Phaseolus Vulgaris* L. II-Anatomy Of Vegetative And Reproductive Organs. *Journal of American Science*, 6 (12): 217–229.

Ozimec, R.; Karoglan Kontić, J.; Maletić, E.; Matotan, Z.; Strikić, F. (2015.). Tradicijske sorte i Pasmine Dalmacije. Tiskara Zelina d.d., Sv. Ivan Zelina.

Petrović, B. (2015.). Pasulj u organskoj i konvencionalnoj poljoprivrednoj proizvodnji. Magistarski rad, Univerzitet u Novom Sadu Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Srbija.

Santalla, M.; Menéndez-Sevillano, M. C.; Monteagudo, A. B.; De Ron, A. M. (2004.). Genetic diversity of Argentinean common bean and its evolution during domestication. *Euphytica*, 135: 75–87.

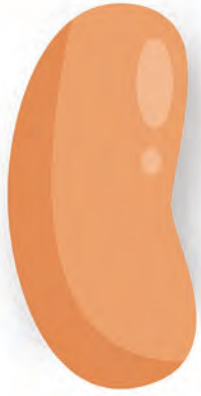
Todorović, J.; Vasić, M.; Todorović, V. (2008.). Pasulj i boranija. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Srbija.

Werker, E. (1997.). Seed anatomy. Gebruder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Zeven, A. C.; Waning, J.; Hintum, T.; Singh, S. P. (1999.). Phenotypic variation in a core collection of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the Netherlands. *Euphytica*, 109: 93–106.

Žugaj, M.; Bojanić, M.; Kero, K.; Ređep, M. (1994.). Proizvodnja sočivica u županiji Varaždin na smjeni 19. u 20. stoljeće. *Radovi Zavoda za znanstveni rad Varaždin*, 6–7: 161–187.

4. UZGOJ



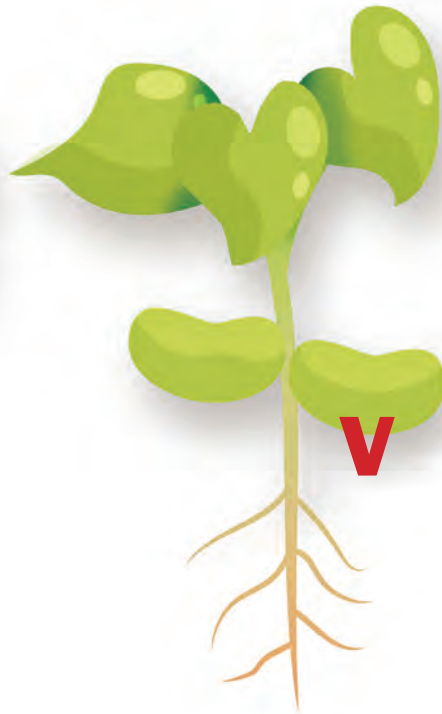
I



II



III



V



Grah se razmnožava generativno i kod intenzivne proizvodnje važno je koristiti certificirano sjeme. Svrha je certificiranja proizvodnja i stavljanje na tržište sjemena visoke kvalitete i genetske čistoće. Proces certificiranja i održavanja kvalitete sjemena vrši se putem nacionalnog sustava certificiranja sjemena koje u RH provodi i nadzire Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Centar za sjemenarstvo i rasadničarstvo. Kad je sjeme označeno kao certificirano, kupac može biti siguran da je sjeme proizvedeno prema propisanim standardima i laboratorijski testirano radi održavanja genetske čistoće i visoke klijavosti, bez patogena i štetnika, bez sjemena korova i drugih poljoprivrednih vrsta te inertnih tvari.

Prema novom Zakon o sjemenu, sadnom materijalu i priznavanju sorti poljoprivrednog bilja (NN 110/2021) tradicijski se kultivari moraju upisivati u Sortnu listu i označavaju se kao „čuvana sorta” ili kao „sorte razvijene za uzgoj pri određenim uvjetima.”

4.1. Sjetva

Grah se može proizvoditi kao čisti usjev (Slika 33.), združeni usjev (grah se sije u usjev kukuruza, Slika 34.) ili sjetvom u naizmjenične trake (naizmjenične trake graha i nekog visokog

Slika 33. Proizvodnja graha u čistom usjevu





Slika 34. Proizvodnja graha u združenom usjevu

cm unutar reda i 70 cm između reda sa 6 – 8 sjemenki po kućici. Ovisno o kultivaru, tj. masi 1 000 sjemenki, za jedan hektar potrebno je 100 – 180 kg sjemena.

Zbog kratke se vegetacije grah mahunar može sijati kroz duže razdoblje. Niski grah mahunar sije se u redove razmaka 50 – 70 cm i 3 – 5 cm unutar reda, a može se sijati i u kućice 40 x 40 cm sa po 5 – 6 sjemenki. Visoki grah mahunar sije se u redove razmaka 70 – 80 cm i 40 – 60 cm razmaka u redu. Uz redove stavlja se potpora. Potrebna količina sjemena ovisi o apsolutnoj težini te je za jedan hektar potrebno 80 – 140 kg sjemena.

usjeva, najčešće kukuruza). Najčešći je način uzgoja (najviše mehanizirani) uzgoj u čistom usjevu. Grah se sije u redove razmaka 15 do 70 cm, ovisno o brojnim čimbenicima; najviše ovisi o sijačici i kombajnu s kojima se raspolaže u proizvodnji.

Kod niskih sitnozrnih kultivara preporučeni je sklop 500 000 biljaka ha⁻¹, dok je kod srednje krupnih sklop 400 000 biljaka ha⁻¹. Za visoke je kultivare potrebna sjetva uz nosače i preporučeno je ostvariti sklop od 285 000 do 300 000 biljaka ha⁻¹ za ostvarivanje visokog prinosa. Za postizanje ovih sklopova niski se grah sije na razmake 45 – 50 cm između, i 4 – 4,5 cm unutar reda. U slučaju sjetve u kućice, kućice se postavljaju u redove razmaka 50 cm, a udaljenost je kućica unutar reda 25 – 30 cm s pet sjemenki po kućici. Visoki se grah sije u kućice razmaka 35 – 40

4.2. Uvjeti uzgoja

Temperatura

Grah je jednogodišnja toploljubna kultura. Optimalne su temperature za uzgoj graha između 18 i 25 °C. Prilikom sjetve temperatura tla mora biti viša od 15 °C, a sjetva započinje kada prestanu opasnosti od kasnih proljetnih mrazeva. Rezultati proizvodne prakse pokazuju da je optimalan rok sjetve kraj travnja, početak svibnja. Zbog klimatskih promjena sve više dolaze do izražaja prednosti ranije sjetve, jer se na taj način izbjegavaju visoke temperature i opasnost od suše tijekom srpnja i kolovoza, ali tada treba pripaziti na pojavu niskih temperatura prilikom klijanja i nicanja. Visoke temperature tijekom cvatnje stvaraju probleme kod oplodnje, a tijekom dozrijevanja izazivaju prijevremeno dozrijevanje sjemena i direktno vode k drastičnom smanjenju prinosa. Maksimalne temperature tijekom cvatnje ne smiju prelaziti 30 °C jer dolazi do abortiranja cvjetova i slabog zametanja mahuna. Dnevne temperature ispod 20 °C usporavaju zrenje i uzrokuju razvoj šturih (praznih) mahuna.

Tlo

Grah se može uzgajati na različitim tipovima tala, no pogoduju mu duboka, dobro drenirana tla. Osjetljiv je na zaslanjenost tla i na stagnirajuću vodu. Salinitet iznad 2 dS m⁻¹ izaziva



probleme u usvajanju hranjiva, poput kalija i kalcija, te pad prinosa. Grah je najosjetljiviji na zaslanjenost tla u fazi klijanja i nicanja. Optimalni je pH tla za proizvodnju graha 5,8 – 6,5, a osjetljiv je na kiselost tla (pH niži od 5,2).

Grah se uglavnom proizvodi u konvencionalnom načinu obrade tla, no pogodan je i za uzgoj u konzervativnim sustavima obrade (reducirana obrada i *no-till*). Grah je dobar predusjev, a u plodoredu mu pripada mjesto, nakon usjeva gnojnog stajskim gnojem. Kao predusjevi preporučuju se strne žitarice, kukuruz, krumpir, kupus i luk. Ne podnosi monokulturu i do ponovne sjetve mora proći minimalno tri godine.

Voda

Grah zahtijeva 400–500 mm oborina tijekom vegetacijske sezone. Za postizanje maksimalnih prinosa grah će tijekom vegetacije usvojiti 400 – 450 mm vode iz tla. Najveći dio vegetacije graha odvija se u ljetnom periodu kada je prisutan deficit vode, pa je navodnjavanje vrlo značajna agrotehnička mjera i zasebno je obrađena u poglavlju 5.2. Osim toga, grah preferira nižu relativnu vlagu zraka koja smanjuje intenzitet zaraze bolestima..

4.3. Ishrana graha

Za rast i razvoj biljke graha potrebno je sedamnaest esencijalnih elemenata. U ovom će poglavlju ukratko biti objašnjena gnojidba i to samo najznačajnijim hranjivima u proizvodnji graha. U uvjetima kada sadržaj hranjiva u tlu nije adekvatan, grah pozitivno reagira na gnojidbu. Gnojidbu poljoprivrednih kultura treba temeljiti na analizi tla. Prije planirane proizvodnje graha treba uzeti uzorke tla s dubine od 0 – 30 cm. Grah je vrlo osjetljiv na višak soli te je uz standardnu kemijsku analizu tla [pH, sadržaj kalija (K), fosfora (P) i dušika (N)] poželjno napraviti i analizu sadržaja soli u tlu. Osim toga, grah ima relativno visoke zahtjeve za cinkom (Zn) i željezom (Fe) te je poželjno poznavati sadržaj ovih hranjiva u tlu prije početka proizvodnje, i po potrebi primijeniti gnojiva koja sadrže ove mikroelemente. Grah dobro reagira i na organsku gnojidbu te se preporučuje primjena organskih gnojiva u uzgoju graha. Prinos od 1 000 kg zrna prosječno iznosi 36 kg N, 8 kg P, 15 kg K, 1,1 kg kalcija (Ca), 1,1 kg magnezija (Mg) i 2,2 kg sumpora (S).

Osim analize tla, stanje ishranjenosti graha može se utvrditi analizom biljnog materijala (lista). Tablicom 4. prikazane su prosječne vrijednosti sadržaja mikro i makroelemenata u listu graha. Uzorkovanje se vrši u fazi cvatnje do zametanja mahuna, a za analizu se uzimaju uzorci potpuno razvijenih listova s vrha biljke. Također je moguće utvrditi nedostatak pojedinog hranjiva pomoću novih nedestruktivnih metoda multispektralnih snimanja (Slika 35.).

Tablica 4. Prosječni sadržaj mineralnih elemenata u listu graha

Mineral	N	S	P	K	Mg	Ca	Na	B	Zn	Mn	Fe	Cu
	%										mg kg ⁻¹	
Od	3,6	0,25	0,3	2,0	0,35	1,0	0,01	25	35	50	50	8
Do	6,0	0,7	0,7	4,0	1,0	3,0	0,05	70	60	100	200	30

Izvor: Ankerman i Large, 2017.



Slika 35. Vidljivi simptomi nedostatka pojedinih hranjiva

Fosfor (P)

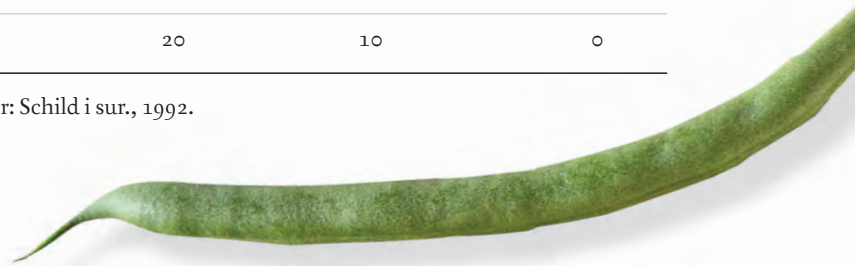
U slučaju da se analizom tla utvrdi nedostatak ili umjerena opskrbljenost tla fosforom, potrebno je provesti gnojidbu graha fosfornim gnojivima. Utvrđeno je da su kultivari nedeterminiranog tipa stabilnije tolerantniji na nedostatak P, za razliku od determiniranih kultivara.

Tablicom 5. prikazane su preporučene količine fosfornih gnojiva s obzirom na sadržaj fosfora u tlu.

Tablica 5. Preporuke gnojidbe graha fosforom s obzirom na analize tla [metoda ekstrakcije acetolaktatom (AL)]

AL analiza fosfora u tlu	P ₂ O ₅ mg 100 g ⁻¹				
	Vrlo siromašno	Siromašno	Srednje	Bogato	Vrlo bogato
	0 – 5	6 – 10	11 – 20	21 – 40	≥ 41
Gnojidba	Količina P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹				
	50	30	20	10	0

*Gnojidba je prilagođena prosječnom prinosu od 2 t ha⁻¹ / Izvor: Schild i sur., 1992.



U slučaju potrebe primjene velikih količina fosfornih gnojiva preporučuje se primjena gnojidbe u trake, pri čemu se preporučene doze mogu smanjiti za jednu trećinu do jedne polovine. Na taj se način smanjuje trošak, no manji je i učinak gnojidbe na dugoročno povećanje plodnosti tla. Primjena fosfora u trake povećava njegovu dostupnost osobito u hladnijim uvjetima i težim, zbijenijim tlima.

Kalij (K)

Manjak kalija moguć je na tlima lakše teksture. Grah će pozitivno reagirati na gnojidbu kalijem ako analize tla ukažu na to da je tlo siromašno do srednje opskrbljeno ovim hranjivom.

Kalijeva gnojiva mogu se primijeniti širom ili u trake. Ako se primjenjuju u trake, ne smiju se dodavati zajedno sa sjemenom. Preporučuje se da se polože barem 2 cm od sjemena.

Tablicom 6. prikazane su preporučene količine kalijevih gnojiva s obzirom na sadržaj kalija u tlu.

Tablica 6. Preporuke gnojidbe graha kalijem s obzirom na analize tla

Analiza kalija u tlu	K ₂ O mg 100 g ⁻¹				
	Vrlo siromašno	Siromašno	Srednje	Bogato	Vrlo bogato
	0 – 8	9 – 13	14 – 25	26 – 40	≥ 41
Gnojidba	Količina K ₂ O kg ha ⁻¹				
	55	35	15	0	0

*Gnojidba je prilagođena prosječnom prinosu od 1.5 – 2.0 t ha⁻¹ / Izvor: Schild i sur., 1992.

Dušik (N)

U simbiozi s bakterijama fiksatorima dušika, grah je u mogućnosti vezivati i koristiti dušik iz atmosfere. Bakterije koje ulaze u simbiozu s grahom pripadaju vrsti *Rhizobium phaseolus*. Simbioza se ostvaruje na korijenu u vidu kvržica (Slika 36.). Postoje komercijalni pripravci koji se primjenjuju u svrhu stvaranja inokulacije graha simbioznim bakterijama i povećanja vezivanja atmosferskog dušika. Pripravci koji se koriste za inokulaciju soje ili graška nisu prikladni za inokulaciju graha, jer se radi o drugim vrstama bakterija koje neće ući u simbiozu s grahom.

Nažalost, simbioza između graha i bakterija vrste *Rhizobium phaseolus* nije čvrsta te različiti okolinski stresovi, kao što su sušni periodi, stagnacija vode, visoke temperature, kisela tla i sl. negativno utječu na uspješnost simbioze. Stoga je vrlo teško osigurati dovoljne količine dušika korištenjem simbioznih bakterija. Osim toga, gnojidba dušičnim gnojivima također smanjuje uspješnost simbioze.

Slika 36. Kvržice na korijenu graha u kojima se nalaze simbiozne bakterije



Dakle, kod graha će preporuke gnojdbom dušika ovisiti o tome hoće li se kombinirati inokulacijom ili će se raditi o proizvodnji bez nje. Nadalje, važna je pretpostavka koristi li se navodnjavanje. Navodnjavanje je vrlo korisna praksa u uzgoju graha, ali istraživanja pokazuju da inokulacija ne povećava prinose graha u uzgoju u kojem se primjenjuje navodnjavanje.

Stoga se kod navodnjavanih parcela koristi više dušika i ne koristi se inokulacija. U slučaju navodnjavanja preporučuje se višekratna prihrana dušikom kako ne bi došlo do gubitka dušika ispiranjem.

Za izračun potrebne količine dušika pri navodnjavanju koristi se sljedeća formula:

$$N \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = PP \times 0,05 - N_{\text{tlo}} - N_{\text{pretkultura}}$$

Pri čemu je:

- PP potencijalni prinos (koji se temelji na iskustvu uzgoja graha na određenoj parceli)
- N_{tlo} je količina dušika utvrđena analizom tla
- $N_{\text{pretkultura}}$ je dušik zaostao od pretkulture (obično prijašnje mahunarke ili nekog pokrovnog usjeva)

Obično se prije sjetve dodaje 45 kg ha⁻¹, a ostatak dušika dodaje se u dvije prihrane. Prva prihrana je prije cvatnje, a druga prihrana nakon cvatnje, na početku nalijevanja sjemena.

Kod uzgoja bez primjene navodnjavanja, kao okvirnu gnojdbu dušikom, može se uzeti 45 kg ha⁻¹ dušika uz primjenu inokulacije te 80 kg ha⁻¹ bez inokulacije.

Molibden je mikroelement koji je posebno važan za mahunarke jer je potreban za simbiotsku fiksaciju dušika. U kiselim tlima (pH niži od 6) dolazi do nedostatka molibdena te će biljke biti zakržljale s blijedozelenim ili žutim listovima, a na korjenovom sustavu bit će jako malo

kvržica ili ih uopće neće biti. Stoga se preporučuje aplikacija molibdena na sjeme (100 g natrijevog molibdata na 50 kg sjemena prije sjetve) ili na tlo, ako aplikacija na sjeme nije izvediva. Vapnjenje je također učinkovito za povećavanje raspoloživosti molibdena u tlu.

Cink (Zn)

Grah dobro reagira na gnojidbu cinkom. Ako analiza tla pokaže količinu manju od $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$, preporučuje se primjena gnojiva koja sadrže cink. Nedostatak cinka može se pojaviti u tlima siromašnim organskom tvari, visokog pH (iznad 7,3), laganim pjeskovitim tlima kao i teškim i zbijenim tlima. Nedostatak se češće javlja kada je pretkultura grahu šećerna repa. Kao i u slučaju gnojidbe fosforom, veća efikasnost cinkovih gnojiva postiže se ako se primjene u trake. Preporučuje se primjena topivih oblika cinka, poput cinkovih sulfata, helata; kao i kompleksa cinka s amonijakom.

