Marina Brčić[1], Jelena Buneta[2] ***Pregledni rad***

Tehnološki aspekti uzgoja maka za prehrambene svrhe

Sažetak

Cilj ovoga rada je opisati tehnologiju proizvodnje kojom se osiguravaju povoljni uvjeti za postizanje visokih prinosa sjemena maka namijenjenog za upotrebu u ljudskoj prehrani, a koja je istovremeno usklađena s preporukom Europske unije za sprječavanje i smanjenje prisutnosti alkaloida opijuma u sjemenu maka i njegovim proizvodima. Sjeme maka izrazito je bogato uljem i sadrži vrlo visok udio polinezasićenih masnih kiselina te zbog svojeg jedinstvenog nutritivnog sastava nalazi primjenu u ljudskoj prehrani. Za postizanje visokih prinosa važno je voditi računa o pravilnoj i pravovremenoj primjeni svih agrotehničkih mjera. Osim visokih prinosa sjemena važno je osigurati kvalitetu i zdravstvenu ispravnost sjemena. Zbog prisutnosti alkaloida u tobolcima uzgoj maka strogo se regulira te zahtijeva specifične mjere u uzgoju za proizvodnju sjemena kako ne bi došlo do kontaminacije sjemena alkaloidima. Stoga je u proizvodnji potrebno posvetiti posebnu pozornost izboru sorte za uzgoj, zaštiti usjeva od bolesti i štetočina koje doprinose kontaminaciji sjemena, podešenju kombajna u žetvi te čišćenju i obradi sjemena nakon žetve.

Ključne riječi: *mak, prinos sjemena, agrotehnika, kontaminacija sjemena, alkaloidi*

Uvod

Mak je jedna od važnih industrijskih kultura koja se uzgaja širom svijeta zbog alkaloida u tobolcima, ali i sjemena bogatog uljem. Zarezivanjem nezrelih tobolaca opijumskog maka dobiva se opijum, zrakom osušeni sok, iz kojeg se ekstrahiraju alkaloidi za ublažavanje teških bolova. Tobolci maka sadrže više od 50 različitih alkaloida (Tétényi, 1996), među kojima su za farmaceutsku industriju najvažniji morfij, kodein, tebain, papaverin i narkotin (Stranska i sur., 2013). Zbog mogućnosti njihove zloporabe, uzgoj maka u mnogim je zemljama strogo reguliran, pa je tako i u Republici Hrvatskoj propisana obveza prijave uzgoja nadležnoj inspekciji (Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva, 2012).

Sjeme maka ne sadrži alkaloide ili ih sadržava u vrlo malim količinama, međutim, do njegove kontaminacije može doći tijekom vegetacije djelovanjem insekata ili patogena te osobito tijekom žetve kada dođe u kontakt s česticama slame, uključujući i stijenke tobolaca.

*1 doc. dr. sc. **Marina Brčić**, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska*
*2 **Jelena Buneta**, studentica, diplomski studij Ukrasno bilje, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska*
*Autor za koresponednciju: **mbrcic@agr.hr***

Najčešće se koristi kao dodatak pekarskim proizvodima, u nadjevima za kolače i deserte te za proizvodnju ulja. Ulje maka odlikuje se polinezsićenim masnim kiselinama, pri čemu dominira linolna (C18:2 n-6; 66-71%) uz značajan udio oleinske (C18: 1n-9; 16-22%) i palmitinske (C16:0; 9%) te oko 1% linolenske (C18:3) masne kiseline (Brčić i sur., 2016). Linolna i linolenska masna kiselina pripadaju skupinama omega-6, odnosno omega-3 masnih kiselina. Ljudsko tijelo ove masne kiseline ne može sintetizirati, stoga se one nazivaju i esencijalnim masnim kiselinama i imaju vrlo važnu ulogu u ljudskoj prehrani. Osim masnih kiselina, sjeme je bogato proteinima, vlaknima, vitaminima, mineralima, flavonoidima, fenolima, tokoferolima (Zubay i sur., 2020.; Muhammad i sur., 2021; Melo i sur., 2022), zbog čega se mak svrstava u funkcionalnu hranu (Melo i sur. 2022).

Stoga je cilj ovoga rada opisati tehnologiju proizvodnje kojom se osiguravaju povoljni uvjeti za postizanje visokih prinosa sjemena namijenjenog ljudskoj prehrani, a koja je usklađena s preporukom Europske unije za sprječavanje i smanjenje prisutnosti alkaloida u sjemenu maka i njegovim proizvodima.

Tehnologija proizvodnje maka

Plodored

Mak je potrebno uzgajati u plodoredu, a na istoj površini preporučuje se sijati ga tek nakon pet godina (Schreier i Zajeda, 1994). Najbolji predusjevi za uzgoj maka su okopavine gnojene organskim gnojivima te mahunarke zbog njihovog povoljnog utjecaja na plodnost i strukturu tla te smanjenu zakorovljenost. Međutim, u suvremenoj poljoprivrednoj praksi, zbog često suženih plodoreda, takav raspored usjeva nije uvijek moguć, pa se mak najčešće uzgaja nakon žitarica (Satranský, 2022).

