

Ohranjanje semena vrste *Brassica napus* L. v talni semenski banki

Barbara PIPAN¹, Jelka ŠUŠTAR-VOZLIČ², Vladimir MEGLIČ³

Received July 10, 2013; accepted August 30, 2013.

Delo je prispelo 10. julija 2013, sprejeto 30. avgusta 2013.

IZVLEČEK

Najbolj razširjena oblika vrste *Brassica napus* L. je oljna ogrščica, njeno seme pa je zaradi svojih fizikalnih lastnosti zelo mobilno in zato nagnjeno k raztrošu. Nenadzorovane izgube semena predstavljajo potencial za pojavljanje samosevnih in podivjanih populacij te vrste znotraj in zunaj pridelovalnih površin, saj se njeno seme ohranja in ostaja viabilno v tleh tudi več let. Dinamika pojavnosti teh rastlin je odvisna od potenciala talne semenske banke in kompleksnih interaktivnih lastnosti genotipa semena ter pedoloških in agro-klimatskih dejavnikov. Prisotnost nedefiniranih oprševalnih virov, ki izvirajo iz talne semenske banke, pa v naravi predstavlja potencial za spontane intra- in inter-speciesne opršitve vrste *B. napus*, kar vpliva na spremembe v njeni genetski strukturi.

Ključne besede: *Brassica napus*, samosevci, podivjane populacije, talna semenska banka, tla, izgube semena, ohranjanje semena

ABSTRACT

PRESERVATION OF *Brassica napus* L. SEED IN SOIL SEED BANK

The most common form of the *Brassica napus* L. is oilseed rape. Because of its physical characteristics the seed is very mobile and therefore disposed to spillage. Uncontrolled seed loss represents the potential for the appearance of volunteer and feral populations of *B. napus* inside and outside production areas; *B. napus* seed remains viable in the soil for several years. The appearance dynamics of these plants is dependent on the soil seed bank potential and complex interactive characteristics of the genotype seeds and soil and agro-climatic factors. The presence of undefined pollinating resources originated from soil seed bank in the nature presents the potential for spontaneous intra- and inter-species pollination of *B. napus* reflected also in its genetic structure.

Key words: *Brassica napus*, volunteers, feral populations, soil seed bank, soil, seed losses, seed preservation

1 UVOD

Vrsta *Brassica napus* L. je vsesplošno uporabna rastlina, ki spada v raznoliko družino križnic (Brassicaceae). Vrsta vključuje dve po namenu pridelave precej različni podvrsti. Prva podvrsta obsega zelenjadne predstavnike, med njimi pomembno podzemno (rumeno) kolerabo (*B. napus* L. subsp. *napobrassica* (L.) Hanelt), druga podvrsta (*B. napus* L. subsp. *napus* L.) pa združuje ozimno in jaro oljno ogrščico ter krmno obliko

navadne ogrščice (Snowdon in sod., 2007). Vrsta *B. napus* se prideluje kot krmna rastlina za krmo govedu v vegetativni fazi razvoja ali se seje za podor z namenom obogatitve tal z organsko snovjo. V največji meri pa se prideluje kot oljnica z veliko vsebnostjo olja v semenu (Kocjan Ačko, 1999).

¹ Dr., Oddelek za poljdelstvo, vrtnarstvo, genetiko in žlahtnjenje; Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana; E-mail: barbara.pipan@kis.si

² Izr. prof. dr., Oddelek za poljdelstvo, vrtnarstvo, genetiko in žlahtnjenje; Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana

³ Izr. prof. dr., Oddelek za poljdelstvo, vrtnarstvo, genetiko in žlahtnjenje; Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana

Vrsta *B. napus* je ena izmed najbolj perspektivnih oljnic tudi v Sloveniji, in to predvsem zaradi možnosti večnamenske uporabe (prehrana, živalska krma, biogorivo, farmakologija, ekološka funkcija). Kot pomemben člen v kolobarju se pojavlja v vseh sistemih kmetijske pridelave, s svojo prisotnostjo pa omogoča oprševanje s samosevnimi in podivjanimi populacijami znotraj in zunaj pridelovalnih površin (Pipan in sod., 2011). V osnovi je vrsta *B. napus* samoprašna rastlinska vrsta, vendar pa se lahko v odvisnosti od posameznega genotipa in specifičnih vplivov okolja delež tujepravnosti spreminja (Friedt in Snowdon, 2009). Opršujejo jo predvsem čebele, lahko pa tudi veter. Zaradi variabilne stopnje tujepravnosti v naravi prihaja do opršitev znotraj vrste (intraspeciesna križanja), in sicer med posevkami, samosevnimi rastlinami (znotraj pridelovalnih površin) ter podivjanimi populacijami (zunaj pridelovalnih površin). Prisotnost teh rastlin v pridelovalnem prostoru je posledica neustreznih agrotehničnih ukrepov, izgub semena med žetvijo (spravilom), transportom in skladiščenjem, saj je seme zelo drobno, mobilno in zato nagnjeno k raztrosu. Poleg tega so možna tudi nenadzorovana medvrstna oprševanja (interspeciesna križanja) vrste *B. napus* z njenimi spolno kompatibilnimi sorodniki (SKS) iz družine križnic. Te rastline se v naravi pojavljajo predvsem kot plevelne rastline ob obrobjih njiv, lahko pa tudi kot divje rastoče na neobdelanih območjih. Križanja znotraj vrste *B. napus* in med vrstami znotraj družine križnic kratkoročno vplivajo na kakovost posevkov in sortno čistost, dolgoročno pa ohranjanje takega semena v tleh omogoča nenadzorovano spreminjanje genetskega potenciala rastlin vrste *B. napus*, saj se v naslednjih letih lahko pojavljajo kot neopredeljen oprševalni vir (z ohranjenimi geni spolno kompatibilnih rastlin, ki so lahko