Ovisno o analizi tla (pH tla i količini cinka u tlu) te načinu primjene (širom ili u trake) preporučuju se različite količine cinkovih gnojiva (Tablica 7.)

Tablica 7. Preporuke gnojidbe graha cinkom s obzirom na analize tla i način primjene

Analiza cinka u tlu	ZN mg kg^{-1}			
	0 – 0,5	0,5 – 1,0		
Gnojidba	Količina ZN kg ha^{-1}			
	pH $\leq 7,5$	pH $\geq 7,5$	pH $\leq 7,5$	pH $\geq 7,5$
	3 (6)	5 (10)	2 (4)	4 (8)

Količine prikazane izvan zagrada odnose se na primjenu u trake; količine prikazane u zagradama odnose se na primjenu širom.
Izvor: Schild i sur., 1992.

Željezo (Fe)

Grah je osjetljiv na nedostatak željeza te se pri pH višim od 7,5 javlja željezna kloroza (simptomi nedostatka željeza). Hladno i vlažno vrijeme pogoduje pojavi simptoma nedostatka

željeza, a simptomi često sami nestanu sa zagrijavanjem i sušenjem tla. Simptomi se javljaju kod sadržaja željeza u tlu ispod $2,5 \text{ mg kg}^{-1}$. Nedostaci željeza često se javljaju u obliku plješina (nisu jednoliko raspoređeni po površini). Preporučuje se primjena helatiziranog željeza (ortho – ortho formulacija) poput FeEDDHA. Ovisno o nedostatku željeza, preporučuje se primjena $0,8$ do $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ FeEDDHA.

Željezna gnojiva mogu se primijeniti i folijarno. U tom slučaju koristi se $1 - 1,5 \%$ željezni sulfat uz utrošak $200 - 300 \text{ L}$ škropiva na ha.



4.4. Literatura

Ankerman, B. S.; Large, R. (2017.). Agronomy Handbook, Soil and Plant Analysis Resource Handbook. Midwest laboratories, INC.: Omaha, Nebraska, USA.

Hergert, G. W.; Schild, J. A. (2013.). Fertilizer Management for Dry Edible Beans. University of Nebraska – Lincoln Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, Nebraska, USA.

Kandel, H.; Endres, G. (2019.). Dry Bean Production Guide. NDSU Extension Agronomists, North Dakota, USA.

Liebenberg, A. J. (2002.). Dry bean Production. Department of Agriculture; Resource Centre, Directorate Agricultural Information Services, Pretoria, South Africa.

NN broj 110/2021 Zakon o sjemenu, sadnom materijalu i priznavanju sorti poljoprivrednog bilja (<https://www.zakon.hr/z/774/Zakon-o-sjemenu%2C-sadnom-materijalu-i-priznavanju-sorti-poljoprivrednog-bilja>) (pristupljeno 28.08.2021.)

Popović, V.; Stevanović, P.; Vučković, S.; Ikanović, J.; Rajičić, V.; Bojović, R.; Jakšić, S. (2019.). Influence of CAN Fertilizer and Seed Inoculation with NS Nitragin on Glycine max Plant on Pseudogley Soil Type. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 84 (2): 165–171.

Quaggio, J. A.; Gallo, P. B.; Owino-Gerroh, C.; Abreu, M. F.; Cantarella, H. (2004.). Peanut Response to Lime and Molybdenum Application in Low Ph Soils. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28: 659–664.

Schild, J. A.; Nuland, D.; Hergert, G. W.; Wilson, R. G. (1992.). G92-1102 Fertilizer Management for Dry Edible Beans. Historical Materials from University of Nebraska – Lincoln Extension, 777.

5. GOSPODARENJE USJEVOM



5.1. Njega usjeva

S obzirom da je grah kultura kratke vegetacije te moderni kultivari koji se koriste u intenzivnoj proizvodnji, dozrijevaju 70 dana nakon nicanja; važno je istaknuti da mjere njege usjeva tijekom vegetacije moraju biti pravovremene. U mjere njege spadaju: kultivacija, navodnjavanje, prihrana, suzbijanje korova, zaštita od bolesti i štetnika.

Ukoliko se nakon sjetve pojavi pokorica potrebno ju je razbiti laganom drljačom ili kultivatorom. Međuredna kultivacija poželjna je u svrhu stvaranja rastresitog površinskog sloja, bolje aeracije te smanjenja gubitka vode (evaporacije). Međurednom se kultivacijom uništavaju i korovi, a ako je potrebno može se istovremeno obaviti i prihrana usjeva.

5.2. Navodnjavanje

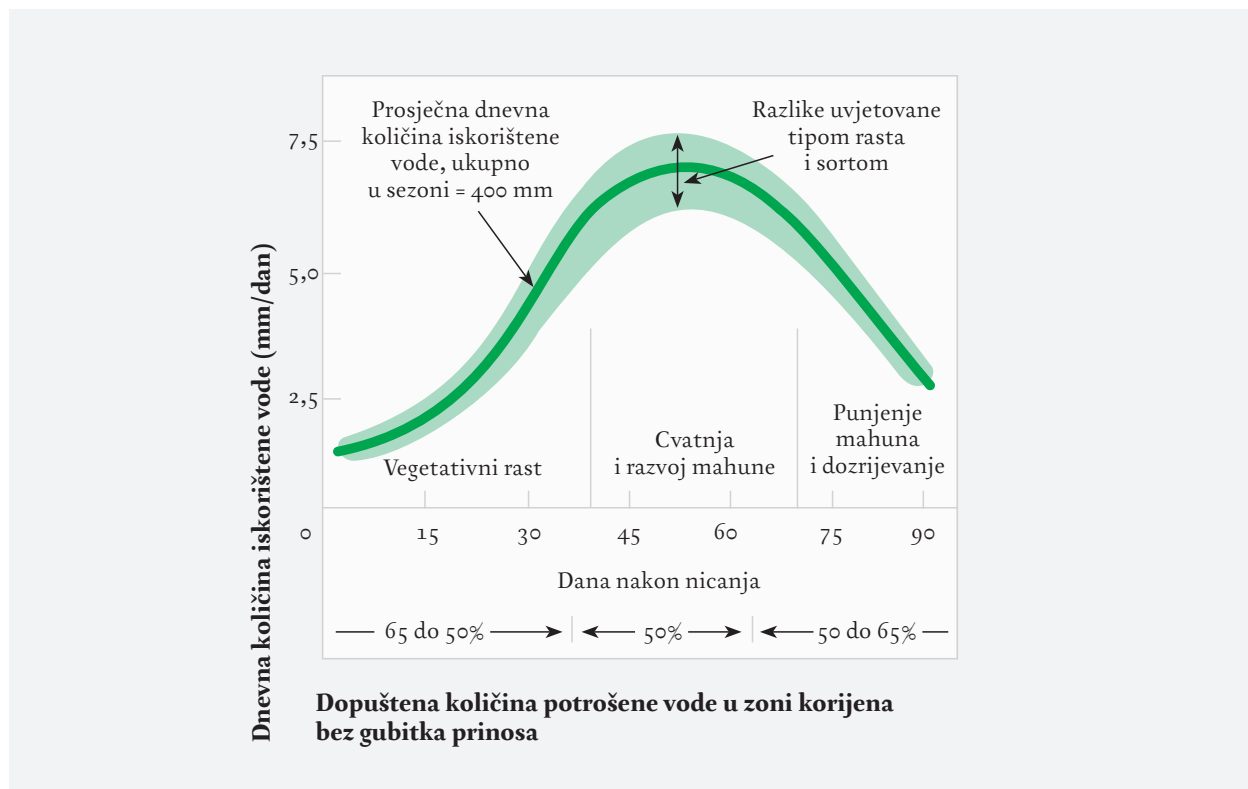
Za postizanje maksimalnih prinosa grah će tijekom vegetacije usvojiti 400 – 450 mm vode iz tla. Najveći dio vegetacije graha odvija se u ljetnom periodu kada je prisutan deficit vode, pa je navodnjavanje vrlo značajna agrotehnička mjera. Potrebe za vodom različite su tijekom vegetacije; velike su za vrijeme nicanja, pri prelasku iz vegetativne u generativnu fazu rasta; odnosno, od početka cvatnje pa sve do nalijevanja sjemena / zrna, te za vrijeme bubrenja sjemena.

Navodnjavanje se koristi kako bi se osigurala optimalna vlaga tla. Količina dnevne evapotranspiracije graha ovisi o vlazi tla, temperaturi, fazi razvoja, plodnosti tla, zarazi bolestima, kao i o tipu rasta (*Tip I – Tip IV*). Općenito, biljke većeg habitusa s više biomase usvajaju više vode iz tla. Frekvencija, kao i količina vode u navodnjavanju, ovisi o razvojnoj fazi graha, kapacitetu tla za vodu (vododržnost) i vremenskim uvjetima.

Kapacitet iskorištenja vode kod graha

Grah razvija plitak korijen koji u dubokim tlima dobre strukture prodire do 1 m u dubinu te 20 – 30 cm u širinu. Međutim, većina korijena razvija se u površinskom sloju tla, te se 90 % biomase korijena nalazi do dubine 60 cm. Stoga se za potrebe navodnjavanja graha dubina od 60 cm

smatra dubinom ukorjenjivanja. Prosječne se količine usvojene vode kod graha kreću između 1,3 mm na dan nakon nicanja i do 6,5 mm na dan tijekom razvoja mahuna (Slika 37.). Količina iskorištene vode podrazumijeva (uključuje) i gubitak vode evaporacijom s površine tla.



Izvor: Scherer, 2019.

Slika 37. Prosječne dnevne količine iskorištene vode kod graha

Kapacitet tla za vodu

Dubina tla i kapacitet tla za vodu (vododržnost tla) imaju veliku ulogu u određivanju vremena i norme navodnjavanja. Kapacitet tla za vodu uvelike ovisi o teksturi tla (Tablica 8.), iako drugi čimbenici – poput sadržaja organske tvari i volumne gustoće također značajno utječu na kapacitet tla za vodu. Što je kapacitet tla za vodu veći, to je potreba za navodnjavanjem rjeđa (manja frekvencija navodnjavanja). Poznavanje teksture tla i kapaciteta tla za vodu, važno je za određivanje frekvencije i norme navodnjavanja. Ako je proizvodna površina heterogena u pogledu tipa tla, navodnjavanje je potrebno uskladiti prema onom tipu tla koji je najosjetljiviji na nedostatak vode.

Tablica 8. Približne vrijednosti kapaciteta tla za vodu s obzirom na klasifikaciju tla prema teksturi

Tekstura tla	Pristupačna voda	
	mm/cm	mm/m
Grubi pijesak	0,2 – 0,6	20 – 60
Pijesak	0,4 – 0,9	40 – 90
Ilovasti pijesak	0,6 – 1,2	60 – 120
Pjeskovito ilovasto	1,1 – 1,5	110 – 150
Ilovasto i praškasto ilovasto	1,7 – 2,3	170 – 230
Glinasto ilovasto i praškasto glinasto ilovasto	1,4 – 2,1	140 – 210
Praškasto glinasto i glinasto	1,3 – 1,8	130 – 180

Izvor: Scherer, 2019.

Poželjno je da je u vrijeme sjetve graha količina vode u tlu blizu poljskog kapaciteta tla za vodu. Poljski kapacitet tla za vodu količina je vode koju tlo zadržava svojim silama, obično 24 h nakon obilnih oborina koje saturiraju tlo vodom. U prirodnim uvjetima, nakon obilnih oborina tijekom jeseni, zime i ranog proljeća tlo sadrži dovoljnu količinu vode (blizu poljskog kapaciteta). Takva rezerva vode u tlu služi biljkama tijekom faza intenzivnog porasta. Ako se grah uzgaja na plitkim tlima (30 – 50 cm), ispod kojih se nalazi grubi pijesak ili šljunak, biljke će imati reduciranu zonu u kojoj se razvija korijen. Takva tla imaju manji kapacitet za skladištenje vode u usporedbi s dubokim tlima, te zahtijevaju učestalija navodnjavanja s manjim količinama vode koja se dodaje u jednom navodnjavanju (20 mm).

U periodu prije cvatnje i u periodu nakon što većina mahuna završi punjenje, grah je relativno otporan na sušu (Slika 37.). Tada može izdržati gubitak vode od 50 – 60 % od kapaciteta tla za vodu. U fazi cvatnje treba primijeniti navodnjavanje kada vlaga tla padne za 50 % od kapaciteta tla za vodu. Stoga navodnjavanje treba započeti nakon nicanja kada vlaga tla padne za 50 – 60 %, a nakon cvatnje onda kada padne za 40 – 50 % od kapaciteta tla za vodu. S navodnjavanjem treba završiti kad se pune zadnje mahune. Kasnija navodnjavanja mogu usporiti dozrijevanje. Najčešće se primjenjuje 20 – 25 mm vode po navodnjavanju,

uz frekvenciju od tri (3) dana. Važno je pratiti stanje vlažnosti tla tijekom cvatnje jer je to kritični period u kojem nedostatak vode uzrokuje najveći pad prinosa. Međutim, ako se na proizvodnoj površini javlja bijela trulež (*Sclerotinia sclerotiorum* Lib.), preporučuje se dobro natopiti tlo prije same cvatnje, a tijekom cvatnje izbjegavati prskanje vode po biljci.

Neke preporuke za navodnjavanje graha:

- navodnjavanje treba prilagoditi kako bi se smanjio intenzitet bolesti, a ne kako bi se postigao maksimalni prinos
- ako se tlo nakon sjetve prosuši, doći će do pada prinosa i produžiti će se period zrenja za 15-ak dana
- ne smije se dopustiti pretjerano isušivanje tla prije i tijekom cvatnje; navodnjavanje izrazito suhog tla može izazvati šok i odbacivanje cvata
- ne treba navodnjavati, ako su najniži listovi na biljci još uvijek mokri od kiše ili od prethodnog zalijevanja
- kako bi se izbjegla bijela trulež treba izbjegavati učestala navodnjavanja s malim količinama vode; treba primijeniti minimalno 20 – 25 mm vode po jednom navodnjavanju (mokro tlo također doprinosi jačem razvoju bijele truleži)
- pred kraj vegetacije navodnjavanje usporava dozrijevanje
- navodnjavanje treba prestati kada je 50 % listova na biljci žuto ili kada je 80 % mahuna žuto i počelo dozrijevati.

Vrlo je važno utvrditi optimalni trenutak za početak i završetak navodnjavanja. Tlo u zoni korijena predstavlja rezervoar koji opskrbljuje biljke vodom. Količina vode u tom dijelu tla predstavlja kriterij za donošenje odluke o navodnjavanju. Postoje različiti uređaji koji se

moгу koristiti za procjenu količine vode u tlu, kao što su tenziometri i različiti prijenosni senzori. Najjeftinija je i najčešće korištena metoda ona ručna, kod koje se uzorci tla uzimaju s različitih dubina te se stiskanjem tla na dlan procjenjuje sadržaj vode u tlu. Međutim, za tu je metodu potrebno iskustvo. Kod određivanja vremena navodnjavanja potrebno je kontinuirano praćenje stanja vlažnosti tla gotovo svaki dan, a mjerenja treba obaviti na više lokacija na parceli.

Druga metoda određivanja vremena navodnjavanja temelji se na procjeni dnevne količine vode koju usjev iskoristi i praćenja količine oborina. Navodnjavanje se vrši kako bi se nadoknadio nedostatak vlage u tlu. Procjena dnevne količine usvojene vode od strane usjeva graha, temelji se na praćenju maksimalnih dnevnih temperatura (Tablica 9.).

Tablica 9. Prosječna potrošnja vode kod graha temeljem maksimalne dnevne temperature, razvojne faze i dana nakon nicanja (mm/dan).

Maks. temperatura (°C)	Tjedan nakon nicanja												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10 – 15	0,5	0,8	1,0	1,3	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,8	1,3
15 – 20	1,0	1,3	1,5	2,0	2,8	3,3	3,6	3,6	3,3	3,3	3,3	2,8	2,0
20 – 25	1,3	1,5	2,3	3,0	3,8	4,5	4,8	4,8	4,8	4,5	4,3	3,8	2,8
25 – 30	1,5	2,0	2,8	3,8	4,8	5,8	6,4	6,4	5,8	5,8	5,6	4,8	3,6
>30	2,0	2,5	3,5	4,5	5,8	7,1	7,6	7,6	7,4	7,4	6,8	6,1	4,3

Izvor: Scherer, 2019.

5.3. Zaštita graha od bolesti i štetnika

Jedna je od najvažnijih preventivnih mjera u zaštiti od bolesti i štetnika plodored. U proizvodnji graha preporučuje se trogodišnji plodored, a ako se na proizvodnoj parceli često javlja bijela trulež (*Sclerotinia sclerotiorum* Lib.), preporučuje se četverogodišnji plodored. Osim plodoreda važna je i prostorna izolacija jer mnoge bolesti stvaraju velike količine spora koje se lako prenose s jedne na drugu proizvodnu površinu. Bolesti koje se lako prenose sporama na velike

udaljenosti ranije su već spomenuta – bijela trulež i hrđa (*Uromyces appendiculatus* Pers.). Zbog toga je za uzgoj graha važan i izbor parcela. Treba izbjegavati uzgoj na parcelama u blizini onih na kojima se prethodne vegetacije pojavila jaka zaraza navedenim bolestima. Također je važno prilagoditi i navodnjavanje kako bi se smanjio razvoj i intenzitet bolesti. Plodored vrlo dobro i preventivno štiti grah od nekih štetnika, poput cistolike nematode soje (*Heterodera glycines* Ichinohe). Kad je u pitanju izbor plodoreda najvažnije je posvetiti pažnju izboru kultura koje su loš domaćin za bijelu trulež, cistoliku nematodu soje i trulež korijena (*Rhizoctonia solani* Kuhn).

U zaštiti i sprečavanju razvoja bolesti i štetnika potreban je stalni nadzor i praćenje zdravstvenog stanja. Jedino je stalnim pregledima biljaka moguće na vrijeme uočiti pojavu bolesti ili napad štetnika te pravovremeno reagirati. Također je potrebno voditi evidenciju pojave bolesti i štetnika na proizvodnoj parceli, tzv. „povijest proizvodne površine” kako bi se moglo utvrditi koje su najčešće i najznačajnije bolesti i štetnici te njima prilagoditi plodored i druge preventivne mjere. Zbog zelenog plana Europske Unije, stanje s registriranim fungicidima, insekticidima i herbicidima mijenja se iz vegetacije u vegetaciju te je najbolje, prije početka vegetacije, posjetiti FIS portal za više informacija (<http://fisportal.mps.hr/hr/sve/obavijesti/>).