Važno je naglasiti da izbor predusjeva ne utječe samo na prinos, nego i na zdravstveno stanje usjeva. Uzak plodored povećava rizik pojave bolesti i štetnika, što nadalje može dovesti do oštećenja tobolaca te posljedično tome do kontaminacije sjemena alkaloidima.

Obrada tla

Mak je kultura koja zbog sitnog sjemena zahtijeva pažljivu pripremu tla kako bi se osigurali optimalni uvjeti za klijanje i nicanje. S obzirom na to da se mak najčešće uzgaja u plodoredu nakon žitarica, primjenjuje se konvencionalna obrada tla koja uključuje prašenje strništa i srednje duboko oranje (Fejér i Salomon, 2014). Prašenje strništa je važno pravilno izvesti kako bi se smanjila zakorovljenost jednogodišnjim korovima i samoniklim žitaricama. Nakon prašenja strništa slijedi oranje koje mora biti kvalitetno obavljeno, čime se osiguravaju povoljni uvjeti za predsjetvenu pripremu tla i stvara optimalan omjer finih čestica tla. Osim toga, oranje povoljno utječe na miješanje i usitnjavanje biljnih ostataka te sprječava nicanje korova. Jesensko oranje za sjetvu jarog maka treba obaviti najkasnije do početka listopada (Németh, 2006). Optimalna dubina osnovne obrade prema Popov i sur. (1971) i Kuchtová i sur. (2013) iznosi između 15-20 cm, dok prema Mórász (1979) može iznositi između 22-29 cm. Ove razlike mogu se povezati s različitim agroekološkim uvjetima, tipovima tla i intenzitetom proizvodnje, što upućuje na potrebu prilagodbe dubine obrade konkretnim proizvodnim uvjetima.

Proljetnu pripremu tla potrebno je obaviti čim to stanje tla dopusti. Na taj će se način sačuvati vlaga u tlu. Tlo se priprema za sjetvu plitko, uz što manji broj zahvata. Fejér i Salomon (2014) navode da je optimalna dubina predsjetvene pripreme između 2 i 5 cm, pri čemu

je dovoljno obaviti jedan prohod drljačom. Površina optimalno pripremljenog tla lagano je grudaste teksture s čvrstim sjemenskim slojem koji nije pretjerano zbijen (Havel, 2009). Korištenje minimalne obrade tla znatno je rizičnije za uzgoj maka nego kod većine drugih kultura, ponajprije zbog slabije kontrole korova i nepovoljnih uvjeta za nicanje, dok direktna sjetva nije pogodna za uzgoj maka (Kuchtová i sur., 2013). Navedeno ukazuje na to da, unatoč trendovima smanjenja intenziteta obrade tla u suvremenoj poljoprivredi, konvencionalni sustavi obrade i dalje imaju ključnu ulogu u stabilnoj proizvodnji maka.

Potrebe za hranjivima i gnojidba

Mak je kultura koja zahtijeva intenzivnu gnojidbu. Biljke maka s prinosom od 1 t sjemena, zajedno s odgovarajućim prinosom slame, usvajaju 54-68 kg N, 26 kg P_2O_5, 53-76 kg K_2O, 43-60 kg CaO i 10-13 kg MgO (Strażyński i sur., 2020). Mak ima i velike zahtjeve za mikroelementima kao što su bor, mangan, cink i bakar. Potrebne količine gnojiva za gnojidbu ovise o tipu tla, predkulturi, klimatskim uvjetima i planiranom prinosu.

Najvažniji nutrijent koji utječe na visinu prinosa i kvalitetu sjemena je dušik (Németh, 2006). Međutim, istraživanja upućuju na potrebu opreza pri doziranju ovog hranjiva. Prema Dachler (1990) i Kuchtová i sur. (2013) ukupne količine dušika za gnojidbu maka ne bi trebale prelaziti 70–80 kg ha^{-1}, jer veće količine mogu negativno utjecati na prinos i kvalitetu sjemena. Kádár i sur. (2001) u desetogodišnjem istraživanju dodatno potvrđuju kako prekomjerna gnojidba dušikom osim smanjenja sadržaja ulja u sjemenu, mijenja sastav masnih kiselina, pri čemu se smanjuje udio oleinske i linolenske, a povećava udio linolne kiseline. Ovo istraživanje također je pokazalo da povećane količine dušika mogu povećati koncentraciju alkaloida u tobolcima. Navedeni rezultati imaju posebnu važnost u kontekstu proizvodnje maka za prehrambene svrhe, gdje povećana koncentracija alkaloida u tobolcima može povećati rizik od kontaminacije sjemena tijekom žetve i dorade. Time gnojidba, osim agronomskog, dobiva i značajan tehnološki i sigurnosni aspekt.