kultivirane, podivjane ali celo gensko spremenjene) (Treu in Emberlin, 2000).

Seme vrste *B. napus* je drobno, gladko in okroglo, zato se ob spravilu, pri dodelavi, predelavi in transportu zelo lahko nenadzorovano izgublja. Zaradi svoje majhnosti se lepi oziroma obdrži na kmetijskih strojih in strojih za dodelavo zrnja. S stališča ohranjanja izgubljenega semena oljne ogrščice v tleh so zelo pomembne kompleksne interakcije bioloških lastnosti semena, talnih in klimatskih razmer ter agrotehničnih ukrepov, ki se na določenem območju izvajajo. Izraba potenciala talne semenske banke pa je v različnih letih različna in se vedno znova obnavlja. Izgubljeno seme ostane v tleh kalivo več let in v času vegetacije v naslednjih letih s svojo prisotnostjo predstavlja oprševalni vir. V naravnih habitatih lahko tako pride do prenosa genov med podivjanimi populacijami ter kultiviranimi oblikami vrste *B. napus* in njenimi spolno kompatibilnimi sorodniki (Pipan in sod., 2011).

Namen prispevka je podati pomen talne semenske banke pri ohranjanju semena vrste *B. napus* v tleh. Vrsta *B. napus* perspektivna rastlinska vrsta z vsestransko uporabno vrednostjo za hrano, krmo, industrijo ter naravo zato je pomembno poznavati tudi sposobnost viabilnosti semena, ki je shranjeno v talni semenski banki in predstavlja potencial za nenadzorovano pojavljanje rastlin te vrste v različnih habitatih pridelovalnega prostora. V prispevku je podan pregled dejavnikov, ki lahko vplivajo na kratkoročno in dolgoročno ohranjanje in samoohranjanje semena v tleh ter pregled raziskav o simulacijskih modelih s pomočjo katerih je mogoče, na podlagi kompleksne sheme vplivov iz okolja, predvideti pojavnost rastlin vrste *B. napus*, ki izvirajo iz talne semenske banke tudi z vidika soobstoja različnih sistemov kmetijske pridelave.

2 TALNA SEMENSKA BANKA

Talna semenska banka je skupno ime za shranjevanje semena, ki je pogosto dormantno in se v tleh nahaja v različnih kopenskih ekosistemih (Csontos, 2007). Talne semenske banke so naravno skladišče semen v tleh za številne rastlinske vrste. Imajo pomembno vlogo pri dinamiki vegetacije, še posebej ob različnih oblikah motenj v naravi ali ob destrukcijah habitatov (požari, goloseki, (pre)intenzivna paša, erozija, oranje), saj lahko

rastlinske vrste, katerih seme je že v tleh, hitro kolonizirajo nastali prostor. Vrstna sestava in dolgoživost semen v tleh vplivata na hitrost obnove habitata, njegovo vrstno sestavo, proizvodnost in ekološko vrednost (Batič, 2009). Talne semenske banke za posamezne vrste se razlikujejo glede na dolžino obstojnosti in ohranjanja kalivosti semen v tleh, kar pomeni, da je prisotnost nekaterih semen v tleh le začasna in

se potencial talne semenske banke izčrpa v naslednjem vegetacijskem obdobju. V tleh se nahajajo tudi semena rastlin, ki so vitalna in sposobna reprodukcije tudi po nekaj letih shranjevanja v tleh (v glavnem so to predstavniki plevelnih vrst); mednje spada na primer bela metlika (*Chenopodium album* L.) v primerih samosevnega in podivjanega pojavljanja pa tudi vrsta *B. napus* L. Obstajajo pa tudi semena rastlin, ki se v tleh sploh ne ohranjajo (razen v sušnem obdobju med zrelostjo in med prvimi jesenskimi padavinami); tak primer je navadni kokalj (*Agrostemma githago* L.) (Strokovni predlog ..., 2009), ki je v Sloveniji uvrščen na rdeči seznam rastlinskih vrst.