5.4. Bolesti graha i njihovo suzbijanje

Naziv bolesti: Bijela trulež; Uzročnik: Sclerotinia sclerotiorum Lib.

Bijela je trulež gljivična bolest koju uzrokuje patogen *Sclerotinia sclerotiorum* i jedna od najznačajnijih bolesti graha. Pojavi ove bolesti pogoduje hladno i vlažno vrijeme tijekom cvatnje graha. Zaraženo tkivo graha postane sivo do smeđe, a može biti prekriveno bijelom prevlakom te se pred kraj vegetacije može početi ljuštiti (Slika 38.).

Unutar zaraženog tkiva gljiva proizvodi čvrste strukture – sklerocije, koji su izvana crni, dok im je unutrašnjost bijela do ljubičasta. Nakon što se zaraženo tkivo biljke oljušti i otpadne, ili nakon odumiranja biljke sklerociji otpadaju i ostaju u tlu, oni su izvor novih infekcija tijekom sljedećih vegetacija. Sklerociji u tlu mogu ostati vijabilni nekoliko godina. U vlažnim uvjetima tijekom proljeća i ljeta sklerociji mogu razviti plodna tjelešca koja se nazivaju apoteciji. Na apotecijima



Slika 38. Bijela trulež na mahunama

stabljike venu. Za suhog vremena napadnuto tkivo postaje izbljedadelo, srebrnkasto-bijele boje. Ljušti se epiderma zaraženog tkiva, a na unutarnjoj strani mogu se vidjeti sklerociji. Zaraženo je sjeme kredaste konzistencije, bezbojno i lagano, a sklerociji se mogu naći u mahunama.

Zaštita se temelji na poštivanju plodoreda (3 – 4 godine), izbjegavanju soje i suncokreta u plodoredu i suzbijanju korova. Fungicidi se primjenjuju na početku cvatnje. U uvjetima koji pogoduju razvoju bolesti (hladno i vlažno vrijeme) primjena fungicida može se ponoviti za 10 – 15 dana. Moguća je i primjena biološkog suzbijanja koje se temelji na upotrebi pripravaka na bazi gljive *Coniothyrium minitans*. Takvi se pripravci unose u tlo u jesen.

Bijela trulež, osim graha, napada i mnoge druge kulture i širokolisne korove. Stoga je, osim plodoreda, važno i suzbijanje korova u grahu, kao i u pretkulturama. Na bijelu su trulež vrlo osjetljive kulture: suncokret (*Helianthus annuus* L.), soja (*Glycine max* (L.) Merr.), grašak (*Pisum sativum* L.), krumpir (*Solanum tuberosum* L.), gorušica (*Brassica* sp.) i lucerna (*Medicago sativa* L.). Dobre su pretkulture koje smanjuju zaraze bijelom truleži kukuruz (*Zea mays* L.) i različite žitarice.

nastaju spore (askospore), koje se šire vjetrom i najčešće se naseljavaju na ocvala tkiva graha. Nakon razvoja na mrtvim dijelovima cvata, patogen se brzo širi na zdrave zelene dijelove biljke. Stoga se period cvatnje smatra najosjetljivijom fazom za zarazu ovim patogenom te se suzbijanje primjenom za tu namjenu registriranih fungicida preporučuje samo u vrijeme cvatnje. Za vlažnog vremena zaraženo tkivo postaje tamno smeđe boje i mekano, često prekriveno bijelim prevlakama nalik na plijesan. Nakon nekog vremena vidljive su sitne crne točkice (sklerociji). Zaraženi listovi postaju žuti, a

Naziv bolesti: Hrđa; Uzročnik: Uromyces appendiculatus Pers.

Hrđa je česta bolest graha koju uzrokuje patogen *Uromyces appendiculatus*. Ova bolest može uzrokovati i potpuni gubitak prinosa. Gljiva stvara diskretne male pustule ispunjene crvenkasto-smeđim sporama (urediniosporama). Na licu lišća javljaju se vrlo sitne pustule okružene žutim vijencem. Na naličju lista pustule su nešto veće, uzdignutije od površine lista, a pomoću prsta spore se lako rune s površine. Vjetar raznosi takve spore vrlo daleko. Infekcijama pogoduju magle i dugotrajna rosa. Ciklusi novih infekcija mogu se javljati svakih 10 – 14 dana, stoga zaraza vrlo brzo može napredovati. Pustule probijaju površinu lista zbog čega list ubrzano gubi vodu i isušuje se. Krajem vegetacije javljaju se crne spore (teliospore). Obje vrste spora prezimljavaju na biljnim ostacima i izvor su infekcija sljedeće godine.

Zaštita se temelji na upotrebi otpornih ili tolerantnih kultivara, no javljaju se i novi sojevi patogena. Osim toga, preporučuje se uništavanje samoniklih biljaka graha na kojima se mogu javljati hrđe (i druge bolesti). Upotreba fungicida učinkovita je, uz uvjet da se bolest uoči na vrijeme. Stoga je redoviti pregled usjeva vrlo bitan. Bolest se počinje razvijati u plješinama te je važno rano otkriti žarišta bolesti. Prvi simptomi javljaju se na naličju donjih listova graha. Fungicidi se primjenjuju odmah nakon što se utvrdi infekcija. Nakon faze R7 nije više potrebna primjena fungicida protiv ove bolesti.

Naziv bolesti: Trulež korijena; Uzročnici: Fusarium sp., Rhizoctonia sp. i Pythium sp.

Trulež korijena zajednički je naziv za bolest koju izaziva veći broj različitih zemljišnih gljivičnih patogena, kao što su rodovi: *Fusarium sp.*, *Rhizoctonia sp.* i *Pythium sp.* Uzročnici truleži korijena



izazivaju različite simptome; od venuća, zaostajanja u rastu, truljenja, rak i sl. *Fusarium* se javlja u suhim godinama, a vidljiva je u obliku smeđih lezija i smeđenja korijena. *Rhizoctonia* se javlja u toplim vlažnim tlima; i kad se grah uzgaja u plodoredu sa sojom i šećernom repom. *Phytmium* se javlja u vlažnim tlima. Izaziva meku smeđu trulež korijena, a korijen može biti šupalj. Zaštita se temelji na plodoredu, korištenju zdravog sjemena te tretiranju sjemena fungicidima. Sojevi poput *Rhizoctonia* solani, koji izazivaju trulež korijena graha, napadaju i soju, šećernu repu (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* L.), leću (*Lens culinaris* Medik.) i lan (*Linum usitatissimum* L.). Stoga se na površinama sklonim pojavi ove bolesti trebaju izbjegavati navedene kulture kao pretkulture grahu.

Naziv bolesti: Smeđa pjegavost ili Antraknoza; Uzročnik: Colletotrichum lindemuthianum Sacc. & Magnus

Smeđa pjegavost ili antraknoza gljivična je bolest koju uzrokuje *Colletotrichum lindemuthianum* Sacc. & Magnus. Uzročnik antraknoze prezimljava u sjemenu i vegetativnim ostacima graha. Najveće štete javljaju se ako se zaraza javi rano u vegetaciji, stoga su najštetnije zaraze iz sjemena. Pojavi bolesti pogoduje hladno i vlažno vrijeme. Prvi simptomi javljaju se u vidu duguljastih, linearnih, tamnih lezija duž žila na naličju lista. Kasnije se te lezije mogu vidjeti i na licu lista, peteljka i stabljikama. Simptome mogu prikriti drugi abiotski ili biotski čimbenici. Na mahunama su simptomi vidljivi u vidu crveno-smeđih, rakastih krugova. Zaraženo se tkivo širi i krugovi se spajaju. Za vlažnog vremena središte rakastih krugova može biti ispunjeno sporama bež do ljubičaste boje. Na mahunama antraknoze simptomi su slični simptomima koje izazivaju bakterijske paleži. Na sjemenu se javlja obezbojenost, do simptoma sličnih onima na mahunama. Ponekad na sjemenu nije vidljiva zaraza, odnosno zaraženo sjeme može izgledati zdravo. Stoga treba biti pažljiv, jer je takvo sjeme izvor zaraze ako se koristi za sjetvu.

Kad se pojavi bolest, vrlo brzo dolazi do širenja zaraze vodom ili prolaskom mehanizacije. Zaštita se temelji na korištenju zdravog, certificiranog sjemena. Tretiranje sjemena fungicidima može smanjiti intenzitet zaraze, no ni jedan fungicid za tretiranje sjemena ne uklanja zarazu u potpunosti, jer se patogen nalazi u kotiledonima i embriju. Fungicidi se koriste preventivno u početku cvatnje i za 10 – 14 dana, te se time značajno smanjuje broj zaraženih mahuna i sjemena, no ni tada ni jedan fungicid ne pruža potpunu zaštitu. Treba izbjegavati ulazak u usjeve kada su biljke mokre te poštivati plodored.

Naziv bolesti: Bakterijske paleži; Uzročnici: Xanthomonas axonopodis pv. phaseoli, X. fuscans subsp. fuscans i Pseudomonas syringae p.v. phaseolica

Bakterijske paleži bakterijske su bolesti uzrokovane fitopatogenim bakterijama *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, *X. fuscans* subsp. *fuscans* (bakteriozna pjegavost) i *Pseudomonas syringae* p.v. *phaseolica* (bakteriozna prstenasta pjegavost). Pojavi bakterijskih paleži pogoduje vlažno vrijeme, a zaraza se širi kišom. Jače se zaraze javljaju kod mehaničkih oštećenja lišća i drugih organa. Simptomi bakteriozne pjegavosti javljaju se u vidu vlažnih pjega na lišću i na mahunama. Na tim se pjegama za vrijeme vlažnog vremena javlja eksudat bakterija. Preko zaraženih mahuna bakterije se prenose na sjeme te se zaraza dalje prenosi sjemenom. Potrebno je upotrebljavati zdravo, certificirano sjeme i paziti na plodored. Fungicidi ne djeluju na bakterije, no preparati na bazi bakra mogu smanjiti zarazu. U nekim studijama korišteni su preparati na bazi vodikovog peroksida.

Slika 39. Virusna bolest na listu graha



U sjemenskim se usjevima graha provodi fitosanitarni nadzor na bakterije roda *Xanthomonas* te je za sjeme potrebna biljna putovnica (<https://www.hapih.hr/czb/biljne-putovnice/>). Dvije vrste bakterija roda *Xanthomonas* (*X. pv. phaseoli* i *X. fuscans subsp. fuscans*) ne smiju biti prisutne na sjemenu graha. Da bi se to osiguralo, potrebno je ispuniti određene uvjete koji se odnose na mjesto proizvodnje ili postupke vezane na mjesto proizvodnje:

- sjeme graha mora se proizvoditi na područjima za koja je poznato da su slobodna od štetnih organizama *Xanthomonas* sp. ili je
- za usjev iz kojeg je sjeme dobiveno vizualnim pregledom u odgovarajućim periodima tijekom vegetacijske sezone ustanovljeno da je slobodan od štetnih organizama *Xanthomonas* sp. ili je
- sjeme graha laboratorijski ispitano na prisutnost štetnih organizama *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, *Xanthomonas fuscans* subsp. *fuscans* te je testiranjem utvrđeno da je slobodno od navedenih štetnih organizama.

Virusne bolesti graha

Postoji veći broj virusnih bolesti graha (Slika 39.). Za područje Hrvatske najvažniji su virus običnog mozaika graha (*bean common mosaic virus*) i virus žutog mozaika graha (*bean yellow mosaic virus*).

Virus običnog mozaika graha (bean common mosaic virus, akronim BCMV)

Rasprostranjen je po čitavom svijetu, a ovisno o kultivaru i vremenu pojave zaraze pad prinosa može biti 6 – 98 %. Simptomi se javljaju na listovima u obliku nepravilnih tamno zelenih i svjetlo zelenih područja (prošarano poput mozaika; naziv virusa). Listovi se deformiraju, rubovi se listova uvijaju, plojka je naborana te se javljaju nepravilne izbočine lista. Kod ranih zaraza biljke zaostaju u razvoju, kržljave su i žute. Kod nekih kultivara dolazi do sistemskih nekroza žila: na listovima, stabljikama, mahunama i korijenju, a kod drugih se mogu javiti i nekrotične lezije. Zaražene su mahune kraće, blijede, klorotične i staklastog su odsjaja. Virus prezimljava

na korovnim domaćinima ili u zaraženom sjemenu. Na veće udaljenosti širi se sjemenom, a lokalne zaraze odvijaju se mehaničkim ozljedama, polenom, ali se najčešće virus prenosi s više vrsta lisnih uši. Simptomi mozaika najizraženiji su pri temperaturi od 20 – 25 °C, a sistemične nekroze žila pri 26 – 32 °C. Zaštita se svodi na korištenje zdravog sjemena i suzbijanje uši, vektora virusa. Postoje i otporni, odnosno tolerantni kultivari.

Virus žutog mozaika graha (bean yellow mosaic virus, akronim BYMV)

Prisutan je praktično u svim uzgojnim regijama graha. Kod jakih zaraza može doći do smanjenja prinosa za 30 – 40 %. Tipični simptomi uključuju otpadanje plojki lista te intenzivnu prošaranost lista žutim i zelenim pjegama (naziv virusa). Biljke ostaju male i pojačane razgranatosti (grmolike). Neki sojevi virusa izazivaju purpurna obojenja pri bazi donjih listova i žila, nekroze stabljika i peteljka ili lokalne lezije na listovima. Mahune ostaju kratke i deformirane. Za razliku od virusa običnog mozaika graha, ovaj se virus ne prenosi sjemenom. Međutim, vrlo se lako prenosi mehaničkim putem i putem lisnih uši, jer ima velik broj domaćina i među korovnim vrstama. Zaštita se svodi na uništavanje korova i suzbijanje uši. Postoje i neki otporni, odnosno tolerantni kultivari.



Trenutno registrirani fungicidi na hrvatskom tržištu za suzbijanje gljivičnih uzročnike bolesti u grahu prema Ministarstvu poljoprivrede (<https://fis.mps.hr/trazilicaszb/>) prikazani su Tablicom 10.

Tablica 10. Registrirani fungicidi u Republici Hrvatskoj s preporučenim dozama i vremenom primjene i djelovanjem na gljivične uzročnike bolesti

Naziv	Aktivna stvar	Djelovanje	Bolesti	Način primjene	Doza
Microthiol Special Disperss	Sumpor	Kontaktno	Pepelnice (<i>Leveillula taurica</i>) (<i>Erysiphe polygoni</i>) (<i>Erysiphe pisi</i>)	Sredstvo se smije primijeniti 8 puta tijekom vegetacije, uz uobičajeni razmak od 7 do 10 dana između primjena. Karenca: osigurana vremenom primjene	Primjenjuje se u količini od 3 – 4 kg ha ⁻¹ uz utrošak vode 200 – 800 l ha ⁻¹
Apron XL 350 ES	Metalaksil-M	Sistemično	Pythium	Primjenjuje se tretiranjem sjemena. Sjeme tretirano aktivnom tvari Metalaksil-M, ne smije se sijati na otvorenom prostoru nakon 1. 6. 2021.	U količini od 1 ml sredstva na 1 kg sjemena
Champion WG 50	Bakarni hidroksid	Kontaktno	Bakterijska pjegavost (<i>Xanthomonas campestris</i>)	Maksimalni broj tretiranja u sezoni: 1 Karenca: 28 dana	—
Kumulus, Chromosul 80	Sumpor	Kontaktno	Pepelnica (<i>Erysiphe pisi</i>)	Količinu sredstva potrebno je prilagoditi razdoblju vegetacije, pritisku bolesti i osjetljivosti kultivara. Sredstvo se smije primijeniti 8 puta tijekom vegetacije, uz uobičajeni razmak od 7 do 10 dana između primjena. Karenca: osigurana vremenom primjene	Primjenjuje se u količini od 3 – 4 kg ha ⁻¹ uz utrošak škropiva 500 – 1000 l ha ⁻¹
Neoram WG	Bakarni oksiklorid	Kontaktno	smeđa pjegavost/ antraknoza (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>) palež (<i>Ascochyta pisi</i>) hrđe (<i>Uromyces</i> spp.) bakterioze (<i>Xanthomonas</i> spp.) bakterioze (<i>Pseudomonas</i> spp.)	Tretirati kada nastupe uvjeti pogodni za razvoj bolesti, a najkasnije u fazi rasta plodova. Može se primijeniti najviše 6 puta godišnje u intervalima od najmanje 3 dana.	Primjenjuje se u koncentraciji 0,15–0,2% (150–200 g/100 l vode) i uz utrošak 400–800 l škropiva ha ⁻¹

Pyrus 400 SC	Pirimetanol	Inhibitorno	siva plijesan (<i>Botrytis cinerea</i>)	Može se primijeniti najviše dva puta godišnje na istoj površini. Karenca: 14 dana.	U količini 1,5 l/ha uz utrošak 150 – 400 l škropiva ha ⁻¹
Sygnum	Piraklostrobin Boskalid	—	siva plijesan (<i>Botrytis cinerea</i>) Hrđa (<i>Uromyces appendiculatus</i>)	Tretiranje se može ponoviti za 3-4 tjedna. Sredstvo se na istoj površini smije primijeniti u količini od najviše 2 puta i to u količini do 6 kg ha ⁻¹ tijekom godine. Na prve znakove infekcije ili kada su uvjeti povoljni za razvoj bolesti. Kako bi se spriječilo stvaranje rezistentnosti primijeniti sredstvo izmjenično sa sredstvima drugačijeg mehanizma djelovanja. Karenca: 21 dan	Maksimalno 6 kg ha ⁻¹ u godini. Utrošak škropiva pri primjeni 200-300 l ha ⁻¹ .
Switch	Ciprodinil Fludioksonil	—	bijela trulež (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) siva plijesan (<i>Botrytis cinerea</i>)	Na prve znakove infekcije ili kada su uvjeti povoljni za razvoj bolesti. Maksimalni broj tretiranja u sezoni: 2 Karenca: 28 dan	60-100 g u 100 l. Utrošak škropiva od 800 l ha ⁻¹ .
Tazer, Azbanj Aztek 250 SL	Azoksistrobin	Sistemik	smeđa pjegavost/ antraknoza (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>) hrđa (<i>Uromyces viciae-fabae</i>) palež (<i>Ascochyta pisi var. foliicola</i>)	Dopuštena su dvije primjene u vegetacijskoj sezoni u vremenskim razmacima od 8-14 dana. Sredstvo se primjenjuje kod prve pojave bolesti. Karenca: 7 dana	1,0 l ha ⁻¹ uz utrošak škropiva od 600 l ha ⁻¹

Izvor: <https://fis.mps.hr/trazilicaszb/>

5.5. Štetnici graha i njihovo suzbijanje

Cistolika nematoda soje (Heterodera glycines Ichinohe)

Osim soje napada i grah. Nematode preživljavaju u obliku jaja, često zaštićene unutar ciste. Nakon što se izlegnu, nekoliko se puta presvlače. Ličinke drugog stupnja vrše infekcije korijena i stvaraju fertile ženke. Ženke se hrane na korijenju, sišu sokove, a nakon parenja se u njima razvijaju jajašca, zbog čega se debljaju i stvaraju ciste. Svaka ženka stvori oko 200 jajašaca i tek kad

zadeblja vidljiva je golim okom kao sitna bijela okruglasto-limunasta cista. S vremenom ciste postanu smeđe i odumiru. U povoljnim uvjetima životni ciklus im se ponavlja svakih 24 dana. Simptomi se najčešće javljaju u vidu plješina na parceli, na kojima dolazi do kržljanja i žućenja biljaka. Nematode se šire s polja na polje pomoću opreme (tla zaostalog na opremi) obradom, ali i pomoću erozije, vjetrova, ptica i sl. Da bi se utvrdila prisutnost nematoda na proizvodnoj površini, uzima se uzorak tla koji analiziraju stručnjaci.