S obzirom na dinamiku usvajanja hranjiva, mak zahtijeva kontinuiranu opskrbu dušikom sve do faze izduživanja biljke. U skladu s tim, u osnovnoj gnojidbi dodaje se četvrtina dušičnih te polovica fosfornih i kalijevih gnojiva, dok se druga polovica fosfornih i kalijevih gnojiva te polovica dušičnih gnojiva dodaje u predsjetvenoj pripremi. Ostatak dušičnih gnojiva primjenjuje se prihranom u fazi 6 listova (Pospišil, 2013). Iako povećane količine fosfora i kalija mogu doprinijeti povećanju ukupnog prinosa i akumulacije hranjiva, rezultati dugoročnih istraživanja ukazuju da iznad određenih razina opskrbe ne dolazi do daljnjeg povećanja prinosa (Kádár i sur., 2001), što naglašava važnost optimizacije gnojidbe. Stoga se kalijeva i fosforna gnojiva primjenjuju u količini od 30-80 kg P_2O_5 i 80-100 kg K_2O po hektaru (Strażyński i sur., 2020).

Sjetva

Kvaliteta sjemena za sjetvu

Za postizanje visokih prinosa potrebno je koristiti kvalitetno certificirano sjeme. Pravilnikom o stavljanju na tržište sjemena uljarica i predivog bilja (NN 106/2022) propisano je za sjeme maka da treba imati minimalnu čistoću 98% i klijavost 80% (Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva, 2022). Danas proizvođači sjemenskog materijala osim visoke klijavosti jamče i dobru vitalnost sjemena koja osigurava klijanje u različitim stresnim uvjetima. Takvo sjeme temeljni je preduvjet za povoljan rast i razvoj biljaka i naposljetku visok prinos sjemena (Procházka i sur., 2019). U tu svrhu sjeme se dodatno tretira kako bi se zaštitilo od napada bolesti i štetnika, kao i tvarima koje potiču brže i ujednačenije nicanje.

Rok sjetve

Budući da je mak biljka dugog dana, pri odabiru roka sjetve potrebno je voditi računa o tome da biljke imaju dovoljno vremena za vegetativni razvoj (Schneider, 2016). U sušnim područjima manjak zimske vlage može učiniti uzgoj jaroga maka rizičnim, dok kišovito proljeće može negativno utjecati na proizvodnju zbog kašnjenja sjetve (Neugschwandtner, 2023). U područjima s dugim i hladnim zimama te čestim proljetnim oborinama, poput zapadne, središnje i istočne Europe, mak se najčešće uzgaja kao jara kultura (Pospišil, 2013). U kontinentalnom dijelu Hrvatske sjetva se najčešće obavlja krajem ožujka, dok je moguća i jesenska sjetva sredinom rujna, pri čemu postoji rizik od izmrzavanja. Slične preporuke navode se i za druge europske zemlje, uz određene prilagodbe lokalnim klimatskim uvjetima. Tako Schneider (2016) u Austriji preporučuje sjetvu jarog maka od ožujka do početka travnja, a ozimog od početka do sredine rujna, ali je moguća sjetva i do kraja rujna (Köppl i Kastenhuber, 2021). U Češkoj se također preporučuje što ranija proljetna sjetva tijekom ožujka, a najkasnije do sredine travnja, jer kod kasnijih rokova sjetve, zbog reakcije biljaka na duljinu dana, dolazi do ubrzanog prijelaza u generativnu fazu (Havel, 2009).

Rezultati istraživanja provedenih u Europi pokazuju da utjecaj roka sjetve na prinos sjemena maka značajno ovisi o agroekološkim uvjetima. Općenito se rani i optimalni rokovi sjetve povezuju s većom produktivnošću biljaka. Tako su u Poljskoj Zając i sur. (2011) utvrdili da rani rokovi sjetve povećavaju produktivnost sorata s niskim sadržajem morfija, pri čemu biljke razvijaju tobolce veće pojedinačne mase, a najproduktivnije biljke formiraju tri ili više tobolaca. Ranija sjetva povoljno utječe na razvoj dovoljne lisne površine prije cvatnje. Budući da vegetativna faza maka traje relativno dugo, biljka započinje cvatnju kasnije (Neugschwandtner, 2023). Nedostatak vode, osobito u razdoblju prijelaza iz vegetativne u generativnu fazu, može dovesti do značajnog smanjenja prinosa sjemena (Fischbeck i sur., 1975; Honermeier i sur., 2006). Istraživanja također pokazuju da razlike između rokova sjetve nisu uvijek izražene. Primjerice, u Njemačkoj nisu utvrđene značajne razlike u prinosu sjemena između jesenskih rokova sjetve krajem rujna i sredinom listopada (Luhmer i sur., 2019), dok su u Sloveniji tijekom dvogodišnjeg pokusa također izostale značajne razlike između proljetne i jesenske sjetve. Iako je ozimi mak ostvario veći prinos sjemena po biljci, slabije prezimljenje rezultiralo je manjom gustoćom sklopa (Ograjšek i sur., 2016). S druge strane, istraživanja u Mađarskoj pokazala su da jesenska sjetva, zbog produljenog vegetacijskog razdoblja, može rezultirati većim sadržajem suhe tvari u odnosu na proljetnu sjetvu (Bernáth i Tétényi, 1982).