Talna semenska banka ima pomembno vlogo v različnih ekosistemih, saj pomeni izvor semena za hitro obnavljanje degradiranih površin, ki so lahko posledica naravnih nesreč ali človeške aktivnosti v določenem ekosistemu. Vsako seme, ki ni odstranjeno iz polja v času žetve ali ostane na polju, postane del talne semenske banke, kjer je nato izpostavljeno različnim vplivom v tleh, ki pogojujejo naslednja stanja semena: neposredna kalitev, doba dormance (mirovanja), ki ji sledi kalitev, datiranje, napad mikrobov in propad semena.

2.1 Dormantnost semena vrste *B. napus* L.

Dormantnost semena je opredeljena kot nesposobnost kalitve semena, ki je sicer sposobno za življenje, vendar pod določenimi optimalnimi pogoji. Ločimo primarno in sekundarno dormanco. Slednja je bila dokazana na evropskih genotipih vrste *B. napus* (Schlink, 1994). Primarna dormanca opredeljuje stanje semena, kjer je kalitev potomcev onemogočena, vse dokler seme ne dozori na starševski rastlini in še nekaj časa po tem, ko je ločeno od matične rastline. Obdobje do popolne razvitosti semena (fiziološki zrelosti) je pogosto skrajšano s primarno dormanco. Sekundarna dormanca pa je opredeljena kot zmanjšanje kalivosti semena, ki se razvije po raztrositvi in lahko v določenih primerih prednostno vpliva na hitrejše skrajšanje primarne dormance (Baskin in Baskin, 1998).

Dormantnost pri vrsti *B. napus* je v glavnem inducirana prek določenih temperaturnih in vodnih razmer. Inducirana ali sekundarna dormanca po podatkih raziskav ni pogojena z izpostavljenostjo semena normalnim temperaturam od 15 °C do 20

°C (Schlink, 1994). Na podlagi študij, ki so jih izvedli Perkun in sod. (1997 in 1998), Marshall in sod. (2000) ter Squire (1997, 1999), je razvidno, da so za večino vrst razmere, ki inducira dormanco, predvsem nizke temperature, sušne razmere ali tema. Iz navedenega izhaja trditev, da je pojavnost podivjanih populacij odvisna tudi od genetskih preddispozicij semena in ne samo od razmer *in vivo*.

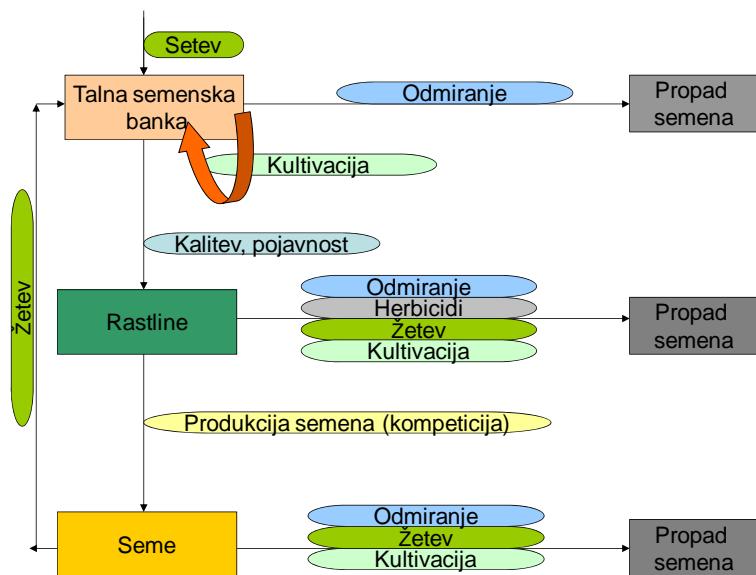
Podrazdelitev sistema dormantnosti semena je opredeljena s stopnjo dormance, pri čemer sta tako primarna kot sekundarna dormanca lahko pogojni (inducirani zaradi specifičnih okoljskih dejavnikov) ali prirojeni (genetsko določeni) (Baskin in Baskin, 1985). Za razliko od nedormantnega semena pogojno dormantno seme kali pod vplivom omejenega števila specifičnih optimalnih dejavnikov, medtem ko seme s prirojeno dormanco ne kali v nobenih okoljskih razmerah, četudi so še tako optimalne. Baskin in Baskin (1985) navajata, da lahko seme v tleh prehaja iz stanja nedormance v stanje pogojne sekundarne dormance, iz nje v naravno (prirojeno) sekundarno dormanco in nato nazaj v nedormantno stanje za kratko obdobje znotraj enega leta. Ta krog se lahko ponavlja iz leta v leto v katerem koli semenu v talni semenski banki in služi kot blažilni mehanizem proti hitri genetski adaptaciji (genetski zstanek), s čimer se prepreči prilagoditev na specifične razmere v kratkih obdobjih vegetacije enoletnih rastlin. Sinhronizacija tega cikla je pod velikim vplivom temperature (Probert, 2000), življenjski krog pa je odvisen tudi od sorte (jara, ozimna).