Zaštita se temelji na preventivnim mjerama sprečavanja širenja zaraze pomoću opreme. Treba čistiti plugove i drugu opremu kada se premješta s parcele na parcelu. Važan je i plodored i uništavanje samoniklih biljaka graha i soje, kao i korova. Može se koristiti i tretiranje sjemena nematocidima. S obzirom da je cistolikoj nematodi, osim soje domaćin i grah, izbjegavanje uzgoja ovih kultura u dvije uzastopne godine značajno smanjuje njenu brojnost, a time ujedno i nastale štete.

Sovice pozemljuše (Lepidoptera: Noctuidae)

Sovice su gusjenice, golog tijela (bez dlačica) zelenkaste, sive i smeđe boje (boje tla). Pri dodiru svinu se u klupko. Danju se skrivaju ispod otpalog lišća i grudica tla, a noću ili za oblačnih dana izlaze i hrane se nižim dijelovima biljke. Imaju šest razvojnih stadija i u konačnici mogu narasti od 3 do 5 cm. Zbog toga što su danju skrivene, a noću se hrane, često se primijete tek kad učine veće štete. Najveće štete rade mladim biljkama graha. Periodički su štetnici. Leptiri polažu jaja u tlo, a privlače ih zakorovljeni usjevi, stoga su u zakorovljenim usjevima veće populacije sovica. Međutim, sovice rade manje štete kulturi u zakorovljenim usjevima jer se hrane korovima. Za uspješno suzbijanje važno je pratiti njihovu brojnost, jer su vrlo proždrljive i brzo čine velike štete. Uz to, kasniji razvojni stadiji gusjenica teže se suzbijaju. Suzbijanje se preporučuje kad se pronade 1 – 2 gusjenice sovica na m².

Žičnjaci (Elateridae)

Žute, izdužene (15 – 30 mm) i tvrde ličinke, čiji se odrasli oblici nazivaju klisnjaci – to su sitni kukci izduženog tijela (7 – 15 mm) tamne boje koji ne rade štete. Ličinke (žičnjaci) žive u tlu

i hrane se korijenjem različitih biljaka. Naročito su štetni za biljke širokog sklopa, u suhim uvjetima i tamo gdje nema korova. Suzbijanje se provodi preventivno, odnosno prije sjetve. Njihova se brojnost povećava s primjenom reducirane obrade tla i *no-till* sustava. Suzbijanje mora biti temeljeno na poznavanju broja žičnjaka u tlu, stoga je potrebno trajno motriti stanje brojnosti. Postupak utvrđivanja brojnosti nije nimalo lak. Pregled tla obavlja se prije sjetve kopanjem jama 25 x 25 cm na težim tlima ili 50 x 50 cm na lakšim tlima, do dubine 25 cm. Iskopano se tlo vadi na plastičnu foliju, drobi i pregledava. Treba usitniti svaki agregat tla veći od 1 cm. Brojanjem žičnjaka utvrđuje se njihov broj. Kako bi se utvrdio broj žičnjaka na m² ukupni broj žičnjaka množi se sa 16 ako su korištene jame 25 x 25 cm ili s četiri (4), ako su korištene jame 50 x 50 cm. Broj iskopanih jama po parceli ovisi o veličini i homogenosti parcele. Za male parcele (do 1 ha) treba 5 – 8 jama, a za parcele 1 – 5 ha treba 10 jama. Odlučuje se kada se utvrdi 3 – 5 žičnjaka po m², u vlažnijim područjima te 1 – 3 žičnjaka po m² u aridnim područjima. Moguća je i primjena zemljišnih insekticida ili tretiranje sjemena insekticidima.

Lisne uši (Aphididae)

Zelena graškova lisna uš (*Acyrtosyphon pisi* Harr.), crna bobova uš (*Aphis fabae* Scopoli), osim graha, napadaju i brojne druge kulture. Osim izravnih šteta koje čine bodenjem i sisanjem biljnih sokova što izaziva zaostajanje u rastu i kovrčanje listova, prenose i važne biljne viruse. Obično se nalaze na naličju lista uz žile. Uši izlučuju mednu rosu (slatku ljepljivu tekućinu) zbog čega se na lišću graha mogu pojaviti gljive čađavice (prljavo crne prevlake na lišću). Suzbijanje se preporučuje kad se na jednoj biljci utvrdi više od 30 jedinki.

Gusjenice koje se hrane lišćem (Lepidoptera)

Gusjenice različitih vrsta koje se osim graha hrane i lišćem drugih biljnih vrsta rijetko čine veće štete. Kako bi se utvrdila njihova prisutnost treba pregledavati biljke, najčešće donje i srednje lišće. Često se zadržavaju na naličju lista. Hraneći se lišćem ponekad prave štete i mahunama. Prilikom hranjenja lišćem često ostavljaju samo žile. Kako bi se utvrdila brojnost ovih gusjenica stavlja se plahtha ispod biljaka i biljke se jako otresu. Nakon trešnje, utvrdi se broj gusjenica po

biljci ili po m². Tretiranje protiv tih gusjenica potrebno je (samo u godinama s jakim napadom tj velikim brojem) 30-ak jedinki po dužnom metru reda.

Skakavci (Orthoptera: Acrididae)

Skakavci napadaju različite biljne vrste, a hrane se griženjem listova i drugih biljnih dijelova (kod graha napadaju i mahune). Obično se napad najprije javlja uz rubove parcela. Teško je utvrditi brojnost skakavaca zbog njihove aktivnosti i brzine. Za utvrđivanje njihove brojnosti koriste se lovne mreže (entomološke lovne mreže) promjera 35 cm. Broj skakavaca uhvaćen pomoću četiri zamaha mrežom, smatra se brojem skakavaca po m². Kritičnim brojem smatra se ulov od 30 – 40 ličinki ili 8 – 10 odraslih po m² u polju (50 – 70 ličinki i 20 – 40 odraslih po m² na rubovima polja).

Obični crveni pauk (Tetranychus urticae Koch)

Obični crveni pauk ili koprivina grinja polifag je koji se hrani na više od 200 različitih biljaka sisanjem biljnih sokova. Najveće štete čini u suhim i toplim uvjetima. Ima 6 – 10 generacija godišnje. Jedinke su vrlo sitne (oko 0,6 mm), žute do narančaste boje s dvije tamne pjege na leđima. Mogu se utvrditi ako se lišće otrese na komad papira. Zaraženo lišće puno je svijetlih, bjeličastih točkica koje se spajaju, lišće postaje brončano, prošarano (mramorirano), a kasnije se suši i otpada. Štetnik se sporo širi unutar polja pa se najčešće početak zaraze vidi u obliku plješina (žarišta). Suzbijanje je najbolje provesti lokalizirano kada se utvrde žarišta. Insekticidi daju kratkotrajnu zaštitu (7 – 10 dana), stoga se preporučuje ponovljeno tretiranje, insekticidom drugačijeg djelovanja (kako bi se spriječio razvitak rezistentnosti). Prilikom tretiranja treba utrošiti veliku količinu škropiva (dobro prekriti biljku).

Grahov žižak (Acanthoscelides obtectus Say)

Napada sjeme graha, ali i boba, graška i leće. Odrasli su žižci smeđi, prekriveni sivo-smeđim dlačicama, dugi 3,5 – 4,5 mm. Ličinka je bijela, zbijena, svijena, beznoga. Napada grah tijekom cijele godine – u polju i u skladištu. Ženka odlaže 50 – 70 jaja između zrna ili na sama zrna.

Nakon izlaska iz jaja ličinke imaju tri para nogu i kreću se vrlo brzo. Ubušuju se u sjeme graha, nakon čega se presvlače 4 puta i gube noge. Ličinka se hrani u unutrašnjosti sjemenke, a zaraza je vidljiva po tamnim mrljama na sjemenu graha.

Zaraženo sjeme nije prikladno za ljudsku prehranu, a ne preporučuje se ni sjetva takvog sjemena, jer se štetnik prenosi na polja. Zaštita se rijetko provodi u polju, samo ako je zaraza jača (više od 5 ličinki na 100 mahuna). Važna je i zaštita graha u skladištima. Zaštita u skladištima provodi se tretiranjem zidova skladišta insekticidima. Manje količine graha mogu se zaštititi zagrijavanjem graha na 65 °C tijekom 4 – 5 h ili zamrzavanjem graha.

Grahov žižak ne smije biti prisutan na sjemenu graha i podliježe fitosanitarnom nadzoru, <https://www.hapih.hr/czb/biljne-putovnice/>. Kako bi se spriječila prisutnost grahovog žiška na sjemenu graha, potrebno je ispuniti sljedeće uvjete:

- reprezentativni uzorak sjemena mnogocvjetnog i običnog graha (*Ph. coccineus*, *Ph. vulgaris*) vizualno je pregledan u optimalnom periodu za detekciju štetnog organizma *Acanthoscelides obtectus*, nakon čega može slijediti odgovarajuća mjera suzbijanja, ukoliko se procijeni potrebnim,
- za sjeme mnogocvjetnog i običnog graha vizualnim je pregledima utvrđeno da je slobodno od štetnog organizma *Acanthoscelides obtectus*.



Trenutno registrirani insekticidi na hrvatskom tržištu za suzbijanje štetnika u grahu prema Ministarstvu poljoprivrede (<https://fis.mps.hr/trazilicaszb/>) prikazani su Tablicom 11.

Tablica 11. Registrirani insekticidi u Republici Hrvatskoj s preporučenim dozama i vremenom primjene i djelovanjem na štetnike

Naziv	Aktivna stvar	Djelovanje	Bolesti	Način primjene	Doza
Decis 2,5 EC	Deltametrin	Kontaktno	crna repina (bobova) uš (<i>Aphis fabae</i>) graškova zelena uš/ zelena graškova lisna uš (<i>Acyrtosiphon pisum</i>) kukuruzni moljac (<i>Ostrinia nubilalis</i>) prugasta pipa mahunarka (<i>Sitona lineatus</i>) duhanov resičar (trips) (<i>Thrips tabaci</i>)	Primjenjuje se kod prve pojave štetnika. Može se primijeniti najviše 2 puta u razmaku od 14 dana. Maksimalni broj tretiranja u sezoni: 2 Karenca: 7 dana.	0,3-0,5 l ha ⁻¹
Decis 100 EC	Deltametrin	Kontaktno, Želučano	žuta kukuruzna sovica (<i>Helicoverpa (Heliothis) armigera</i>) zelena breskvina uš (<i>Myzus persicae</i>) lisne uši (<i>Aphis</i> spp.) sovice pozemljuše (<i>Agrotis</i> spp.)	Primjenjuje se kod prve pojave štetnika. Dozvoljene su maksimalno 2 primjene tijekom vegetacije u razmaku od 14 dana. Karenca: 7 dana.	0,075-0,125 l ha ⁻¹ uz utrošak škropiva 500-1000 l ha ⁻¹
Cyclon	Lambda-cihalotrin	Kontaktno, Želučano	prugasta pipa mahunarka (<i>Sitona lineatus</i>) crni graškov savi-jač (<i>Laspeyresia nigricana</i>) graškova zelena uš/zelena graškova lisna uš (<i>Acyrtosiphon pisum</i>)	Primjenjuje se pri pojavi štetnika. Za pipu se primjenjuje u fazi BBCH 9-13. Tretirati po preporuci savjetodavne službe. Ne tretirati u cvatnji u podnevnim satima kada su pčele najaktivnije. Može se primijeniti maksimalno 2 puta godišnje uz poštivanje razmaka između tretiranja od najmanje 7 dana. Karenca: 25 dana	0,1-0,12 l ha ⁻¹ uz utrošak škropiva 300-500 l ha ⁻¹
Rotor Super	Deltametrin	Kontaktno, Želučano	žuta kukuruzna sovica (<i>Helicoverpa (Heliothis) armigera</i>) zelena breskvina uš (<i>Myzus persicae</i>) lisne uši (<i>Aphis</i> spp.) sovice pozemljuše (<i>Agrotis</i> spp.)	Kod pojave štetnika. Može se primijeniti maksimalno 2 puta godišnje. Karenca: 7 dana.	300-500 ml ha ⁻¹ uz utrošak škropiva 500-1000 l ha ⁻¹

5.6. Suzbijanje korova

Suzbijanje korova preduvjet je ostvarivanja visokih prinosa graha. Suzbijanje korova u ranim je fazama razvoja graha vrlo važno jer se u tom periodu razvije korijenov sustav, a neke korovne vrste izlučuju spojeve koji negativno utječu na rast graha. Zakorovljenost u kasnijim fazama otežava proces žetve i vršidbe graha. Osim toga, korovi su konkurenti grahu (i drugim kulturama) za prostor, svjetlost, vodu i hranjiva te izravno smanjuju prinos. Nadalje, na korovima ili njihovim ostacima zadržavaju se i preživljavaju različiti uzročnici bolesti i štetnici.

U ovom poglavlju dajemo pregled trenutno registriranih herbicida u Republici Hrvatskoj. Prilikom odluke o primjeni nekog sredstva za zaštitu bilja, potrebno je koristiti ona sredstva koja imaju dozvolu za primjenu u datoj kulturi. U suprotnom može doći do neželjenih posljedica, poput fitotoksičnosti i/ili sadržaja nedopuštenih tvari u poljoprivrednom proizvodu. Mehaničko suzbijanje korova treba započeti prilikom pripreme površine za sjetvu te ju je moguće nastaviti sve do cvatnje. Najčešće se koristi međuredna obrada (kultivacija). Prilikom kultivacije treba paziti da se ne oštete biljke graha. Korovi se unutar reda mogu ručno čupati ili okopavati. Kemijska zaštita podrazumijeva primjenu herbicida koji se mogu aplicirati prije sjetve, nakon sjetve, ali prije nicanja i nakon nicanja graha (Slika 40.).



Slika 40. Kemijska zaštita usjeva graha herbicidima

Trenutno registrirani herbicidi na hrvatskom tržištu za suzbijanje korova u grahu prema Ministarstvu poljoprivrede (<https://fis.mps.hr/trazilicaszb/>) prikazani su Tablicom 12.

Tablica 12. Registrirani herbicidi s preporučenim dozama i vremenom primjene kao i djelovanjem na korovne vrste

Naziv	Aktivna stvar	Djelovanje	Korovi	Način primjene	Doza
Dual Gold	S-metolaklor	Sistemik	Vrlo dobro djeluje na: obični koštan (<i>Echinochloa crus-galli</i>), zeleni muhar (<i>Setaria viridis</i>), sivi muhar (<i>Setaria glauca</i>), pršljenasti muhar (<i>Setaria verticillata</i>), divlji sirak iz sjemena (<i>Sorghum halepense</i>), obična svračica (<i>Digitaria sanguinalis</i>). Dobro djeluje na: pravo proso (<i>Panicum miliaceum</i>), vlasasto proso (<i>Panicum capillare</i>). Smanjuje zakorovljenost i širokolisnim korovima.	Zemljišni, nakon sjetve a prije nicanja.	1,25 – 1,4 l ha ⁻¹ , Uz utrošak škropiva 200 – 300 l ha ⁻¹
Efica 960 EC	S-metolaklor	Sistemik	Jednogodišnji travni korovi	Zemljišni, nakon sjetve a prije nicanja.	3,6 – 6 l ha ⁻¹ , Uz utrošak škropiva 200 – 400 l ha ⁻¹
Dost 330 EC	Pendimentalin	Kontaktno	Jednogodišnji travni korovi: Mišji repak (<i>Alopecurus myosuroides</i>), obična svračica (<i>Digitaria sanguinalis</i>), koštan (<i>Echinochloa crus-galli</i>), muhari (<i>Setaria</i> spp.), američki proso (<i>Panicum dichotomiflorum</i>). Jednogodišnji širokolisni korovi: Šćirevi (<i>Amaranthus</i> spp.), pepeljuge (<i>Atriplex</i> spp.), europska bradavka (<i>Heliotropium europaeum</i>), obična rusomača (<i>Capsella bursa-pastoris</i>), bijela lobođa (<i>Chenopodium album</i>), mlječike (<i>Euphorbia</i> spp.), dimnjače (<i>Fumaria</i> spp.), poljska potočnica (<i>Myosotis arvensis</i>), jednogodišnja resulja (<i>Mercurialis annua</i>), mak turčinak (<i>Papaver rhoeas</i>), tušt (<i>Portulaca oleracea</i>), dvornici (<i>Polygonum</i> spp.), crna pomoćnica (<i>Solanum nigrum</i>), poljska čestika (<i>Thlaspi arvense</i>), mala kopriiva (<i>Urtica urens</i>), čestoslavice (<i>Veronica</i> spp.).	Zemljišni, nakon sjetve a prije nicanja.	3,6 – 6 l ha ⁻¹ , Uz utrošak škropiva 200 – 400 l ha ⁻¹
Agil 100 EC	Propakizafop	Sistemik	Jednogodišnji travni korovi, samonikle žitarice i višegodišnji travni korovi: sirak (<i>Sorghum halepense</i>), pirika (<i>Agropyron repens</i>)	Od faze 3 lista do busanja	Jednogodišnji 1 l ha ⁻¹ ; Za piriku 1,5 – 2 l ha ⁻¹