Način sjetve

Za sjetvu maka mogu se koristiti pneumatske i mehaničke sijačice (Kuchtová i sur., 2013). Zbog izrazito sitnog sjemena, dubina sjetve ima presudnu ulogu u uspješnom nicanju. Stoga dubinu sjetve treba prilagoditi uvjetima uzgoja. U optimalnim uvjetima najbolji rezultati postižu sjetvom na dubinu od 0,5 do 1,0 cm (Németh, 2006), dok u sušnijim uvjetima i na lakšim tlima dubina sjetve može biti i do 2 cm (Schneider, 2016). Valjanje je važna operacija koja se može izvoditi i prije i nakon sjetve jer poboljšava kontakt sjemena i tla te osigurava ujednačeno nicanje.

Razmak redova također predstavlja važan čimbenik koji utječe na razvoj biljaka i mogućnosti suzbijanja korova. Preporuke u literaturi variraju, pri čemu se najčešće navodi optimalan razmak redova između 25-40 cm, a povećanje razmaka redova na 45 cm osigurava mehaničko uništavanje korova na jako zakorovljenim tlima i gdje je primjena herbicida ograničena (Németh, 2006). Međutim, neki autori navode nešto uži optimalan razmak od

125 do 250 mm (Fejér i Salomon, 2014) ili od 75 do 150 mm (Bechyně i sur., 2001), što može rezultirati bržim zatvaranjem sklopa i boljom kompetitivnošću usjeva prema korovima.

Optimalna gustoća sklopa iznosi 50-70 biljaka m^{-2}, a postiže se sjetvom 0,8-1,5 kg sjemena ha^{-1} (Bechyně i sur., 2001). U ekološkom uzgoju optimalan broj biljaka iznosi oko 30-40 biljaka m^{-2}, međutim stvarno se postiže manje tj. između 18 i 25 biljaka m^{-2} (Kuchtová i sur., 2013) što ukazuje na izazove u postizanju optimalnog sklopa i na potrebu prilagodbe gustoće sklopa specifičnim uvjetima proizvodnje.

Izbor sortimenta

Na području Europske unije registriran je vrlo velik broj različitih sorti maka (Europska komisija, 2024), a izbor sorte ovisi o klimatskim prilikama uzgojnog područja i o namjeni sjemena. Prema Mikšík i Lohr (2020) sorte maka mogu se podijeliti s obzirom na sadržaj alkaloida:

1. Sorte s niskim sadržajem morfija u slami (do 0,3%). Sjeme je namijenjeno za prehrambene svrhe. Mogućnost zlouporabe za ilegalnu proizvodnju opijuma je znatno ograničena (npr. Zeno, Przemko).
2. Sorte sa srednjim sadržajem morfija u slami (0,3-0,8%). Sjeme je također namijenjeno u prehrambene svrhe.
3. Sorte s visokim sadržajem morfija u slami (1,5-3%). Proizvodnja maka namijenjena je za industrijsku uporabu. Sjeme nije prikladno za prehrambene svrhe.

U proizvodnji maka za prehrambene svrhe prednost se daje sortama s niskim i srednjim sadržajem alkaloida, iako sam izbor sorte ne isključuje potrebu za primjenom odgovarajućih agrotehničkih mjera u cilju smanjenja kontaminacije sjemena.

Najznačajnije bolesti maka i njihovo suzbijanje

Na biljkama maka mogu se pojaviti brojni patogeni virusnog, bakterijskog i gljivičnog podrijetla. Najznačajnije bolesti koje se javljaju kod maka su: pleosporoza (*Crivellia papaveracea, syn. Pleospora papaveracea*), peronospora (*Peronospora arborescens*) i siva plijesan (*Botrytis cinerea*) (Strażyński i sur., 2020). Bolesti značajno utječu na prinos sjemena maka (Szymanowska i sur., 2000; Wałkowski, 2005), kvalitetu sjemena i količinu alkaloida. S obzirom na to da miceliji gljiva *Peronospora arborescens* i *Pleospora papaveracea* prodiru u tobolce i dovode do pogoršanja kvalitete i senzornih svojstava sjemena, tj. okusa i boje, a takvo pljesnivo sjeme, koje se razlikuje po boji, u liniji čišćenja ne može se u cijelosti odvojiti. Također prodiranje micelija u tobolce dovodi i do pojave „pucanja maka“ pri čemu mliječni sok koji istječe onečišćuje sjeme alkaloidima.

U cilju sprečavanja pojave ovih bolesti, uz primjenu preventivnih mjera nužna je i odgovarajuća kemijska zaštita. Stoga i Europska komisija (2014.) naglašava neophodnost primjene zaštite maka odgovarajućim fungicidima. Prema bazi podataka Fitosanitarnog informacijskog sustava (Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva, 2026) za tu svrhu registrirani su sljedeći fungicidi:

1. Caramba na bazi aktivne tvari metkonazol služi za suzbijanje koncentrične pjegavosti (*Alternaria spp.)* i bijele truleži (*Sclerotinia sclerotiorum*).
2. Propulse na bazi aktivnih tvari fluopiram i protiokonazol. Koristi se u suzbijanju crne pjegavosti maka *(Helminthosporium papaveris)* od stadija 6 listova do stadija zelenog tobolca (BBCH 16-77).

3. Afrodyta 250 SC na bazi aktivne tvari azoksistrobin za suzbijanje plamenjače maka *(Peronospora arborescens)* od sredine cvatnje do početka razvoja tobolca (BBCH 65-71)
4. Lumisena na bazi aktivne tvari oksatiapiprolin koristi se za tretiranje sjemena u cilju sprječavanja bolesti plamenjače maka (*Peronospora arborescens*).