Poročil o primarni dormanci pri vrsti *B. napus* je kar nekaj, vendar so zaključki pri vseh zelo dvomljivi in nedorečeni. Majhna kalivost pri ozimni in jari obliki obstaja izjemoma med dozorevanjem semena ter pada z njegovo naraščajočo zrelostjo (Schlink, 1994). Primarna dormanca pri ozimni obliki je med 10 in 20 % (Perkun in Lutman, 1998), pri nekaterih genotipih pa je med osmimi in dvanajstimi tedni po cvetenju lahko zastopana tudi v 60 % semena. Po žetvi primarna dormanca ni več prisotna (Schlink, 1994). Četudi ima primarna dormanca malenkostno vlogo pri celotno dozorelem semenu, seme vrste *B. napus* lahko razvije tudi sekundarno dormanco.

2.2 Samoohranjanje semen vrste *B. napus* v tleh

Seme, ki je prisotno v tleh, lahko kali, lahko postane hrana talnim organizmom ali pa ga začnejo razgrajevati saprofitni organizmi, lahko pa tudi samo od sebe propade. Veliko poskusov so na temo sposobnosti ohranjanja v tleh in kalitve teh semen izvedli pri rodu *Brassica* ter tudi pri ostalih sorodnikih vrste *B. napus* iz družine Brassicaceae, kjer so seme vrste *B. napus* posejali po različnih setvenih metodah, vendar se kljub temu, da so semena kalila, rastlinice niso pojavile na površini (semena niso prodrla skozi površinsko plast šote). Seme vrste *B. napus* ostane v tleh kalivo tudi do 16 let, v nekaterih primerih pa lahko le eno leto. Ko so primerjali kalivost gensko spremenjenega in gensko nespremenjenega semena, so ugotovili le majhno razliko v njegovi dolgoživosti. Spolno kompatibilni sorodniki, natančneje vrsti navadna repa (*B. rapa* L.) in vrsta *Hirschfelda incana* (L.) Lagr.-Foss., pa sta v glavnem zastopani v večjih odstotkih kot ostali. Na podlagi zgornjih ugotovitev Squire in sod., (2003) navajajo, da večina semen rastlin iz rodu *Brassica*, ki se nahaja v talni semenski banki, hitro propade. Le manjši del semen (manj kot 1 %) v tleh postane dormanten in živ ter sposoben kalitve več let, še posebej, če se nahaja na globini 15–20 cm. Dolgoživost je odvisna od sorte in razmer v tleh.

Ob primerem času, ko rastline začnejo semeniti in se živiljenjski krog zaključuje, se zaradi stresanja semen iz luskov samosevnih rastlin začne tudi talna semenska banka dopolnjevati in obnavljati s semenami samosevne vrste *B. napus* v tekočem letu. V vzhodni Kanadi, kjer posamezne samosevne rastline preživijo zimo, lahko obogatijo talno semensko banko tudi z do 3000 semen (Simard in sod., 2002). Tako se živiljenjski krog dokončno zaključi s sproščanjem semen v tla, s tem pa se razširi dolžina živiljenjskega kroga, ki vključuje tudi izčrpavanje in dopolnitev semena v tleh iz leta v leto. Če je živiljenjski krog končan, preden je v celoti izčrpan potencial talne semenske banke, obseg podivjanih (samoohranjenih) populacij naraste (Stump in Westra, 2000) (slika 1). Prisotnost podivjane ozimne oblike (rastline izven pridelovalnih površin) je bila proučevana tudi v več državah Evrope. Po navedbah Crawleyja in Browna (1995) je prisotnost ozimne oblike v Veliki Britaniji majhna in te populacije v zadnjih nekaj letih izginjajo. Avtorja med drugim navajata, da so transgene linije manj trdovratne od netransgenih. V Franciji podivjane ozimne oblike ostanejo v tleh ob transportnih poteh kalive tudi do osem let (Pessel in sod., 2001). Shema na sliki 1 prikazuje povezave med fazami v živiljenjskem krogu (zgornji del sheme) ter med živiljenjsko zgodovino in pridelovalnim procesom (nižji del sheme).