Select Super	Kletodim		<p>Jednogodišnji travni korovi: koštan (<i>Echinochola crus galli</i>), muharika (<i>Setaria</i> spp.), svračice (<i>Digitaria sanguinalis</i>), divlji prosa (<i>Panicum</i> spp.)</p> <p>Višegodišnji travni korovi: sirak (<i>Sorghum halapense</i>), pirika (<i>Agropyron repens</i>).</p>	Jednogodišnji travni korovi u fazi 2 – 3 lista. Višegodišnji travni korovi pri visini 10 – 20 cm.	Jednogodišnji 0,8 l ha ⁻¹ . Višegodišnji 1.6 – 2 l ha ⁻¹ .
Quick 5 EC	Kizalofop-P- etil	Sistemik	<p>Jednogodišnji i višegodišnji travni korovi</p>	Nakon nicanja kulture i korova. Od stadija dva lista kulture do kraja intenzivnog porasta stabljike (V2 – R1)	Jednogodišnji 1 – 2 l ha ⁻¹ , Višegodišnji 1 – 3 l ha ⁻¹ Uz utrošak škropiva 300 – 400 l ha ⁻¹
Wish Top	Kizalofop-P- etil	Sistemik	<p>Jednogodišnji travni korovi: mišji repak (<i>Alopecurus myosuroides</i>), obični koštan (<i>Echinochloa crus-galli</i>),</p> <p>Višegodišnji travni korovi: divlji sirak (<i>Sorghum halepense</i>), zubača (<i>Cymodon dactylon</i>)</p>	Nakon nicanja kulture i korova. Od stadija dva lista kulture do kraja intenzivnog porasta stabljike (V2 – R1)	Jednogodišnji 0,4 – 0,8 l ha ⁻¹ , Višegodišnji 0,4 – 1,25 l ha ⁻¹ Uz utrošak škropiva 200 – 400 l ha ⁻¹
Secure	Kizalofop-P- etil	Sistemik	<p>Jednogodišnji travni korovi: mišji repak (<i>Alopecurus myosuroides</i>), obični koštan (<i>Echinochloa crus-galli</i>) i dr.</p> <p>Višegodišnji travni korovi: divlji sirak (<i>Sorghum halepense</i>), zubača (<i>Cymodon dactylon</i>) i dr.</p>	Nakon nicanja kulture i korova. Od stadija dva lista kulture do kraja intenzivnog porasta stabljike (V2 – R1)	Jednogodišnji 0,4 – 0,8 l ha ⁻¹ , Višegodišnji 0,4 – 1,25 l ha ⁻¹ uz utrošak škropiva 200 – 400 l ha ⁻¹
Basagran 480	Bentazon	Kontaktne	<p>Jednogodišnji širokolisni korovi: Europski mračnjak (<i>Abutilon theophrasti</i>), obični šćir (<i>Amaranthus retroflexus</i>), ambrozija (<i>Ambrosia elatior</i> – do dva lista), jarmeni (<i>Anthemis</i> spp.), lobode (<i>Atriplex</i> spp. i <i>Chenopodium</i> spp. – do dva lista), pastirska torbica (<i>Capsella bursa-pastoris</i>), obična konica (<i>Galinsoga parviflora</i>), ljepeljiva bročika (<i>Galium aparine</i>), kamilice (<i>Matricaria</i> spp.) poljska potočnica (<i>Myosotis arvensis</i>), dvornici (<i>Polygonum</i> spp. osim <i>P. aviculare</i>), divlja rotkva (<i>Raphanus raphanistrum</i>), poljska gorušica (<i>Sinapis arvensis</i>), crna pomoćnica (<i>Solanum nigrum</i>), srednja mišjakinja (<i>Stellaria media</i>), dikice (<i>Xanthium</i> spp.) i dr. kada su razvijena 2 – 4 lista korova.</p>	Nakon nicanja kulture U fazi 4. lista (V3 – V4)	1,5 – 2 l ha ⁻¹ Uz utrošak škropiva 200 – 300 l ha ⁻¹

Lentagran 45 WP	Piridat	Kontaktni	<p>Jednogodišnji širokolisni korovi: šćir (<i>Amaranthus retroflexus</i>), loboda (<i>Chenopodium album</i>), crna pomoćnica (<i>Solanum nigrum</i>), europski mračnjak (<i>Abutilon theophrasti</i>), bročika (<i>Galium aparine</i>), poljski jarmen (<i>Anthemis arvensis</i>), dvozub (<i>Bidens tripartita</i>), kanadska hudoljetnica (<i>Erigeron canadensis</i>), mrtva kopriva (<i>Lamium spp.</i>), jednogodišnji čistac (<i>Stachys annua</i>), bijela biserka (<i>Lithospermum arvense</i>), konica (<i>Galinsoga spp.</i>), kamilica (<i>Matricaria chamomilla</i>), resulja (<i>Mercurialis annua</i>), obična rusomača (<i>Capsella bursa pastoris</i>), dimnjača (<i>Fumaria officinalis</i>), smrdelji (<i>Galeopsis spp.</i>), grahorice (<i>Vicia spp.</i>), slakasti dvornik (<i>Polygonum convolvulus</i>), kiseličasti dvornik (<i>Polygonum lapathifolium</i>), poljska krika (<i>Anagallis arvensis</i>), obični kužnjak (<i>Datura stramonium</i>), poljska koljenika (<i>Spergula arvensis</i>), poljski mošnjak (<i>Thlaspi arvense</i>), kopriva (<i>Urtica urens</i>).</p>	<p>Nakon nicanja. Preporuka je tretiranje provesti u mlađim razvojnim stadijima korovnih biljaka (između stadija kotiledona i stadija 2 prava lista). Radi postizanja bolje učinkovitosti, može se koristiti i u razdijeljenoj odnosno „split aplikaciji”.</p>	<p>Maksimalno 2 kg ha⁻¹ uz utrošak škropiva 200 – 600 l ha⁻¹</p>
--------------------	---------	-----------	--	--	--

5.7. Fiziološki poremećaji graha

Ćelavost (eng. baldhead, sneak head)

Ćelavost je fiziološki poremećaj nedostatka vegetacijskog vrha kod mladih biljaka graha. Kotiledoni mogu biti prisutni ili mogu otpasti, a često su puknuti i deformirani (Slika 41.). Nekoliko krzljavih stabljika može se razviti iz pazušca kotiledona. Slab je i razvoj korijena. Uzrok je mehaničko oštećenje sjemena. Sprečava se pažljivim rukovanjem sjemenom prilikom žetve, sušenja, dorade, čuvanja i sjetve. Sjeme s nižim sadržajem vode sklonije je oštećenjima.

Slika 41. Ćelavost graha



Brončanost (eng. bronzing)

Površina gornjih listova prekrivena je sitnim zlatno-smeđim pjegicama, zbog čega biljka ima brončanu boju. Uzrok je brončanosti oštećenje od ozona koji se javlja zbog industrijskih onečišćenja ili kao meteorološki fenomen.

Ožegotine od sunca

To su male smeđe pjege koje se javljaju između glavnih žila. S vremenom se šire te se javljaju nekroze (veliki suhi dijelovi lista) dok žile ostaju zelene. Ožegotine se najčešće javljaju kada slijedi vruće, suho i sunčano vrijeme i nakon vlažnog, hladnog i oblačnog perioda.

Kimere

Izazvane su genetskim abnormalnostima koje su vidljive u obliku različito obojenih nepravilnih pjega na listu (Slika 42.). Boje variraju od tamno do svijetlo zelene, žute, pa čak i bijele. Osim listova simptomi se mogu javiti i na mahunama. Ponekad je zahvaćen samo dio biljke, a ponekad i cijela biljka. Niske temperature tijekom klijanja povećavaju pojavu ovakvih simptoma.

5.8. Berba i žetva

Grah zrnaš

Grah se najviše uzgaja za proizvodnju suhog zrna, a sezonski se koristi u prehrani kao mlado zrno. S berbom mladog graha počinje se kada zelene mahune poblijede ili poprime šarenu boju (ovisno o kultivaru), ali se još uvijek ne suše (Slika 43.). U fiziološkoj zriobi sjeme gra-

Slika 42. Kimere na listu graha



ha sadrži oko 50 % vlage, no sjeme je spremno za žetvu kada vlaga padne ispod 18 %. Optimalna je vlažnost za žetvu 15 %. Pri nižoj vlažnosti sjeme je sklonije oštećenju, te često puca kod vlažnosti od 12 %.

Slika 43. Usjev spreman za berbu mladog graha



Višefazna žetva niskog graha treba započeti kada je 2/3 mahuna u donjem dijelu stabljike zrelo, dok su donji listovi otpali, a ostali su žuti; osim vršnih, koji su još uvijek zeleni. Žetva treba započeti kad sve mahune poprime žutu boju, dok još uvijek nisu toliko suhe da se otvaraju (Slika 44.).



Slika 44. Usjev spreman za žetvu suhog zrna graha

S obzirom na specifičnosti vrste, žetva predstavlja najsloženiji proces u proizvodnji ove vrste. Žetva graha može biti ručna ili mehanizirana, a provodi se na jedan od sljedeća tri načina:

- Ručno čupanje biljaka i vršidba (trešnja biljaka). Vršenje manje količine moguće je u vrećama, a za odvajanje sjemena od pljeve koriste se ventilatori ili vjetar.
- Dvofazna žetva: čupanjem ili košnjom biljaka te korištenjem mehaniziranih vršilica.
- Jednofazna žetva: potpuno mehanizirano čupanje i vršidba pomoću kombajna. Koriste se specijalizirani kombajni, ali i kombajni za žitarice. U suvremenim intenzivnim proizvodnjama više od 50 % proizvođača koristi kombajne.

Kod potpuno mehanizirane berbe javljaju se najveći gubici sjemena. Mehaniziranom berbom često se ne zahvaćaju mahune koje se nalaze nisko blizu tla, a osim toga pojačano je otvaranje

mahuna i osipanje sjemena. Gubici se kod izravne žetve kombajnima mogu smanjiti izborom sorata te optimiziranjem mehaničkih dijelova kombajna. Također se (kod svih tipova žetve) gubici mogu smanjiti, ako se žetva obavlja rano ujutro kada su biljke još vlažne. U vrijeme berbe treba izbjegavati kišno vrijeme jer kiša i vlaga izazivaju promjene boje sjemena.

Nakon žetve potrebno je zrno/sjeme graha osušiti na vlažnost od 12 %, očistiti ga od nečistoća i sortirati. Sjeme se čuva u suhom i prozračnom skladištu, u rasutom stanju ili u vrećama. Važno je napomenuti da pri dužem čuvanju obojeno sjeme postaje tamnije, a bijelo poprima žućkastu boju te mu se smanjuje kvaliteta. Zrno graha može se čuvati i konzervirano, kuhana i sterilizirana zrna čuvaju se u limenkama i služe za brzu pripremu jela.

Prinosi suhog zrna graha u našim se uvjetima prosječno kreću od 1 500 do 4 000 kg ha⁻¹ ovisno o godini, odnosno vegetacijskim uvjetima, a mogu biti i niži od 1 000 kg ha⁻¹, ali i viši od 4 000 kg ha⁻¹.

Slika 45. Mahune spremne za berbu



Berba mahuna

Pri povoljnim uvjetima proizvodnje, od početka cvatnje do početka berbe, mahuna treba oko dva tjedna. Tehnološki zrela mahuna mora biti sočna, mesnata, krta i bez šupljina među sjemenkama (sjeme treba biti u početku razvoja) (Slika 45.). Dužina i promjer mahune kod berbe karakteristike su kultivara.

Kod niskog graha mahunara (za tržište) mahune se mogu brati ručno, najčešće u dvije berbe, dok se kod visokog graha mahunara berba odvija višekratno. Za preradu niski se grah mahunar bere jednokratno mehanizirano. Mahune se čuvaju konzervirane ili smrznute.

Prinosi se u našim uvjetima kreću od 7 000 do 15 000 kg ha⁻¹ kod niskog, i do 35 000 kg ha⁻¹ kod visokog graha mahunara.

Tržišni su standardi za mahunasto povrće: u mahunama ili zrnu, svježe ili rashlađeno; propisani Pravilnikom o tržišnim standardima za voće i povrće (NN 149/2009 i 22/2011).

5.9. Literatura

Davis, R. M.; Hall, A. E.; Gilbertson, R. L. (2004.). UC IPM Pest Management Guidelines: Dry Beans. Statewide IPM Program, University of California Agriculture and Natural Resources, California, USA.

Dry Bean Production Guide A-1133 (1997.). NDSU Extension Agronomists and Northarvest Bean Growers Association, North Dakota, USA.

FIS portal (<http://fisportal.mps.hr/hr/sve/obavijesti/>) (pristupljeno 20.01.2022.)

Hagedorn, D. J.; Inglis D. A. (1986.). Handbook of Bean Diseases. Madison, Wisconsin, USA.

Hergert, G. W.; Schild J. A. (2013.). Fertilizer Management for Dry Edible Beans. University of Nebraska – Lincoln Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, Nebraska, USA.

Kandel, H.; Endres G. (2019.). Dry Bean Production Guide. NDSU Extension, North Dakota, USA.

Liebenberg, A. J. (2002.). Dry bean Production. Department of Agriculture; Resource Centre, Directorate Agricultural

Information Services, Pretoria, South Africa.

List of active substances approved for use in EU organic agriculture under EU Regulation (EC) No 889/2008.

Ministarstvo poljoprivrede. Popis registriranih sredstava za zaštitu bilja (<https://fis.mps.hr/trazilicaszb/>) (pristupljeno 20.08.2021.).

NN broj 149/2009 i 22/2011 Pravilnik o tržišnim standardima za voće i povrće (https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_04_47_1153.html) (pristupljeno 18.09.2021.).

Seaman, A. (2016.). Production Guide for Organic Beans for Processing. New York State Integrated Pest Management Program, Cornell University, New York State Agricultural Experiment Station, Geneva, NY, USA.

Scherer, T. (2019.) Irrigation and Water Use. U: Dry Bean Production Guide (ur. Kandel, H.; Endres, G.), NDSU Extension, North Dakota, USA.

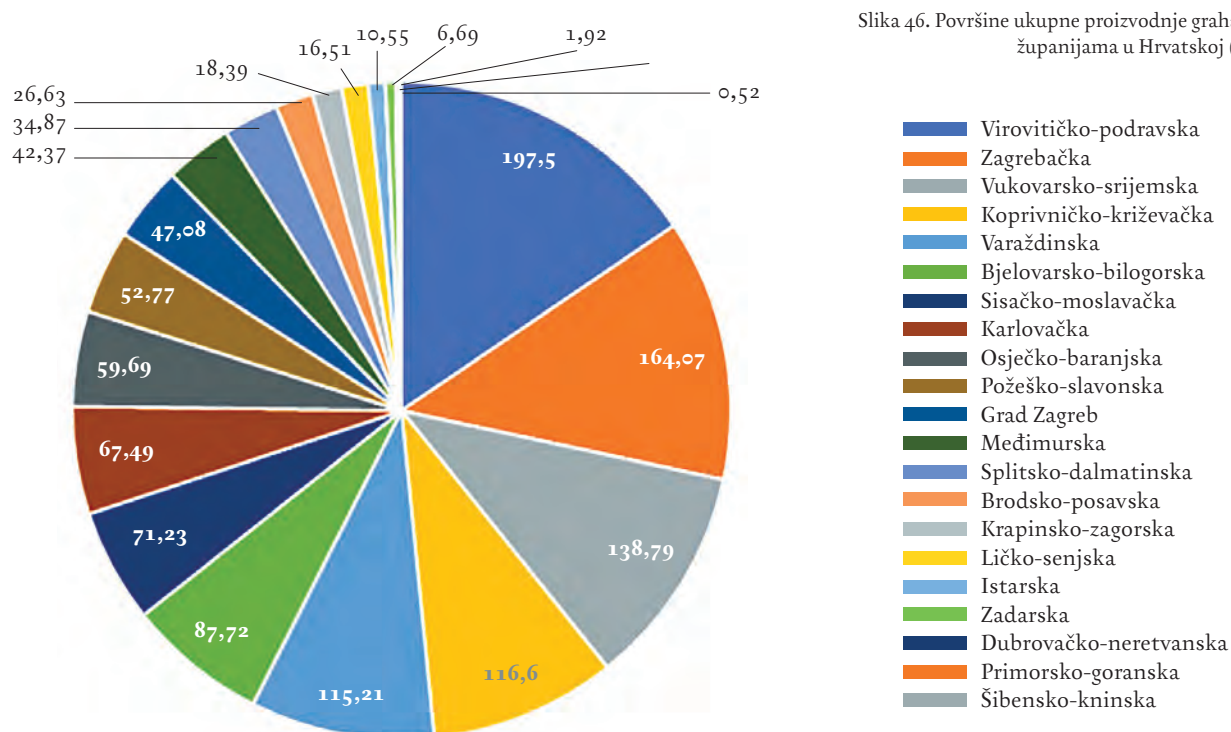
Todorović, J.; Vasić, M.; Todorović, V. (2008.). Pasulj i boranija. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Srbija.