Najznačajniji štetnici maka i njihovo suzbijanje

Štetnici predstavljaju jedan od najznačajnijih biotičkih čimbenika koji mogu uzrokovati gubitke prinosa, ali i narušiti tehnološku i zdravstvenu kvalitetu sjemena maka. Među najznačajnijim su siva makova pipa (Neoglycianus macula-alba), makova korijenova pipa (*Stenocarus ruficornis*), makova mušica (Dasineura papaveris), crna bobova uš (*Aphis fabae*), makova osa (*Timaspis papaveris*), kupusni štitasti moljac (*Aleyrodes proletella*) te ptice (Strażyński i sur., 2020).

Posebnu važnost ima makova pipa (*Neoglycianus macula-alba*) i makova mušica (*Dasineura papaveris*) jer narušavaju kvalitetu sjemena, ali i uzrokuju „pucanje maka" pri čemu mliječni sok koji istječe kontaminira sjeme alkaloidima. Ovaj proces predstavlja jedan od ključnih puteva povećanja sadržaja opijatskih alkaloida u sjemenu maka, što ima izravne implikacije na sigurnost hrane (Europska komisija, 2014). Time se zaštita od ovih štetnika ne promatra isključivo kao mjera očuvanja prinosa, već i kao važan element kontrole kvalitete i zdravstvene ispravnosti proizvoda.

Crna bobova uš (*Aphis fabae*) hrani se svim dijelovima biljke, sišući sokove iz tkiva i uzrokujući deformacije i uvijanje listova ili zaostao rast tobolaca koji se prerano suše (Strażyński i sur., 2020). Lisne uši kao vektori prenose i viruse maka (Horvath i Besada, 1975).

U Republici Hrvatskoj prema bazi podataka Fitosanitarnog informacijskog sustava u 2024. godini (Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva, 2026) registrirani su sljedeći insekticidi za suzbijanje štetnika maka:

1. Karate Zeon na bazi aktivne tvari lambda-cihalotrin za suzbijanje lisnih ušiju.
2. Mospilan 20 SP na bazi aktivne tvari acetamiprid za suzbijanje makove mušice.

Ograničen izbor aktivnih tvari dodatno naglašava važnost integriranog pristupa zaštiti, koji uključuje praćenje populacije štetnika, pravovremenu primjenu mjera i korištenje preventivnih agrotehničkih postupaka.

Korovi i njihovo suzbijanje

Kontrola korova u proizvodnji maka je jedan od ključnih elemenata koji određuje isplativost ove proizvodnje. Učinkovitost regulacije zakorovljenosti u maku ovisi o primjeni agrotehničkih mjera, tipu tla i vremenskim prilikama (Strażyński i sur., 2020). Zbog sporog početnog rasta i slabe kompeticijske sposobnosti suzbijanje korova predstavlja veliki izazov za uzgajivače maka (Kuchtová i sur., 2013). Isto tako mak je relativno osjetljiv na herbicide, što dodatno otežava regulaciju korova (Wójtowicz i Wójtowicz, 2009).

Bitan aspekt integrirane zaštite od korova jest pravilan plodored i primjena preventivnih mjera (Tomalak i sur., 2004; Pannacci i sur., 2017). Stoga bi program regulacije korova trebao uključivati suzbijanje korova već nakon žetve predkulture. Kemijska kontrola korova i dalje predstavlja važan dio proizvodnje, iako je njezina primjena ograničena. U Republici Hrvatskoj prema bazi podataka Fitosanitarnog informacijskog sustava u 2026. godini registrirani su sljedeći herbicidi koji se mogu primijeniti nakon nicanja maka:

1. Focus Ultra na bazi aktivne tvari cikloksidim, a koristi se za suzbijanje jednogodišnjih i višegodišnjih uskolisnih korova.

2. Fusilade Max na bazi aktivne tvari fluazifop-P za suzbijanje jednogodišnjih i višegodišnjih uskolisnih korova. Sredstvo se može primijeniti do faze pojave cvjetnih pupova maka (BBCH 50).
3. Laudis WG na bazi aktivne tvari tembotrion, a koristi se za suzbijanje jednogodišnjih travnih i jednogodišnjih širokolisnih korova. Sredstvo se primjenjuje od stadija razvoja šestog do stadija razvoja osmog lista maka (BBCH 16-18).

Žetva i obrada sjemena nakon žetve

U vrijeme zriobe, sjeme unutar tobolaca se odvojilo od pregrada te pri protresanju tobolaca čuje se šuškanje sjemena koje je palo na dno tobolca (Fejér i Salomon, 2014). Pravodobno određivanje termina žetve od ključne je važnosti za očuvanje prinosa i kvalitete sjemena. Žetva maka za prehrambene svrhe obavlja se kada je vlaga sjemena ispod 10%, a u slučaju kada se ne može obaviti pod navedenim uvjetima, mak se žanje zajedno s makovom slamom nakon čega se odmah mora sušiti na temperaturi do 40 °C (Europska komisija, 2014). Na području umjerenog pojasa žetva jarog maka odvija se od druge polovice srpnja do početka kolovoza, dok se žetva ozimog maka odvija mjesec dana ranije (Németh, 2006). Ako se usjev ne požanje na vrijeme, na površini tobolaca može se razviti crna prevlaka koju čine micelij gljivice *Alternaria* spp. što smanjuje kvalitetu maka za otkup (Kuchtová i sur., 2013).