Slika 1: Strukturni model ohranjanja semena v talni semenski banki (Squire in sod., 2003)

Figure 1: Structural model of self-recruited seed in soil seed bank (Squire et al., 2003)

Prvotne poti vstopa semen v talno semensko banko so bile prek izgub semen ob žetvi, o čemer je znanega veliko, vendar zelo specifično usmerjenega znanja, ki le redko zajema izgube ob žetvi sami (naravno izgubljeno seme in strojne izgube). V Veliki Britaniji neposredne izgube ob žetvi ozimne oblike v optimalnih razmerah spravila znašajo 2–5 % pridelka, v primeru neugodnih razmer pa lahko ob spravilu pride tudi do 50-odstotnih izgub (Price in sod., 1996). Nekatere študije navajajo, da je časovno usklajevanje žetvenih dejavnosti s stališča minimaliziranja izgub pomembnejše kot žetvena tehnika (Price in sod., 1996). Zhu in sod. (2012) so ugotovili, da se kar tri četrtine vseh izgub semen vrste *B. napus* zgodi v času žetve in da te izgube znašajo 0,7–1,1 % mase celotnega pridelka. To seme nato preide v talno semensko banko znotraj pridelovalne površine. Dokazali so, da če je nato ta pridelovalna površina kakor koli obdelana, da se niti v treh mesecih po vnosu v tla samosevne rastline ne pojavi. Prav tako so ugotovili, da globina nahajanja semena v tleh ne vpliva na kalitev (Zhu in sod., 2012).

2.3 Dejavniki, ki vplivajo na kakovost semen vrste *B. napus* v tleh

Splošno znano dejstvo je, da različne kombinacije kompleksnih dejavnikov vplivajo na kalitev semen v tleh. Prepletajo se vplivi lastnosti tal, specifične talne razmere in klimatski dejavniki, prisotnost rastlinskih hormonov v semenu ter agrotehnični ukrepi. Tako veliko število vplivov pa potencira možnosti napovedi pojavnosti rastlin, ki izvirajo iz talne semenske banke. Sinergistični in antagonistični vplivi kombinacij dejavnikov iz različnih okolij biosfere vključujejo nepredvidljivo dinamiko pojavljanja rastlin iz talne semenske banke. V osnovi pa so zgoraj našteti dejavniki v naravnem okolju spremenljivi, njihov vpliv pa je odvisen tudi od genotipa semena v talni semenski banki in od njegovih bioloških lastnosti.

Na podlagi navedb López-Granadosa in Lutmana (1998) je znano, da tekstura tal pomembno vpliva na prisotnost in dolgoživost semen v tleh. V muljasti ilovici je namreč tendenca semen ozimnih genotipov za obstoj večja kot na peščenih tleh (podatki so povzeti iz študije, opravljene v Veliki Britaniji). Na indukcijo sekundarne dormance in s

tem na skrajšanje prisotnosti semen v tleh (hitrejša kalitev) vplivajo različni talni dejavniki. Pri poskusih so kombinacije teme in majhnih koncentracij kisika (3 % kisika in 97 % dušika) inducirale sekundarno dormanco, vendar v manjši meri kot vpliv kombinacije osmotskega stresa in teme (Momoh, 2002).

Raziskave potekajo tudi na področju vpliva temperature na kalitev semen v tleh. Na podlagi temperaturne razlike med začetno temperaturo za sekundarno dormanco in testno temperaturo, ki je bila potrebna za kalitev, so proučevali razvoj sekundarne dormance. Ugotovili so, da čim večja je bila absolutna temperaturna razlika, manj je vplivala na sekundarno dormanco semena v tleh (Momoh, 2002). Pri ozimni obliki je sicer potrebno obdobje nizkih temperatur za nemoten potek kasnejših fenofaz (cvetenja), vendar v času kalitve semena nizke temperature sicer inducijo kalitev, a imajo take rastline zelo šibek rastni vigor (Larsen in sod., 1998). Ugotavljalni so tudi vplive konstantnega osvetljevanja z bliskavico fotoaparata. S pomočjo konstantne svetlobe dormantnega semena so dosegli skupno 98,1-odstotno kalivost teh semen (Schlink, 1994). Izpostavljenost beli svetlobi pri nizkih temperaturah in v kombinaciji z vodnim stresom pa naj bi po podatkih Schlinka (1995) inhibirala kalitev semen v tleh.

Za biosintezo posameznih rastlinskih hormonov, ki so vključeni v regulacijo procesov v dormantnih stanjih semen, stojijo kompleksne encimske reakcije. Perkun in sod. (1998) so uporabili eksogeno giberelinsko kislino (0,2 mg/l) in dokazali, da je njena prisotnost nasprotno sekundarni dormanci semen. Tudi abscizinska kislina (ABA) je bila pri rastlinah dokazana kot pomemben element različnih odzivov rastline v različnih stanjih, tudi v dormanci. Poskusi so vključevali aplikacijo eksogenih hormonov ABA in giberelinov na seme, kar je posledično privedlo do antagonističnega učinka med tema dvema rastnima rastlinskima hormonoma. Velika razmerja ABA-giberelini pomenijo pospeševanje dormance, majhna razmerja teh dveh rastnih hormonov pa vodijo v končno kalitev semen (Wareing in Saunders, 1971). Vloga ABA-hormona pri dormanci semen je bila dokazana pri različnih rastlinskih vrstah, fluridon, znan kot biosintezni

inhibitor ABA, pa tako kot eksogena giberelinska kislina omogoča učinkovito prekinitev dormantsnosti semena (Grappin in sod., 2000). Za ABA je znano, da je največja koncentracija tega hormona v semenu prav v času njegovega dozorevanja, zmanjševati pa se začne z izsuševanjem semena (Juricic in sod., 1995).