6. ORGANSKA PROIZVODNJA GRAHA

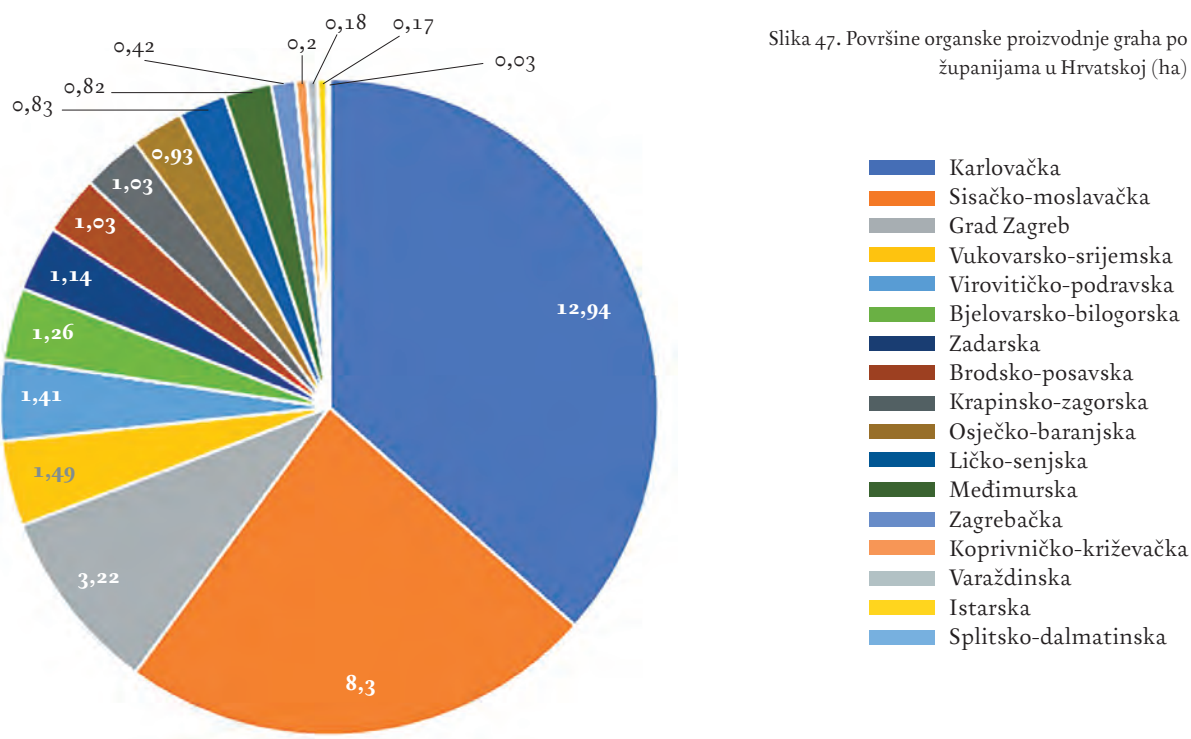


Organska (ili ekološka) poljoprivreda predstavlja sustav poljoprivredne proizvodnje koja podržava zdravlje tla, ekosustava i ljudi. Takav tip proizvodnje izbjegava korištenje različitih inputa štetnog djelovanja na okoliš, a temelji se na ekološkim procesima, bioraznolikosti i prirodnim ciklusima prilagođenim lokalnim uvjetima. Organska poljoprivreda kombinira tradicionalne agrotehničke zahvate s inovacijama i novim znanstvenim spoznajama s ciljem očuvanja okoliša, proizvodnje kvalitetnih poljoprivrednih proizvoda i opće dobrobiti svih uključenih dionika proizvodnog procesa.

Organska, odnosno ekološka poljoprivredna proizvodnja u Republici Hrvatskoj regulirana je Pravilnikom o kontrolnom sustavu ekološke poljoprivrede (NN 11/2020). Prema navedenom Pravilniku subjekti u ekološkoj poljoprivredi upisuju se u Upisnik subjekata u ekološkoj poljoprivredi na temelju zahtjeva. Zahtjev se podnosi u podružnicama/regionalnim uredima Agencije za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju na obrascu ZUS. Upisnik subjekata vodi Agencija za plaćanja kao javnu službenu evidenciju u elektroničkom obliku. Ministarstvo poljoprivrede objavljuje Popis subjekata s pripadajućim dokazima sukladnosti u obliku potvrđnice/certifikata proizvoda na službenim mrežnim stranicama Ministarstva, u skladu sa Zako-



nom o poljoprivredi (NN 118/2018, 42/2020., čl. 101). Kontrolu ekološke proizvodnje provode kontrolna tijela ovlaštena od strane Ministarstva poljoprivrede, a za označavanje ekoloških proizvoda koristi se znak ekološkog proizvoda EU i znak ekološkog proizvoda Republike Hrvatske. Prema zatraženim pravima na potpore u poljoprivredi za 2021 (<https://www.apprrr.hr/agronet/>) u Hrvatskoj se po županijama ukupno proizvodi grah na 1274,54 ha (Slika 46.), a na organsku poljoprivredu otpada 35,38 ha (Slika 47.)



Organska poljoprivreda počiva na četiri osnovna principa: zdravlju, ekologiji, pravednosti i dobrobiti (brizi).

- Princip zdravlja podrazumijeva da se zdravlje pojedinaca i zdravlje zajednice ne može promatrati odvojeno od zdravlja ekosustava – zdravo tlo omogućuje proizvodnju zdravih namirnica koje održavaju zdravima i životinje i ljude.
- Princip ekologije podrazumijeva da se poljoprivredna proizvodnja mora uskladiti s ekološkim sustavima, tj. prirodnim ciklusima, kojima se mora prilagoditi i podržavati ih.

- Princip pravednosti podrazumijeva da se poljoprivredna proizvodnja gradi na odnosima koji štite pravednost, u smislu zaštite zajedničkog okoliša i prava na život.
- Princip dobrobiti podrazumijeva da se u poljoprivrednoj proizvodnji upravlja oprezno i odgovorno kako bi se zaštitilo zdravlje i dobrobit sadašnjih i budućih generacija te okoliša.

Iako organska poljoprivreda predstavlja više od same poljoprivredne proizvodnje i uključuje socijalnu, ekološku, ekonomsku i kulturnu dimenziju, u ovom ćemo poglavlju ukratko opisati prakse koje se mogu koristiti u organskoj proizvodnji graha.

Moderna, konvencionalna poljoprivredna proizvodnja upravljana profitom koristi mnoge inpute u vidu energije, sredstava za zaštitu bilja, mineralnih gnojiva i sl. koji osiguravaju visoke i stabilne prinose, no štete bioraznolikosti, narušavaju prirodnu ravnotežu među vrstama, onečišćuju tlo, vodu i zrak, i na kraju štete ljudskom zdravlju i zdravlju zajednice. Kako bi se u organskoj poljoprivredi osigurali dostatni prinosi kulture koja se uzgaja, opisani inputi koji se primjenjuju u konvencionalnoj poljoprivredi moraju biti nadomješteni. Njihovo nadomještanje zahtijeva veliki trud, rad i poznavanje; kako kulture koja se uzgaja, tako i prirodnih ciklusa, lokalnih pojava i ekoloških principa. Organska poljoprivreda zasniva se na zdravom tlu. Redoviti unos organske tvari u obliku organskih gnojiva, zelene gnojidbe, komposta, biougljena (*biochara*) osiguravaju veliku biološku aktivnost tla, povoljnu strukturu tla, s dobrim vodozračnim odnosom i velikim adsorpcijskim kompleksom (kapacitetom zadržavanja hranjiva). Nadalje, važnu ulogu u uspješnoj organskoj poljoprivredi ima plodored, odnosno izmjena kultura na proizvodnoj površini. Kvalitetnom i promišljenom izmjenom kultura sprečava se povećanje broja štetnih organizama u tlu; kao što su nematode, ali i mnogi drugi štetnici i uzročnici bolesti. Izmjena ranih i kasnih kultura također smanjuje zakorovljenost.

6.1. Izbor površine

Za potrebe organske poljoprivrede dobro je izabrati površine s tlima dobre strukture, bogate organskom tvari, povoljne pH reakcije i vodozračnog odnosa (propusna, topla tla). Tla ne smiju biti opterećena spojevima zabranjenim u organskoj proizvodnji. Prijelazno razdoblje za ekološ-

ku proizvodnju u uzgoju bilja i proizvodnji biljnih proizvoda traje najmanje jednu godinu za jednogodišnje bilje, a najmanje tri godine za višegodišnje nasade; ako su prethodno ispunjeni uvjeti programa ocjenjivanja sukladnosti (Pravilnik o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda, NN 91/2001). Ako se proizvodna površina nalazi u blizini površine s konvencionalnom proizvodnjom, potrebno je osigurati tampon zonu, odnosno zaštitni pojas koji će odvajati organsku od konvencionalne površine. U tu se svrhu često koriste žive ograde i sl. Ta zona mora spriječiti zanošenje mineralnih gnojiva i pesticida s konvencionalne na organsku površinu. Te su zone najčešće široke između 5 i 50 m, ovisno o praksama koje se provode na konvencionalnim površinama.

6.2. Plodored

Kao što je već navedeno, plodored ima centralno mjesto u organskoj proizvodnji. Pažljivim odabirom plodoreda omogućuje se popravak značajki tla kao i smanjenje intenziteta i brojnosti pojave korova, bolesti i štetnika. Iako uzgoj velikog broja različitih kultura komplicira proizvodnju, takav pristup omogućuje održavanje i povećanje bioraznolikosti te obogaćivanje tla različitim ostacima organskog porijekla. Osnovni princip plodoreda jest izbjegavanje uzastopnog uzgoja kultura iz iste porodice na istoj proizvodnoj površini. Time se smanjuje pojava specifičnih bolesti štetnika za neku kulturu. Plodored je manje djelotvoran u suzbijanju zemljišnih štetnika i bolesti koje napadaju velik broj različitih kultura ili se lako prenose vjetrom na velike udaljenosti. U upravljanju plodoredom dobra je praksa podijeliti proizvodne površine na jedinice na kojima treba osigurati izostavljanje uzgoja određene kulture kroz minimalno tri vegetacije.

Uključivanje kultura kratke vegetacije u plodored pomaže suzbijanju korova. Ostale strategije smanjenja zakorovljenosti uključuju uzgoj kultura uz upotrebu malča, uzgoj pokrovnih usjeva ili širokorednih kultura koje se kultiviraju (okopavaju). Pojedine vrste korova niču, razvijaju se i stvaraju sjeme u različitim godišnjim dobima, stoga kombiniranje proljetnih, ljetnih i ozimih kultura predstavlja dobar način da se poremeti životni ciklus korova.

Uzgoj ozimih kultura također sprečava gubitak hranjiva, osobito dušika tijekom zime. Hranjiva koja usvoje ozimi pokrovni usjevi oslobađaju se ponovno u tlo, nakon što se pokrovni usjev

zaora u proljeće. Uključivanje kultura s dubokim korijenom u plodored pomaže rahljenju tla i razbijanju zbijenih podpovršinskih horizonata.

Uzgoj graha na istoj površini trebalo bi izbjegavati najmanje tri godine. Osim toga, kao pretkulture trebalo bi izbjegavati mahunarke poput soje, graška, djeteline i lucerne; osobito na površinama gdje se javljaju bolesti i štetnici korijena (zemljišne bolesti i štetnici, kao što su *Sclerotinia*, *Fusarium*, *Phytium*, sojina cistolika nematoda i dr.). Osim mahunarki prije uzgoja graha, na površinama gdje se javlja sklerotinja, kao pretkulturu treba izbjegavati i salatu, rajčicu, krumpir i tikvenjače.

Dakle, osim same izmjene kultura na nekoj proizvodnoj površini važno je voditi evidenciju pojave bolesti i štetnika, kao i glavnih korova, te plodored i druge agrotehničke mjere prilagođavati smanjenju infekcijskog potencijala (brojnost) glavnih štetnih organizama.

6.3. Ishrana

Pravilna ishrana kultura temelj je svake poljoprivredne proizvodnje, jer će optimalno ishranjeni usjevi biti otporniji na napade bolesti i štetnika kao i na abiotske stresove.

Ukupne potrebe usjeva za hranjivima veće su od onog što se iznosi prinosom nakon žetve. Biljka treba dovoljno hranjiva za rast korijena, stabljike i lišća te na kraju i za stvaranje cvata i plodova. Zbog toga će svaki nedostatak hranjiva izazvati pad prinosa. Potrebe graha za hranjivima, opisane su u poglavlju 4.3. što vrijedi i za organsku proizvodnju, uz uvjet da se gnojidba i količina hranjiva u tlu održava prema pravilima organske proizvodnje.

U organskoj poljoprivredi osobito je zahtjevno balansirati plodnost tla, s obzirom da nije dopušteno korištenje mineralnih gnojiva. Stoga se ishrana bilja u organskoj poljoprivredi temelji na održavanju i povećanju sadržaja organske tvari u tlu te održavanjem mikrobiološke aktivnosti tla. Mikroorganizmi razgrađuju organske spojeve i oslobađaju hranjiva koja koriste biljke. Povećanje sadržaja organske tvari u tlu i povećanje mikrobiološke aktivnosti, postiže se dodavanjem organskih gnojiva; biougljena (*biochara*), komposta, zelenom gnojibom, zao-

Tablica 13. Spojevi s insekticidnim, fungicidnim, akaricidnim i repelentnim djelovanjem, dopušteni u svrhu zaštite bilja u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji u EU

Aktivna tvar	Primjena / ograničenja
Azadirachtin dobiven iz <i>Azadirachta indica</i>	Insekticid
Gelatine	Insekticid
Hidrolizirani proteini	Atraktanti
Lecitin	Fungicid
Biljna ulja (ulje mente, češnjakovo ulje i dr.)	Insekticidi, akaricidi, fungicidi
Piretrin, dobiven iz <i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i>	Insekticid
Različiti mikroorganizmi (bakterije, gljivice, virusi, nematode) npr. <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , <i>Trichoderma asperellum</i> , <i>Trichoderma gamsii</i> , <i>Streptomyces griseoviridis</i> , <i>Coniothyrium minitans</i>	Insekticidi, fungicidi
Spinosad	Insekticid
Feromoni	Atraktanti ili konfuzija
Diamonijev fosfat	Atraktant
Piretroidi (deltametrin i lambdacihalotrin)	Insekticidi, samo u lovkama s atraktantima
Željezo (III) ortofosfat	Limacid
Bakar (bakreni sulfat, bakreni hidroksid, bakreni oksiklorid...)	Fungicid
Soli masnih kiselina i kalija	Insekticidi
Parafinska ulja	Insekticidi, akaricidi
Mineralna ulja	Insekticidi, akaricidi
Kvarcni pijesak	Repelent
Sumpor	Insekticid, fungicid, repelent
Kalijev bikarbonat	Insekticid
Bazne tvari	Tvari koje odgovaraju normama prema članku 23(1) Propisa (EC) No 1107/2009 Europskog parlamenta

6.5. Izbor kultivara i način uzgoja

Moderni kultivari (sorte) graha stvoreni su oplemenjivačkim procesom, koji je za cilj imao izbor genotipova visokih prinosa i to u uvjetima optimalne ishranjenosti i zaštite. Takvi kultivari namijenjeni su intenzivnoj (konvencionalnoj) poljoprivredi u kojoj će biti osigurana gnojidba mineralnim gnojivima i primjena sredstava za zaštitu bilja. Uvjeti u organskoj poljoprivredi značajno mogu odstupati u odnosu na uvjete u konvencionalnoj poljoprivredi, osobito u pogledu pritisaka različitih bolesti i štetnika te pristupačnosti hranjiva u tlu. Stoga moderni kultivari nisu prikladni za organsku poljoprivredu. Kao što je već navedeno, organska poljoprivreda kombinira tradicionalne sustave uzgoja s modernom tehnologijom i znanstvenim spoznajama te se prilagođava prirodnim ciklusima prilagođenim lokalnim uvjetima. U tom pogledu, prilikom uzgoja graha u organskoj poljoprivredi lokalno prilagođeni tradicijski kultivari graha predstavljaju vrlo kvalitetan izbor. Tradicijski su kultivari populacije graha koje se dugi niz godina uzgajaju na nekom području te su vrlo dobro adaptirani na agroekološke uvjete određenog podneblja.

Osim upotrebe tradicijskih kultivara, organska se poljoprivreda često oslanja i na tradicionalni način uzgoja, pa se tako mogu koristiti smjese više tradicijskih kultivara ili čak i različitih vrsta iz roda *Phaseolus*. Takvu praksu, prilagođenu vlastitim agroekološkim prilikama, provode poljoprivrednici u Meksiku. Primjerice, uzgajivači graha u Santa María Jaltianguis (Oaxaca, Mexico), uzgajaju smjesu dva tradicijska kultivara graha *Ph. vulgaris* (Nueva Granada i Mesoamerica) zajedno s *Ph. coccineus*. Poljoprivrednici prilagođavaju omjere ovih genotipova ovisno o nadmorskoj visini. U svrhu povećanja prinosa, nedavno su u navedenu smjesu uključili jedan komercijalni kultivar (sitnozrni crni grah). Poljoprivrednici su uspjeli adaptirati taj uneseni kultivar na lokalne uvjete zahvaljujući uzgoju u smjesi, odnosno tzv. kreolizaciji (miješanje dviju ili više kultura ili populacija kako bi se stvorila nova). Praksa uzgoja različitih kultivara u smjesi predstavlja strategiju povećanja otpornosti usjeva i izbjegavanja negativnog utjecaja abiotskih i biotskih stresova. Osim uzgoja u smjesi različitih kultivara graha, grah se tradicionalno uzgaja u smjesi s kukuruzom te kukuruzom i tikvama. Smjesa divljih grahova i divljeg pretka kukuruza (teozinte) može se pronaći i danas u prirodnim ekosustavima Meksika te se smatra da su prilikom udomaćivanja ovih kultura rani poljoprivrednici prihvatili ne samo kulture, već i cjelokupni način uzgoja. U Latinskoj Americi tradicionalan način uzgoja smjese graha, kukuruza i tikvi tzv. *milpa*,

koristi se već više tisuća godina. Takav način uzgoja povećava bioraznolikost, povećava količinu proizvedene biomase po jedinici površine, povećava pokrivenost tla, smanjuje zakorovljenost, povećava efikasnost korištenja hranjiva te sprječava ispiranje i gubitak hranjiva.

6.6. Literatura

Agencija za plaćanje u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju (<https://www.apprrr.hr/agronet/>) (pristupljeno 28.08.2021.)

Davis, R. M.; Hall, A. E.; Gilbertson, R. L. (2004.). UC IPM Pest Management Guidelines: Dry Beans. Statewide IPM Program, University of California Agriculture and Natural Resources, California, USA.

Hagedorn, D. J.; Inglis, D. A. (1986.). Handbook of Bean Diseases. Madison, Wisconsin, USA.

IFOAM General Assembly (2008.) (<https://www.ifoam.bio/why-organic/organic-landmarks/definition-organic>) (pristupljeno 25.08.2021.)

List of active substances approved for use in EU organic agriculture under EU Regulation (EC) No 889/2008.

NN broj 11/2020 Pravilnikom o kontrolnom sustavu ekološke poljoprivrede (https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_01_11_203.html) (pristupljeno 20.09.2021.)

NN broj 91/2001 Pravilnik o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda (https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2001_10_91_1558.html) (pristupljeno 12.10.2021.).

NN broj 118/2018, 42/2020., čl. 101 Zakon o poljoprivredi (<https://www.zakon.hr/z/232/Zakon-o-poljoprivredi>) (pristupljeno 20.09.2021.)

Schwartz, H. F.; Steadman, J. R.; Hall, R.; Forster, R. L. (2005.). Compendium of Bean Diseases, 2nd Edition. APS Press. St. Paul, Minnesota, USA.

Seaman, A. (2016.). Production Guide for Organic Beans for Processing. Publisher: New York State Integrated Pest Management Program, Cornell University, New York State Agricultural Experiment Station, Geneva, New York, USA.