Prosječni prinosi sjemena mogu značajno varirati ovisno o agroekološkim uvjetima i primijenjenoj tehnologiji uzgoja. Najčešće variraju između 0,3 do 1,0 t ha^{-1} (Németh, 2006), međutim primjenom intenzivne agrotehnike mogu se postići i prinosi od 2 t ha^{-1} (Cihlář i sur., 2005).

Način žetve može značajno utjecati na visinu gubitaka i kvalitetu sjemena. Na malim površinama, tobolci se mogu ručno brati što omogućuje kvalitetniju žetvu u odnosu na kombajniranje. Nedostatak ručne berbe je veliki zahtjev za radom i s njime povezani troškovi. Međutim, žetva se najčešće obavlja žitnim kombajnom, čime se smanjuje potreba za radnom snagom i troškovi, ali dovodi do većeg udjela oštećenog sjemena, gubitaka sjemena i tobolaca tijekom žetve (Kuchtová i sur., 2013). Oštećeno sjeme zbog ulja na površini privlači prašinu iz zdrobljenih tobolaca i na taj način povećava koncentraciju alkaloida opijuma na sjemenu maka. Osim toga, ulje maka kratke je trajnosti te oksidira vrlo brzo. Stoga oštećeno sjeme znatno slabi senzornu kvalitetu maka za uporabu u prehrani i njegovu trajnost, uzrokujući onečišćenje i povećanje razina alkaloida opijuma (Europska komisija, 2014).

Kako bi se izbjegli ovi gubici, vrlo je važno pravilno podesiti kombajn za žetvu. Schneider (2016) navodi kako bi se izbjeglo oštećenje sjemena u žetvi bubanj i podbubanj za vršidbu moraju biti podešeni tako da se tobolac samo otvori. Nadalje, potrebno je smanjiti brzinu okretaja motora, kao i jačinu vjetra, a postavke vjetra moraju se nekoliko puta provjeriti na polju zbog gubitaka.

Nakon žetve sjeme je potrebno očistiti od prašine koja dolazi iz slame ili pak primijeniti neku od metoda obrade kako bi se izbjegla kontaminacija alkaloidima. Čestice prašine i druge nečistoće čiste se pomoću usisnog stroja kako bi se postigla čistoća sjemena veća od 99,8%. Sadržaj alkaloida opijuma u sjemenu maka može se smanjiti uz pomoć različitih metoda obrade. Najučinkovitije metode uključuju pranje i namakanje, toplinsku obradu pri čemu se upotrebljava temperatura od najmanje 135 °C, po mogućnosti viša od 200 °C, niže temperature (npr. 100 °C) u kombinaciji s vlagom ili pranjem, mljevenje i kombinacije više različitih načina obrade (Europska komisija, 2014).

Uzimajući u obzir sve navedeno, jasno je da žetva i posliježetvena obrada predstavljaju kritične faze u proizvodnji maka, u kojima se ne određuje samo visina prinosa, već i njegova zdravstvena ispravnost.

Zaključak

Postizanje visokih prinosa sjemena maka uvelike ovisi o pravilnoj primjeni agrotehničkih mjera, uključujući odgovarajući izbor sorte i plodoreda, optimalan rok i gustoću sjetve, uravnoteženu gnojidbu te pravovremenu žetvu. Osim što utječu na prinos, navedene agrotehničke mjere imaju važnu ulogu i u očuvanju kvalitete i zdravstvene ispravnosti sjemena. U proizvodnji maka namijenjenog za prehrambene svrhe potrebno je posebnu pozornost posvetiti sprječavanju kontaminacije sjemena opijatskim alkaloidima, ponajprije odgovarajućim izborom sortimenta, sprječavanjem oštećenja tobolaca tijekom vegetacije uslijed djelovanjem insekata i patogena, pravilnim provođenjem žetve te primjenom odgovarajućih postupaka dorade i čišćenja sjemena.

Napomena

Ovaj rad je izvod iz završnog rada studentice Jelene Bunte obranjenog 20. 09. 2024.

Literatura

Bechyně M., Kadlec T., Vašák J. (2001) *Mák. Semafor, Praha.*

Bernáth J., Tétényi P. (1982) *Production characteristics of Papaver somniferum L. cultivars of different origin and vegetation cycles. Bulletin of Narcotics, 34(3-4), 113-127.*

Brčić M., Pospišil M., Pospišil A., Butorac J., Škevin D., Obranović M. (2016) *The agronomic traits of foreign cultivars and domestic populations of oilseed poppy. Poljoprivreda, 22(2), 23-28. https://doi.org/10.18047/poljo.22.2.4*

Cihlář P., Vašák J., Kosek Z. (2005) *Technologie máku setého nad výnosy semen.(Technology of poppy (Papaver somniferum L.) for 2 t/ha seed yields). In: Proceedings of the Conference "Oilseed rape, Poppy, Mustard". Prague, pp. 108-111.*