Zasip semena v tla prav tako bogati talno semensko banko vrste *B. napus*, enako pa velja tudi za plevelne rastline. Rezultati raziskave so pokazali, da je bilo na zemljiščih, ki so jih takoj po žetvi preorali, naslednje leto vzkaljenih kar 30 % rastlin vrste *B. napus* iz talne semenske banke, kjer je seme prezimelo. Samo 0,1 % rastlin pa je naslednje leto vzklilo na zemljiščih, kjer po žetvi niso obdelali tal, temveč so izgubljeno seme pustili na površini tal (Perkun in Lutman, 1998). Gruber in sod. (2010) so ugotovili, da je bolj kot globina obdelave tal pomemben termin obdelave.

Na podlagi teh ugotovitev lahko trdimo, da je s pomočjo različnih agrotehničnih ukrepov mogoče

regulirati obseg talne semenske banke na pridelovalnih površinah. V Sloveniji se v praksi izvaja podoben sistem, kot je opisan. Zlasti v intenzivnem načinu pridelave kmetje takoj po žetvi tal ne obdelajo, temveč pustijo, da izgubljeno seme na površini tal vzkali, s čimer se izrabi potencial izgubljenega semena, in potem te mlade rastline v vegetativni fazi bodisi zaorjejo ali pokosijo za krmo, lahko pa jih uničijo tudi s kemičnimi pripravki (totalni herbicid). S takim načinom preprečijo pojav samosevcev v posevku, ki se bo v naslednjem letu prideloval na isti površini. Z oranjem spremjamamo mikroklimatske dejavnike v rizosferi in s tem vplivamo tudi na semena v talni semenski banki, ki izvirajo predvsem iz plevelnih rastlin. Sprememba trenutnih mikroklimatskih dejavnikov v tleh pa posredno vpliva na kalitev semen. Ob oranju se zaradi obračanja plasti in prezračevanja tal spremeni plinska sestava v rizosferi (CO_2 , O_2), prihaja pa tudi do povečane vsebnosti organske snovi, zaradi česar se spremenijo tudi procesi v tleh. Ob vsem tem se spreminja tudi temperatura (Probert, 2000).

3 SIMULACIJSKI MODELI DINAMIKE POJAVLJANJA RASTLIN VRSTE *B. NAPUS* IZ TALNE SEMENSKE BANKE

Napovedovanje dinamike pojavljanja tako samosevnih kot podivjanih rastlin vrste *B. napus* predstavlja nadgradnjo in povezovanje vsega dosedanjega znanja o genetskih, bioloških, agrotehničnih, klimatoloških, pedoloških in geografskih področjih, ki neposredno in posredno vplivajo na ohranjanje semena v naravnih in polnaravnih habitatih. Zaradi možnosti uvajanja gensko spremenjenih rastlin so se začele oblikovati povezane skupine strokovnjakov iz vseh omenjenih področij, saj želijo vse te dejavnike vključiti v model, ki bo s pomočjo dejanskih podatkov s terena poskušal napovedati kratkoročno in dolgoročno pojavnost rastlin vrste *B. napus* v prostoru. Ti modeli pa bodo z dopolnjenimi podatki karakteristik transgenih rastlin uporabni tudi v primeru soobstoja gensko spremenjene in gensko nespremenjen pridelave v določenem prostoru.

Garnier in Lecomte (2006) sta razvila invazivni model, ki združuje stopnjo strukturne dinamike pojavnosti rastlin (prek tranzitnih poti) z izgubo semena (raztrošeno zrnje), kar omogoča osnovo za

struktурno integrativno stopnjo različnih modelov, ki sta jih razvila Neubert in Caswell (2000). Vsekakor se ob tem pojavi potreba po simulaciji pojavnosti rastlin vrste *B. napus* v naravi ter po vrednotenju njene invazivnosti na prostorski in časovni ravni. Middelhoff in Breckling (2003) sta razvila model na individualni ravni (angl. Generic Transgene Movement and Persistence – GeneTraMP), ki omogoča natančno spremeljanje pojavnosti rastlin v relaciji s pridelovalnimi površinami. Model vključuje obstoječe znanje, ki temelji na bioloških temeljih, ter prenos genov iz transgenih rastlin v prostoru in času. Begg in sod. (2007) so razvili model za pojavnost obstoječih genskih dogodkov pri vrsti *B. napus*. Ta model je vključeval vplive demografskih in agronomskih dejavnikov na prostorski ravni, temeljil pa je na predhodnem modelu, ki so ga razvili Begg in sod. (2006), ter predstavlja pomembno odkritje med dosedanjimi modeli, ki vključujejo poenostavljeni obravnavanje genetskih karakteristik transgenih rastlin in ne vključujejo prostorske heterogenije (Begg in sod., 2006; Colbach in sod., 2001a, b; Pekrun in Lutman, 2005).