Trucchi, E.; Benazzo, A.; Lari, M.; Iob, A.; Vai, S.; Nanni, L.; Bellucci, E.; Bitocchi, E.; Raffini, F.; Xu, C.; Jackson, S. A.; Lema, V.; Babot, P.; Oliszewski, N.; Gil, A.; Neme, G.; Michieli, C. T.; De Lorenzi, M.; Calcagnile, L.; Caramelli, D.; Star, B.; de Boer, H.; Boessenkool, S.; Papa, R.; Bertorelle, G. (2021.). Ancient genomes reveal early Andean farmers selected common beans while preserving diversity. *Nature Plants*, 7: 123–128.

7. UPOTREBA



P

Fe

CU

Mg

K

Ca

„*Manger est une nécessité, mais manger intelligemment est un art.*” (La Rochefoucauld)

„*Jesti je nužnost, ali jesti inteligentno je umjetnost*”

U prehrani se najčešće koristi grah zrnaš, nešto manje grah mahunar, a samo sezonski mlado zrno graha (Slika 48.). Stabljika, lišće, korijen i ljuske zrelih mahuna mogu se upotrebljavati u ljekovite svrhe i kao stočna hrana. Grah se koristi i u industriji za proizvodnju limunske kiseline, a brašno od zrna graha dodaje se tjestenini radi poboljšanja kvalitete. Mogućnost konzerviranja mahuna i zrna na razne načine daje posebno značenje u ishrani stanovništva.



Slika 48. Mlado zrno graha

Visoku hranjivu vrijednost grahu daju značajna količina visokokvalitetnih proteina, ugljikohidrata, vitamina, minerala, dijetalnih vlakana, fitonutrijenata (flavonoidi, lignini, fitosteroli) i antioksidansa. Također je vrijedan izvor kalcija, željeza, magnezija, fosfora, kalija, natrija i cinka.

Nutritivna vrijednost graha ovisi o čimbenicima kao što su podrijetlo, genotip i uvjeti okoliša tijekom vegetacije.

Jedna je od velikih prednosti graha činjenica da se može distribuirati u više oblika: kao svježe mahune, neobrađeno sjeme, kao dio mješavina, konzerviranih proizvoda i kao bezglutenska zamjena za pšenično brašno. Mogućnost višegodišnjeg čuvanja daje mu izvanrednu stratešku vrijednost kao rezervnoj namirnici.

7.1. Nutritivna vrijednost graha

Sjeme/zrno graha uglavnom je sastavljeno od ugljikohidrata i vlakana, no sadrži značajnu količinu proteina. U novije se vrijeme sve više naglašavaju prehrambene i zdravstvene koristi od graha. Ovisno o kultivaru i uvjetima uzgoja, 100 g kuhanog graha sadrži oko 127 kalorija, 67 % vode, 8,7 g proteina, 22,8 g ugljikohidrata, 0,3 g šećera, 6,4 g vlakana i 0,5 g masti. Istraživanja ukazuju na činjenicu da su lokalne populacije graha nutritivno kvalitetnije u usporedbi s modernim kultivarima. Iako lokalne populacije postižu niže prinose u odnosu na moderne kultivare, njihovo je sjeme bogatije proteinima, vitaminima, mineralima i vlaknima. Grah je važan izvor i drugih bioaktivnih tvari biljnog porijekla, kao što su izoflavoni, antocijani, fitinska kiselina, fitohemaglutinin, inhibitori razgradnje škroba i dr.

Osim tih pozitivnih učinaka graha u prehrani ljudi, konzumacija sirovog graha može izazvati trovanja i probavne probleme. Grah sadrži različite antinutritivne tvari kao što je fitinska kiselina, inhibitori proteaza i blokatori razgradnje škroba (inhibitori alfa amilaza). Fitinska kiselina smanjuje apsorpciju minerala u crijevima, dok inhibitori proteaza i blokatori razgradnje škroba inhibiraju razgradnju i probavu proteina i ugljikohidrata iz graha. Međutim, te se tvari inaktiviraju namakanjem u vodi i termičkom obradom graha.

Netopiva vlakna (alfa-galaktozidi) kod nekih ljudi mogu izazvati nadutost i proljeve.

Tablicom 14. prikazan je kemijski sastav graha, a Tablicom 15. prosječni sadržaj masnih kiselina u sjemenu graha.

Tablica 14. Kemijski sastav sjemena/zrna graha

Parametar	U suhoj tvari	Jedinica
Suha tvar	100	%
Sirovi proteini	24,9	%
Sirova vlakna	5,2	%
Sirove masti	1,6	%
Pepeo	4,6	%
Netopivi pepeo	0,07	%
NDV	13,3	%
KDV	7,4	%
Lignin	0,2	%
Netopive stanične stijenke	15	%
Škrob	40,7	%
Škrob (enzimska metoda)	37,8	%
Ukupni šećeri	4,9	%
Ukupna energetska vrijednost (kcal)	435 ^o	kcal/kg
Ukupna energetska vrijednost (MJ)	18,2	MJ/kg

NDV - neutralna detergentna vlakna, KDV - kisela detergentna vlakna
 Izvor: INRAINRA-CIRAD-AFZ feed tables (<https://feedtables.com/content/common-bean>)

Tablica 15. Prosječni sadržaj masnih kiselina u sjemenu/zrnu graha (prikazane su samo masne kiseline koje se nalaze u sjemenu/zrnu graha)

Masna kiselina	U suhoj stvari	Jedinica
C16:0 palmitinska kiselina	1,3	g/kg
C16:1 palmitoleinska kiselina	0,08	g/kg
C18:0 stearinska kiselina	0,3	g/kg
C18:1 oleinska kiselina	1,6	g/kg
C18:2 linolna kiselina	3,7	g/kg
C18:3 linolenska kiselina	5,8	g/kg
C20:0 arahidna kiselina	0,07	g/kg

C _{20:1} eikozenska kiselina	0,05	g/kg
C _{22:0} behenijska kiselina	0,1	g/kg
C _{24:0} lignocerna kiselina	0,1	g/kg

Izvor: INRAINRA-CIRAD-AFZ feed tables (<https://feedtables.com/content/common-bean>)

Proteini

Iako su prema nutritivnoj vrijednosti proteini iz graha manje kvalitetni od onih životinjskog porijekla, grah predstavlja vrlo važan izvor proteina za velik dio ljudske populacije. Zapravo, grah je jedna od proteinima najbogatijih biljnih vrsta te se često naziva „mesom siromašnih”. Iako ne sadrži esencijalnu aminokiselinu metionin, može se koristiti kao zamjena za meso, ribu i jaja u kombinaciji sa žitaricama, poput ječma i riže kojima nedostaje esencijalne amino-kiseline lizin, a grah njome obiluje.

Ovakva konzumacija osigurava uravnoteženu prehranu kada se žitarice i mahunarke konzumiraju u omjeru 2:1. Najzastupljeniji je protein u grahu fazeolin, koji kod nekih ljudi može izazvati alergijsku reakciju. Osim fazeolina, u grahu se nalaze lektini i inhibitori proteaza, koji se svrstavaju u antinutritivne tvari.

Ugljikohidrati

Najzastupljeniji je ugljikohidrat u sjemenu graha škrob. Čak 72 % ukupne energetske vrijednosti graha otpada na škrob. Škrob je sastavljen od molekula glukoze povezanih u lance amiloze i amilopektina. U usporedbi s drugim izvorima škroba, škrob iz graha ima relativno velik udio amiloze (30 – 40 %). Amiloza je slabije probavljiva od amilopektina, te se zbog toga grah teže i duže probavlja. Isto tako prehrana grahom pogoduje ljudima koji boluju od hiperglikemije, jer uzrokuje sporiji porast šećera u krvi u usporedbi s drugim izvorima šećera. Mjera koja ukazuje utjecaj hrane na porast šećera u krvi naziva se glikemijski indeks (GI), a upravo zbog toga, grah ima niski glikemijski indeks. Štoviše, grah ima pozitivan utjecaj na razinu šećera u krvi u usporedbi s drugom hranom bogatom ugljikohidratima.

Vlakna

Grah sadrži značajnu količinu otpornog škroba koji pomaže u regulaciji tjelesne težine. Osim toga sadrži i netopiva vlakna poznata pod nazivom alfa-galaktozidaza koja izazivaju kod nekih ljudi proljev i nadutost. I otporni škrob i alfa-galaktozidi djeluju kao prebiotici. Prebiotici su tvari koje prolaze kroz probavni trakt do debelog crijeva, u kojima služe kao supstrat (hrana) za razvoj korisnih crijevnih bakterija. Crijevne bakterije fermentiraju prebiotike, pri čemu nastaju kratkolančane masne kiseline kao što su butirac, acetat i propionat, koje imaju zaštitnu ulogu u crijevima i smanjuju rizik od pojave raka debelog crijeva.

Vitamini i minerali

Grah je bogat različitim vitaminima i mineralima. Važan je izvor vitamina K₁ i folne kiseline, a od minerala dobar je izvor kalija, željeza, bakra, mangana i molibdena.

U nastavku slijede tablice u kojima je prikazan prosječan sadržaj minerala (Tablica 16.) i vitamina (Tablica 17.).

Tablica 16. Prosječni sadržaj mineralnih tvari u sjemenu/zrnu graha

Minerali	U suhoj stvari	Jedinica
Kalcij	2,1	g/kg
Fosfor	5	g/kg
Fosfor fitinski	1,6	g/kg
Magnezij	2	g/kg
Kalij	16,9	g/kg
Natrij	0,03	g/kg
Klor	0,5	g/kg
Sumpor	1,6	g/kg
Razlika kationa/aniona	319	mEq/kg
Ravnoteža elektrolita	421	mEq/kg

Mangan	15	mg/kg
Cink	37	mg/kg
Bakar	11	mg/kg
Željezo	85	mg/kg
Selen	0,1	mg/kg
Kobalt	0,01	mg/kg
Jod	0,01	mg/kg

Izvor: INRAINRA-CIRAD-AFZ feed tables (<https://feedtables.com/content/common-bean>)

Tablica 17. Prosječni sadržaj vitamina u suhoj tvari sjemena/zrna graha (prikazani su samo oni vitamini koji se nalaze u grahu)

Minerali	U suhoj stvari	Jedinica
Vitamin E	0,5	mg/kg
Vitamin B1 tiamin	6	mg/kg
Vitamin B2 riboflavin	1,4	mg/kg
Vitamin B6 piridoksin	2,1	mg/kg
Niacin	10,5	mg/kg
Pantotenska kiselina	4	mg/kg
Folna kiselina	0,6	mg/kg
Vitamin C	4,7	mg/kg

Izvor: INRAINRA-CIRAD-AFZ feed tables (<https://feedtables.com/content/common-bean>)

8.2. Ljekovita svojstva

Osim nutritivne vrijednosti, konzumacija je graha korisna jer je povezana s manjim rizikom od razvoja različitih bolesti. Kultivari s tamnije obojenim sjemenim ljuskama sadrže više polifenola, kao što su flavoniodi (antocijan) i tanini (proantocijanidini), te imaju jače antioksidativno i antikancerogeno djelovanje. Graha je i dobar izvor izoflavona – spojeva koji su slični ženskim spolnim hormonima estrogenima. Izoflavoni snižavaju ukupnu razinu kolesterola i triglicerida u krvi. Kombinacija antioksidanata i izoflavona smanjuje rizik od srčanih bolesti, poboljšava



zdravlje kostiju i prostate, a olakšava i simptome menopauze. Prema rezultatima nekih istraživanja, češćim uključivanjem mahuna u prehranu moguće je smanjiti razinu šećera u krvi i urinu za oko 30 do 40 %. Preporučuju se osobama oboljelima od šećerne bolesti, hipoglikemije te osobama s inzulinskom rezistencijom. Osim konzumacije kuhanih mahuna preporučuje se piti i čaj od mahuna, posebno onih suhih. Čaj se od suhih mahuna može pripremiti u kombinaciji s lišćem borovnica pa se osim šećernim bolesnicima, preporučuje i bubrežnim bolesnicima.

Grah ne sadrži gluten pa se preporučuju oboljelima od celijakije, a hrana bez glutena nužna je i nakon transplantacije koštane srži. Grah (pogotovo svjetlije obojane sjemene ljuske) neutralizira višak želučane kiseline. Preporučuje se kod bolesti bubrega i mokraćnog mjehura, a pomaže i protiv ateroskleroze. Brašno od graha pomaže za liječenje ekcema, lišaja i sličnih kožnih oboljenja.

Prehrana grahom ima nekoliko pozitivnih učinaka:

- Pomaže regulaciji tjelesne težine – istraživanja ukazuju da prehrana koja uključuje grah i druge mahunarke, pomaže regulaciji tjelesne težine. Tome najviše doprinose vlakna, antinutritivne tvari, otporni škrob, i dr.
- Regulacija šećera u krvi – grah ima niski glikemijski indeks, što znači da nakon probave graha dolazi do polaganog i postupnog dizanja šećera u krvi. Osim toga, visok sadržaj proteina i vlakana te sporo opuštajućih ugljikohidrata pomaže regulaciji šećera u krvi i prevenciju kardiovaskularnih bolesti.
- Smanjen rizik razvoja raka debelog crijeva – grah je bogat vlaknima i drugim tvarima koje služe kao prebiotici, odnosno hrana za korisne crijevne bakterije, čijom aktivnošću nastaju tvari s antikancerogenim i antiupalnim svojstvima.

Unatoč velikoj prehrambenoj vrijednosti i činjenici da može pružiti višestruke zdravstvene prednosti, potrošnja je graha u Hrvatskoj niska te bismo ga trebali što više uključiti u svoje jelovnike.

7.3. Literatura

Bressani, R. (1983.). Research needs to up-grade the nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris*). *Plant Foods for Human Nutrition*, 32 (2): 101–110.

Câmara, C. R. S.; Urrea, C. A.; Schlegel, V. (2013.). Pinto Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a Functional Food: Implications on Human Health. *Agriculture*, 3: 90–111.

Cardador-Martínez, A.; Loarca-Piña, G.; Oomah, B. D. (2002.). Antioxidant activity in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 6975–6980.

Carović-Stanko, K.; Liber, Z.; Vidak, M.; Barešić, A.; Grdiša, M.; Lazarević, B.; Šatović, Z. (2017.). Genetic diversity of Croatian common bean landraces. *Frontiers in Plant Science*, 8: 604.

Celmeli, T.; Sari, H.; Canci, H.; Sari, D.; Adak, A.; Eker, T.; Toker, C. (2018.). The Nutritional Content of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Landraces in Comparison to Modern Varieties. *Agronomy*, 8 (9): 166.

de Lima, P. F.; Colombo, C. A.; Chiorato, A. F.; Yamaguchi, L. F.; Kato, M. J.; Carbonell, S. A. M. (2014.). Occurrence of Isoflavonoids in Brazilian Common Bean Germplasm (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 62: 9699–9704.

Gunjača, J.; Carović-Stanko, K.; Lazarević, B.; Vidak, M.; Petek, M.; Liber, Z.; Šatović, Z. (2021.). Genome-Wide Association Studies of Mineral Content in Common Bean. Frontiers in Plant Science, 12: 636484.

INRAINRA-CIRAD-AFZ feed tables (<https://feedtables.com/content/common-bean>) (pristupljeno 21.08.2021.).

Palčić, I.; Karažija, T.; Petek, M.; Lazarević, B.; Herak Ćustić, M.; Gunjača, J.; Liber, Z.; Carović-Stanko, K. (2018.). Relationship between origin and nutrient content of Croatian common bean landraces. Journal of Central European Agriculture, 19: 490–502.

Reynoso-Camacho, R.; Ramos-Gomez, M.; Loarca-Pina, G. (2006.). Bioactive components in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) (Research Signpost). Advances in Agricultural and Food Biotechnology, 217–236.

Suárez-Martínez, S. E.; Ferriz-Martínez, R. A.; Campos-Vega, R.; Elton-Puente, J. E.; de la Torre Carbot, K.; García-Gasca, T. (2016.). Bean seeds: leading nutraceutical source for human health, CyTA – Journal of Food, 14 (1): 131–137.

Iz roda *Phaseolus* udomaćeno je pet vrsta: grah (*Ph. vulgaris* L.), lima grah (*Ph. lunatus* L.), crveni grah (*Ph. coccineus* L.), oštrolišni grah (*Ph. acutifolius* A. Gray) i višegodišnji grah (*Ph. dumosus* Macfady).

Svaka od tih vrsta ima različitog pretka, različita morfološka i reproduktivna svojstva te zemljopisno podrijetlo. Unatoč razlikama, oni su oplemenjivani za mnoga ista svojstva; poput smanjenja osipanja mahuna i dormantnosti, povećanja veličine sjemena i fenotipske raznolikosti. Osim vrste *Ph. vulgaris*, sve ostale (spomenute) u našem se podneblju uglavnom uzgajaju kao ukrasne vrste u vrtovima.

8.1. Lima grah (*Ph. lunatus* L.)

(latinski naziv znači „u obliku polumjeseca”, a engleski (*lima bean*) dolazi od imena glavnog grada Perua)

Lima grah filogenetski je udaljeniji od ostalih udomaćenih vrsta, a njegovi divlji oblici široko su rasprostranjeni. Brzo kolonizira degradirana područja i sekundarnu vegetaciju, stvarajući tako guste šikare koje istiskuju izvornu vegetaciju. Ima dubok korijenov sustav, dobro se prilagođava okolišu i otporan je na sušu.

Brzorastuća je zeljasta penjačica, može narasti do 6 m. Tamnozeleno troliske naizmjenično su raspoređene na peterokutnim ili cilindričnim stabljikama. Po dva cvijeta u koljencu, dugačka 3 do 30 cm sakupljena su u cvat tipa pseudogrozd. Cvjetovi su karakteristične građe, a vjenčići su bijeli, lila, ružičasti ili plavkasti. Plod je spljoštena, duguljasta ili polumjesečasta mahuna. Sadrži 2 – 4 ovalnospljoštene sjemenke koje mogu biti crvenkastosmeđe boje s tamnim mrljama, ali i crvene, bijele, svijetlozelene, ljubičaste i crne boje.