Dachler M. (1990) *Varieties and nitrogen requirements of some medicinal and spice plants grown for seed (Papaver somniferum L., Linum usitatissimum L., Carum carvi L. And Sinapis alba L.) In: International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants, XXIII IHC 306 pp. 88-99.*

Europska komisija (2014). *Preporuka Komisije od 10. rujna 2014. o dobrim praksama za sprečavanje i smanjenje prisutnosti alkaloida opijuma u sjemenu maka i proizvodima od sjemena maka. Službeni list Europske unije 57,96-100. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A32014H0662 (Pristupljeno 2. travnja 2024.)*

Fejér J., Salomon I. (2014) *Agro-Technology of the Poppy: Large-Scale Cultivation in Slovakia. Acta Hortic. 1036, 181-185. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1036.21*

Fischbeck G., Heyland K. U., Knauer N. (1975) *Spezieller Pflanzenbau. Eugen Ulmer, Stuttgart, Germany.*

Havel J. (2009). *Zakládání porostů máku. Semináře pro pěstitele máku a slunečnice, rentabilní technologie pěstování při dodržení zásad cross-compliance. Sborník vzdělávacích materiálů pro účastníky seminářů v rámci Programu rozvoje venkova České republiky. V rámci realizace projektů rozvoje venkova reg. č. 09/007/1310a/180/003343, s. 4 – 10.*

Honermeier B. (2006) *Mohn. In: Handbuches Pflanzenbaues 4, Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen (Heyland, K.-U.,Hanus, H., Keller, E., Eds). Eugen Ulmer: Stuttgart, Germany.*

Horvath J., Besada W. H. (1975*) Opium poppy (Papaver somniferum L.), a new natural host of turnip mosaic virus in Hungary. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. 82, 162–167.*

Kádár, I., Földesi, D., Vörös, J., Szilagyi, J., Lukacs, D. (2001). *Mineral fertilisation of poppy (Papaver somniferum L.) on calcareous loamy chernozem soil. II. Novenytermeles 50 (4), 467-478*

Köppl P., Kastenhuber W. (2021) *Anbau und Kulturanleitung Mohn. Landwirtschaftskammer Oberösterreich, Graz. https://ooe.lko.at/media.php?filename=download%3D%2F2021.05.11%2F1620712670042998.pdf&rn=Mohn%20*

%282021%2FLK%20O%C3%96%29.pdf (pristupljeno 24. ožujka 2024.)

Kuchtová P., Hájková M., Havel J., Kazda J., Plachká E., Dvořák P. (2013) *Pěstitelská technologie máku pro ekologické zemědělství. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.*

Luhmer K., Blum H., Berg M., Pude R., Wember L. (2019). *Optimierung von Saatzeitpunkt und Nährstoffversorgung von Wintermohn. Innovatives Denken für eine nachhaltige Land-und Ernährungswirtschaft. Beiträge zur 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 5. bis 8. März 2019. https://orgprints.org/id/eprint/36182/1/Beitrag_255_final_a.pdf (pristupljeno 28. travnja 2024.)*

Melo D., Álvarez-Ortí M., Nunes M. A., Espírito Santo L., Machado S., Pardo J. E., Oliveira M. B. P. (2022) *Nutritional and chemical characterization of poppy seeds, cold-pressed oil, and cake: Poppy cake as a high-fibre and high-protein ingredient for novel food production. Foods, 11(19), 3027.*

Mikšík V., Lohr V. (2020). *The largest producer of breadseed poppy. Ministry of Agriculture of the Czech Republic, Prague.*

Mórász S. (1979) *A mák termesztése. Mezôgazdasági Kiadó, Budapest*

Muhammad A., Akhtar A., Aslam S., Khan R. S., Ahmed Z., Khalid, N. (2021) *Review on physicochemical, medicinal and nutraceutical properties of poppy seeds: a potential functional food ingredient. Functional Foods in Health and Disease, 11(10), 522-547.*

Németh E. (2006). *Cultivation of Poppy in the Temperate Zone. In: Poppy: The Genus Papaver - Medicinal and aromatic plants : industrial profiles; v. 3 (ed Bernáth J.). Taylor & Francis, Amsterdam.*

Neugschwandtner R. W., Dobos G., Wagentristl H., Lošák T., Klimek-Kopyra A., Kaul, H.P. (2023) *Yield and Yield Components of Winter Poppy (Papaver somniferum L.) are affected by sowing date and sowing rate under Pannonian climate conditions. Agriculture, 13(5), 997. https://doi.org/10.3390/agriculture13050997*

Ograjšek S., Ačko D. K., Kastelec D. (2016). *The impact of the period of sowing and fertilization on morphological characteristics and seed yield of garden poppy (Papaver somniferum L.). Acta agriculturae Slovenica, 107(1), 219-228.*

Pannacci E., Lattanzi B., Tei F. (2017)*. Non-chemical weed management strategies in minor crops: A review. Crop Protection, 96, 44–58*

Popov P., Dimitrov, J., Iliev, L., Georgiev, S. (1971). *Mak (Papaver somniferum L.) Bulgarskaja Akademija na Naukite, Sofia, Bulgaria.*