Colbach in sod. (2001a in 2001b) so razvili model GeneSys za ugotavljanje vpliva kmetijske prakse na pretok genov iz posevkov gensko spremenjenih rastlin, odpornih na herbicid, na samosevce v naslednjih letih pridelave. Podrobno so opisali prenos peloda na majhnih parcelah in časovno ovrednotili pojavnost samosevnih populacij na polju. Ta model so aplicirali tudi na razmere pridelave na Danskem v primeru soobstaja gensko spremenjene in gensko nespremenjene pridelave vrste *B. napus* (Østergard in Colbach, 2006). V model so vključili spremembne, kot so kolobar, tehnologija pridelave, sortne značilnosti, klimatski podatki, oblika polja, razdalje prenosa cvetnega prahu, ter izračunali število in genotipsko zgradbo v talni semenski banki za posamezno fenofazo razvoja vrste *B. napus* iz genske banke ter napovedali pojavnost samosevnih rastlin v prihodnjih letih za različne sisteme pridelave (ekološko, konvencionalno). Tudi Debeljak in sod. (2011) so v svoji študiji proučevali časovno pojavnost samosevnih rastlin vrste *B. napus* v posevkih glede na različne agrotehnične ukrepe znotraj agroekosistema. Glede na rezultate spremmljanja so izdelali sheme, ki vključujejo tudi okoljske dejavnike in prek katerih je mogoče predvideti pojavnost plevelnih (samosevnih) rastlin znotraj pridelovalnih površin.

Zaenkrat še ni povsem jasno, ali so modeli, ki so jih uporabili za prikaz podatkov, neustrezni ali podatki niso pravilni ali pa še vseeno niso zajeli tistih dejavnikov, ki zares vplivajo na kalitev semena vrste *B. napus* iz talne semenske banke. Ugotavljajo namreč, da naj bi prisotnost čisto naključnih sprememb na dani mikrolokaciji vplivala na kalitev v talni semenski banki (npr. zaradi prometne nesreče ob cesti je prišlo do degradacije rastlinskega pokrova in razgolitve tal). Predvidevajo, da se rastline vrste *B. napus* pojavijo predvsem na tistih rastiščih, katerih površina je v času pričetka kalitve gola in na tej ni rastlinskega pokrova, saj naj bi bila vrsta *B. napus* v kalitvenem obdobju zelo slabo kompatibilna z ostalimi semenami v talni semenski banki. Na območjih, na primer ob cesti, kjer je rasla podivljana oblika in semenila, se je seme otreslo, padlo na tla in ostalo v talni semenski banki, ni za pričakovati, da bo to seme zopet kalilo v prihodnjem letu. Raziskave kažejo, da to seme sicer ostane v talni semenski banki, vendar pa načeloma v prihodnjem letu ne kali zaradi neznanih vzrokov (Debeljak in sod., 2008).

Zaradi potrebe po proučevanju in upravljanju okoljskih procesov poskušajo podatke, ki te procese opisujejo, formalizirati v obliki modelov, s katerimi proučujejo povezave med elementi modela kot tudi njegovo obnašanje v daljšem časovnem obdobju v (Colbach in sod., 2012).

4 ZAKLJUČEK

Poglavitna vloga talne semenske banke se kaže predvsem v njenem potencialu za ohranjanje semena vrste *B. napus* v različnih habitatih pridelovalnega prostora. Vznik semena vrste *B. napus* iz tal je težko predvideti, saj je dinamika pojavljanja rastlin te vrste tako časovno kot tudi prostorsko nepredvidljiva in posledično vpliva na oprševalne odnose znotraj pridelovalnega prostora ob sobivanju različnih sistemov pridelave,

samoohranjanje semena v teh skozi generacije pa na njeni genetsko strukturo. Zato je nadvse pomembno omejiti nenadzorovane izgube semena predvsem ob žetvi in transportu (tranzitu), saj je tako mogoče preprečiti dodaten vnos in kontinuirano obnavljanje prisotnosti semena vrste *B. napus* v teh znotraj in zunaj pridelovalnih površin.

5 ZAHVALA

Prispevek je bil financiran s strani ARRS kot del projekta za usposabljanje mlade raziskovalke po pogodbi št. 1000-07-310099.