Lima grah najbolje uspijeva na nižim nadmorskim visinama i uvjetima vlažne tropske klime, no može se uzgajati u širokom rasponu ekoloških uvjeta, ali ne podnosi mraz. Komercijalno se uzgaja kao jednogodišnja biljka. Klijanje i nicanje javljaju se 4 do 10 dana nakon sjetve, dok se vegetativni rast ubrzava nakon mjesec dana. Cvjetovi se pojavljuju 35 – 70 dana, a zrele ma-

hune 80 – 120 dana nakon sjetve. U simbiozi s bakterijama roda *Bradyrhizobium* može fiksirati dušik. U tropima se pak često uzgaja u vrtovima ili se usijava žitaricama (kukuruz, sirak) te korjenastim i gomoljastim vrstama (jam, manioka) ili usjevima poput pamuka i šećerne trske. Preferira prozračna, dobro drenirana tla s pH 6,0 – 6,8, ali neki kultivari podnose kisela tla s pH od čak 4,4.

8.2. Crveni grah (*Ph. coccineus* L.)

(latinski naziv znači „grimizni“, a eng. naziv je *wild runner bean*)

U hrvatskom jeziku poznat je i kao mnogocvjetni grah, keber, žohar ili grah trkač (doslovni prijevod engleskog naziva, iako je njegovo vjerojatnije značenje „grah penjač“). Crveni grah prilagođen je najvećim prosječnim nadmorskim visinama od svih udomaćenih vrsta roda *Phaseolus* (od 1 100 do 2 900 m). Divlji tipovi razvijaju velike gomoljaste korijene i višegodišnji su. Međutim, uzgaja se kao jednogodišnja vrsta. Ovo je jedina udomaćena vrsta roda *Phaseolus* koja ima crvenu boju cvijeta (Slika 49.) i tip njuške tučka koji sprječava samooprašivanje. Neki kultivari imaju bijeli cvijet pa time i bijelo sjeme, a kultivari crvenog cvijeta imaju razno-

Slika 49. Crveni grah u punoj cvatnji



bojno sjeme. Zbog ljepote cvjetova, često se uzgaja kao ukrasna vrsta, a može narasti i do 3 m u visinu. Kako biljke crvenog graha imaju nedeterminirani tip rasta, tijekom uzgoja zahtijevaju potporu za penjanje. Plod mu je u obliku noža s (1–)3–5(–10) sjemenki.

Jedinstvena je vrsta i po načinu klijanja, pri čemu supke (kotiledoni) nakon klijanja ostaju pod zemljom (hipogejski tip). Sjemenke crvenog graha kliju 10 – 14 dana nakon sjetve, a cvatnja počinje 40 – 60 dana nakon sjetve. Berba zelenih mahuna počinje oko 3 mjeseca nakon sjetve i može se održati 2 – 3 mjeseca u intervalima od 4 – 5 dana. Zrelo sjeme bere se 4 – 5 mjeseci nakon sjetve. U simbiozi s bakterijama roda *Bradyrhizobium* može fiksirati dušik.

Crveni grah tolerantniji je na hladne uvjete od ostalih vrsta roda *Phaseolus*, ali oštećenja nastaju pri temperaturama nižim od 5 °C. Na temperaturama iznad 25 °C razvoj je ploda inhibiran. Izuzetno je osjetljiv na sušu i zahtijeva dobro raspoređene količine oborina tijekom cijelog vegetacijskog razdoblja. Preferira duboka, dobro drenirana, ilovasta tla srednje teksture, s pH 6 – 7.

Za razmnožavanje koristi se i gomoljasti korijen s komadom stabljike. U Srednjoj Americi često se sije s kukuruzom.

8.3. Oštrolišni ili tepari grah (*Ph. acutifolius* A. Gray)

(latinski naziv znači „oštrolišni”, a engleski (*tepany bean*) je izveden od astečke riječi „tepa”, što znači „grah”)

Oštrolišni je grah jedinstven među udomaćenim *Phaseolus* vrstama po svojoj iznimnoj otpornosti na visoke temperature, sušu i mnoge bolesti, zbog čega je posebno zanimljiv u kontekstu klimatskih promjena.

Kultivirani je oštrolišni grah mahunarka kratkog životnog ciklusa (sazrijeva za 70 – 90 dana) podrijetlom iz pustinjskih i stepskih područja sjeverozapadnog Meksika i jugozapadnog dijela Sjedinjenih Američkih Država. Zbog svojih karakteristika, uspješno se koristi za razvoj međuvrtnih oplemenjivačkih materijala graha s povećanom otpornošću na abiotičke i biotičke stresove.

Oštroolisni grah može biti penjačica ili više-manje uspravna i grmolika jednogodišnja biljka, sa stabljikama dugim do 4 m te vlaknastog korijenja. Listovi su naizmjenične troliske, a 2 – 5 bijelih, ružičastih ili svjetloljubičastih cvjetova, sakupljeno je u pseudogrozdu. Plod mu je sabijena, ravna ili blago zakrivljena mahuna s 2 – 9 sjemenki koje mogu biti okruglaste do duguljaste, bijele, žute, smeđe, ljubičaste, crne boje ili šarenih pjegica. Uspješna nodulacija i fiksacija dušika postiže se inokulacijom s *Bradyrhizobium* izolatima. Za uzgoj su poželjna dobro drenirana tla s pH 5 – 7. Može se uzgajati kao samostalni usjev ili se usijava sa žitaricama (sirak, proso, kukuruz), povrćem (*Allium*, *Brassica*, *Capsicum*, *Cucurbita* spp.) ili drugim mahunarkama. U Sjedinjenim Američkim Državama i Meksiku ponekad se sije u mješavini s grahom, čime se osigurava veća stabilnost prinosa kod obje vrste.

8.4. Grmoliki ili višegodišnji grah (*Ph. dumosus* Macfady syn. *Ph. polyanthus* Greenman)

(latinski se naziv može prevesti kao „grmoviti” ili „grmoliki” (*polyanthus* znači „višecvjetni” – što je slično jednom od sinonima za *Ph. coccineus*), a eng. je naziv *year bean* / *evergreen bean* / *perennial bean*)

Divlji se višegodišnji grah može naći samo u uskom arealu, u gorju zapadne Gvatemale i države Chiapas (Meksiko).

Epigejski način klijanja i nicanja sličniji su grahu (*Ph. vulgaris*), ali poput crvenog graha (*Ph. coccineus*) ima relativno veliko sjeme i prilagodbu hladnim planinskim uvjetima. I građom korijena nalazi se između vrsta *Ph. vulgaris* i *Ph. coccineus*, budući da ima snažne, zadebljale korijene za skladištenje, koji mu omogućavaju određenu trajnost, ali nisu toliko izraženo gomoljasti kao kod *Ph. coccineus*. Cvjetovi su mu bijele ili boje lavande, dok su bubrežaste sjemenke crvenkaste boje, veće i duže nego kod graha.

8.5. Literatura

CAB International (2021.). Invasive Species Compendium. *Phaseolus lunatus* (lima bean). (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/40620>) (pristupljeno 24. kolovoza 2021.)

Mina-Vargas, A. M.; McKeown, P. C.; Flanagan, N. S.; Debouck, D. G.; Kilian, A.; Hodkinson, T. R.; Spillane C. (2016). Origin of year-long bean (*Phaseolus dumosus* Macfady, *Fabaceae*) from reticulated hybridization events between multiple *Phaseolus* species. *Annals of Botany*, 118 (5): 957–969.

Parker, T. A.; Gepts P. (2021). Population Genomics of *Phaseolus* spp.: A Domestication Hotspot. In: . Population Genomics. Springer, Cham.

Pl@ntUse (2021.). *Phaseolus acutifolius* (PROTA). ([https://uses.plantnet-project.org/en/Phaseolus_acutifolius_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Phaseolus_acutifolius_(PROTA))) (pristupljeno 01.09.2021.)

Pl@ntUse (2021.). *Phaseolus coccineus* (PROTA). ([https://uses.plantnet-project.org/en/Phaseolus_coccineus_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Phaseolus_coccineus_(PROTA))) (pristupljeno 01.09.2021.)

$$\hat{\pi}_0 \equiv m_0/m$$

$$m = 6599$$

$$\hat{\pi}_0 = 0.936$$

$$m_0 = 6176.664$$

$$\text{FDR} = \frac{6176.664 \cdot 0.05}{E[S(t)]} = 0.344295652$$

$$E[S(t)] \approx \underset{\text{observed}}{S(t)} = 897$$



$$y = X\beta + S\alpha + Qv + Z\epsilon$$

$X\beta$ - fixed effects other than the SNP under testing and the population structure
 $S\alpha$ - SNP effects
 Qv - polygene background effects
 $Z\epsilon$ - random effects

- y - vector of phenotypic observations
- β - vector of fixed effects other than
- α - vector of SNP effects
- v - vector of polygene background effects
- v - vector of population effects
- ϵ - vector of residuals

X, S, Z - incidence matrices of β, α, v relative y to β, α, v

$$y = 1 - (1 - \alpha)^n$$

$$y = 1 - (1 - 0.05)^k$$

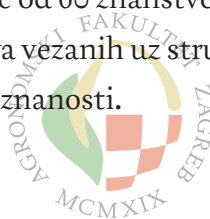
AUTORI

Klaudija Carović-Stanko



rođena je 1977. godine u Čakovcu gdje je završila opću gimnaziju. Diplomirala je i doktorirala na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu, a danas je izvanredna profesorica. Područje rada joj je sjemenarstvo, ljekovito i aromatično bilje, molekularne metode u identifikaciji kultivara i analizi bioraznolikosti, očuvanje biljnih genetskih izvora, molekularna filogenetika te fenotipizacija. Trenutno je voditeljica elementa projekta u sklopu Znanstvenog centra izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (ZCI CroP-BioDiv), a bila je voditeljica uspostavnog istraživačkog projekta Hrvatske zaklade za

znanost te suradnica na nekoliko nacionalnih i međunarodnih znanstvenih projekata. Do sada je objavila priručnik „Bosiljak – hrana i lijek” te više od 60 znanstvenih i stručnih radova. Članica je relevantnih domaćih i međunarodnih društava vezanih uz struku (ISHS, EUCARPIA, AMAPSEEC, HBoD) te Akademije poljoprivrednih znanosti.



Jerko Gunjača



rođen je 1966. godine u Splitu.

Diplomirao je, magistrirao i doktorirao na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu, a danas je redoviti profesor u trajnom zvanju. U središtu je njegovog znanstvenog interesa biometrika i grane znanosti koje se oslanjaju na nju, kao što su kvantitativna genetika i dizajn eksperimenata. Trenutno je suradnik na elementu projekta u sklopu Znanstvenog centra izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (ZCI CroP-BioDiv), a ranije je bio voditelj

i suradnik na većem broju nacionalnih i međunarodnih znanstvenih projekata.

Autor je nekoliko nastavnih i stručnih priručnika, te više od 80 znanstvenih i stručnih radova. Član je relevantnih nacionalnih i međunarodnih društava (EUCARPIA, HBMD, HAD).



Boris Lazarević

rođen je 1982. godine u Čakovcu gdje je završio srednju školu poljoprivrednog smjera. Diplomirao je i doktorirao na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu. Danas je izvanredni profesor. Područje rada mu je fiziologija i ishrana bilja, abiotski stres kod biljaka te fenotipizacija. Trenutno je nacionalni koordinator međunarodnog znanstvenog projekta „Enhancing Productivity and Resilience to Climate Change of Major Food Crops in Europe and Central Asia” kojeg financira International Atomic Energy Agency (IAEA).

Član je Znanstvenog centra izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (ZCI CroP-BioDiv) te suradnik na nekoliko projekata Hrvatske zaklade za znanost i drugih nacionalnih i međunarodnih znanstvenih projekata. Do sada je objavio priručnik „Fiziologija bilja” te je koautor udžbenika „Voda u agroekosustavu.” Objavio je više od 60 znanstvenih i stručnih radova. Član je relevantnih domaćih i međunarodnih društava vezanih uz struku (HTD, HDDB, ILS).



Monika Vidak



rođena je 1985. godine u Zaboku gdje je završila Opću gimnaziju A. G. Matoš. Na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu diplomirala je te obranila doktorat naslova „Podrijetlo i raznolikost hrvatskih tradicijskih kultivara graha (*Phaseolus vulgaris* L.)” u sklopu uspostavnog istraživačkog projekta Hrvatske zaklade za znanost. Trenutno je poslijedoktorantica na elementu projekta „Grah” u sklopu Znanstvenog centra izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (ZCI CroP-

BioDiv). Područje rada joj je sjemenarstvo, molekularne metode u identifikaciji kultivara i analizi bioraznolikosti, očuvanje biljnih genetskih izvora, fenotipizacija te ljekovito i aromatično bilje. Do sada je objavila više od 20 znanstvenih i stručnih radova.







CroP-BioDiv

Znanstveni centar izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (ZCI CroP-BioDiv)

Znanstveni centar izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (ZCI CroP-BioDiv) istraživačka je mreža usmjerena na prijenos znanja i tehnologije sa svrhom izravnog doprinosa napretku istraživanja u poljoprivredi.

Istraživačka skupina uključuje znanstvenike triju fakulteta (Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet; Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti; Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet) i triju instituta (Institut za poljoprivredu i turizam Poreč; Poljoprivredi institut Osijek i Institut za jadranske kulture i melioraciju krša, Split), te stoga uključuje ugledne znanstvenike sa svih visokoškolskih institucija kao i znanstvenih instituta iz područja poljoprivrede u Hrvatskoj.

Ciljevi Znanstvenog centra izvrsnosti su:

- (a) povećanje dobiti koja proizlazi iz upotrebe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu,
- (b) identifikacija ključnih svojstava biljnih vrsta pomoću poljskih pokusa i laboratorijskih analiza, te optimizacija protokola fenotipizacije,
- (c) optimizacija protokola genotipizacije uvođenjem standardiziranih laboratorijskih postupaka, te
- (d) primjena novih pristupa u statističkoj analizi podataka.

Istraživanja se provode na osam biljnih vrsta - modela koje predstavljaju glavne poljoprivredne kulture kao i kulture koje bi mogle postati zanimljive za poljoprivrednu proizvodnju u budućnosti u R. Hrvatskoj: kukuruz, pšenica, soja, vinova loza, maslina, kupusnjače/lukovi, grah i dalmatinski buhač/kadulje.

Krajnji je cilj Znanstvenog centra izvrsnosti poticanje suradnje i sinergije između hrvatskih sveučilišta i znanstvenih instituta na području poljoprivrede u svrhu utemeljenja nove istraživačke platforme koja će objediniti nova znanstvena saznanja i tehnološka postignuća u svrhu prevladavanja poteškoća u području oplemenjivanja bilja.

Za više informacija posjetite: <http://biodiv.iptpo.hr>

Prof. dr. sc. Zlatko Šatović, voditelj projekta

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb

Tel: 01 / 239 3935

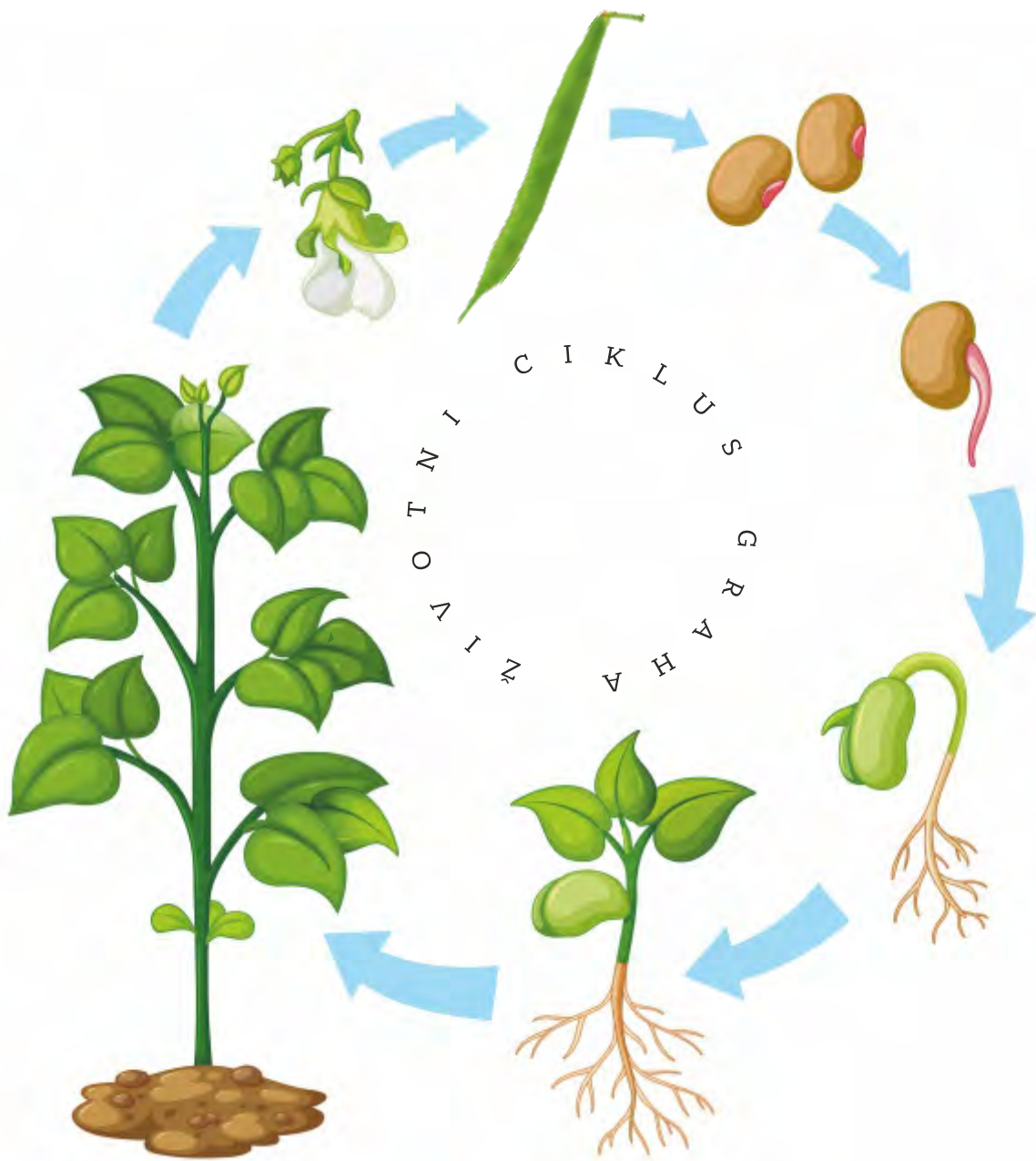
E-mail: zsatovic@agr.hr



Europska unija
Zajedno do fondova EU



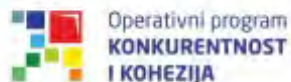
Republika Hrvatska



ISBN 978-953-8276-32-3



Europska unija
Zajedno do fondova EU



Republika Hrvatska