Pospišil M. (2013.): *Ratarstvo II. dio – Industrijsko bilje. Zrinski d.d., Čakovec.*

Procházka P., Štranc P., Vostřel J., Řehoř J., Křováček J., Brinar J., Pazderů K. (2019): *The influence of effective soybean seed treatment on root biomass formation and seed production. Plant, Soil and Environment, 65, 588–593. https://doi.org/10.17221/545/2019-PSE*

Satranský M. (2022) *Pěstitelské technologie máku a vybrané výsledky z pokusů. Agromanuál, 2022/3, 146-148*

Strażyński P., Mrowczyński M., Korbas M., Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E., Broniarz J., Podleśna A. , Danielewicz J., Obst A., Krawczyk R., Kierzek R., Nijak K., Gorzała G., Matysiak K., Zamojska J., Krowczyńska A. (2020) *Metodyki integrowanej ochrony maku dla doradców. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań.*

Schneider B. (2016). *Dossier Mohn an bau Kräuterkurs. Versuchszentrum Laimburg, Laimburg.*

Schreier J., Zejada J. (1994). *Technologie vyroby maku. Metodika: 32p.*

Stranska I., Skalicky M., Novak J., Matyasova E., Hejnak V. (2013). *Analysis of selected poppy (Papaver somniferum L.) cultivars: Pharmaceutically important alkaloids. Industrial Crops and Products, 41, 120-126.*

Szymanowska E., Pszczoła J., Liersch J. (2000). *Mak. ZD HAR Borowo, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Poznań, 24 ss.*

Tétényi P. (1996). *Opium Poppy (Papaver somniferum): Botany and Horticulture. In Horticultural Reviews, J. Janick (Ed.). https://doi.org/10.1002/9780470650622.ch7*

Tomalak M., Lipa J. J., Krawczyk R., Korbas M. (2004). *Uwarunkowania stosowania środków ochrony roślin w rolnictwie ekologicznym – materiały dla doradców. Krajowe Centrum Rolnictwa Ekologicznego – Regionalne Centrum Doradztwa Rozwoju Rolnictwa i Obszarów Wiejskich, Radom, 111 ss.*

Wałkowski T. (2005). *Mak oleisty. Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Poznań, 44 ss.*

Wójtowicz M., Wójtowicz A. (2009). *Effectiveness of chemical protection against weeds applied to poppy (Papaver somniferum L.). Journal of Plant Protection Research, 49 (2), 210-215. https://doi.org/10.2478/v10045-009-0031-3*

Zając T., Oleksy A., Klimek-Kopyra A. (2011). *Comparison of growth and productivity of the low morphine poppy Papaver somniferum L. cv. Mieszko depending on the sowing date. Acta Agrobotanica, 64(3), 67-78. https://doi.org/10.5586/aa.2011.033*

Zubay P., Jókainé Szatura Z., Ladányi M., Zámboriné Németh É., Szabó K. (2020) *Variations in mineral content of opium poppy seeds (Papaver somniferum L.). Acta Agronomica Óváriensis, 61(2), 73-92.*

Popis korištenih poveznica:

Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva (2012)*. Pravilnik o uvjetima za uzgoj konoplje, načinu prijave uzgoja maka te uvjetima za posjedovanje opojnih droga u veterinarstvu. Narodne novine, NN 18/2012. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_02_18_505.html (pristupljeno 2. veljače 2024.).*

Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva (2022). *Pravilnik o stavljanju na tržište sjemena uljarica i predivog bilja. Narodne novine, NN 106/2022 https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2022_09_106_1555.html (pristupljeno 19. ožujka 2024.).*

Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva (2026). *Fitosanitarni informacijski sustav. https://fis.mps.hr/fis/javna-trazilica-szb (pristupljeno 11. travnja 2026.).*

Europska komisija (2024). *Zajednički katalog sorata poljoprivrednih biljnih vrsta Europske unije. https://ec.europa.eu/food/plant-variety-portal/ (pristupljeno 9. lipnja 2024).*

Prispjelo/Received: 24.3.2026. ***Prihvaćeno/Accepted: 30.4.2026.***

Prefessional paper

Technological Aspects of Poppy Cultivation for Food Purposes

Abstract

This work aimed to describe the production technology that provides favourable conditions for obtaining high yields of poppy seeds intended for human consumption, while adhering to European Union recommendations for good practices to prevent and reduce the presence of opium alkaloids in poppy seeds and poppy seed products. Poppy seeds are rich in oil and contain a high proportion of polyunsaturated fatty acids, which, together with their unique nutritional composition, make them suitable for human consumption. To achieve high yields, it is essential to implement all agronomic practices properly and on time. In addition to achieving high seed yields, it is also important to ensure the quality and safety of the seeds. Due to the presence of alkaloids in capsules, poppy seed cultivation is strictly regulated and requires specific practices to prevent contamination of the seeds with alkaloids. During production, particular attention must be paid to the selection of variety, protection of crops against diseases and pests that contribute to seed contamination, adjustment of the harvester, and cleaning and processing of the seed after harvesting.

Keywords: *poppy seed, seed yield, crop management, alkaloids, seed contamination*