6 VIRI

- Baskin C. C., Baskin J. M. 1998. Seeds, ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego, Academic Press: 395 str.
- Baskin J. M., Baskin C. C. 1985. The annual dormancy cycle in buried weed seeds: A continuum. BioScience, 35: 492–498
- Batič F. 2009. Pomen in trajnost talnih semenskih bank v različnih tipih habitatov. Katedra za aplikativno botaniko, ekologijo in fiziologijo rastlin, Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta: 4 str.
<http://web.bf.uni-lj.si/ag/botanika/Diplome.html> (junij 2013)
- Begg G. S., Elliott M. J., Copeland J., Squire G. R. 2007. Sources of uncertainty in the quantification of genetically modified oilseed rape contamination in seed lots. Transgenic Research, 16: 51–63
- Begg G. S., Hockaday S., McNicol J. W., Askew M., Squire G. R. 2006. Modelling the persistence of volunteer oilseed rape (*Brassica napus*). Ecological Modelling, 198: 195–207
- Colbach N., Clermont-Dauphin C., Meynard J. M. 2001a. GeneSys: a model of the influence of cropping system on gene escape from herbicide tolerant rapeseed crops to rape volunteers. II. Genetic exchanges among volunteer and cropped populations in a small region. Agriculture, Ecosystems and Environment, 83: 255–270
- Colbach N., Clermont-Dauphin C., Meynard J. M. 2001b. GeneSys: a model of the influence of cropping system on gene escape from herbicide tolerant rapeseed crops to rape volunteers. I. Temporal evolution of a population of rapeseed volunteers in a field. Agriculture, Ecosystems and Environment, 83: 235–253
- Colbach N., Granger S., Mézière D. 2012. Using a sensitivity analysis of a weed dynamics model to develop sustainable cropping systems. II. Long-term effect of past crops and management techniques on weed infestation. The Journal of Agricultural Science, CJO doi:10.1017/S0021859612000160
- Crawley M. J., Brown S. L. 1995. Seed limitation and the dynamics of feral oilseed rape on the M25 motorway. Proceedings of Royal Society of London, 259: 49–54
- Csontos P. 2007. Seed banks: ecological definitions and sampling considerations. Community Ecology, 8, 1: 75–85
- Debeljak M., Squire G., Demšar D., Young M. W., Džeroski S. 2008. Relations between the oilseed rape volunteer seedbank, and soil factors, weed functional groups and geographical location in the UK. Ecological Modelling, 212: 138–146
- Debeljak M., Squire G., Kocev D., Hawes C., Young M. W., Džeroski S. 2011. Analysis of time series data on agroecosystem vegetation using predictive clustering trees. Ecological Modelling, 222, 14: 2524–2529
- Friedt W., Snowdon R. 2009. Oil crops, Handbook of Plant Breeding 4. V: Oilseed rape. Vollman J., Rajcan I. (eds.). Giessen, Springer Science+Business Media: 91–126
- Garnier A., Lecomte J. 2006. Using a spatial and stage-structured invasion model to assess the spread of feral populations of transgenic oilseed rape. Ecological Modelling, 194: 141–149
- Grappin P., Bouinot D., Sotta B., Miginac E., Jullien M. 2000. Control of seed dormancy in *Nicotiana plumbaginifolia*: Post-imbibition abscisic acid synthesis imposes dormancy maintenance. Planta, 210: 279–285
- Gruber S., Bühler A., Möhring J., Claupein W. 2010. Sleepers in the soil-Vertical distribution by tillage and long-term survival of oilseed rape seeds compared with plastic pellets. European Journal of Agronomy, 33: 81–88
http://www.infogm.org/spip.php?page=imprimer&id_article=1310 (september 2010)
- Juricic S., Orlando S., Lepage-Degivry M. T. 1995. Genetic and ontogenetic changes in sensitivity to abscisic acid in *Brassica napus* seeds. Plant Physiology and Biochemistry, 33: 593–598
- Kocjan Ačko D. 1999. Pozabljene poljščine. Ljubljana, Založba Kmečki glas: 187 str.
- Larsen S. U., Povlsen F. V., Eriksen E. N., Pedersen H. C. 1998. The influence of seed vigour on field performance and the evaluation of the applicability of the controlled deterioration vigour test in oilseed rape (*Brassica napus*) and pea (*Pisum sativum*). Seed Science Technology, 26: 627–641
- López-Granados F., Lutman P. J. W. 1998. Effect of environmental conditions on the dormancy and germination of volunteer oilseed rape seed (*Brassica napus*). Weed Science, 46: 419–423
- Marshall B., Dunlop G., Ramsay G., Squire G. R. 2000. Temperature-dependent germination traits in oilseed rape associated with 5.-anchored simple sequence repeat PCR polymorphisms. Journal of Experimental Botany, 51, 353: 2075–2084
- Middelhoff U., Breckling B. 2003. Modelling population interactions and dispersal of oilseed rape (*Brassica napus* L., *Brassicaceae*). Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 33, 273
- Momoh E. J. J., Zhou W. J., Kristiansson B. 2002. Variation in the development of secondary seed dormancy in oilseed rape genotypes under conditions of stress. Weed Research, 42: 446–455
- Neubert M. G., Caswell H. 2000. Demography and dispersal: calculation and sensitivity analysis of invasion speed for structured populations. Ecology, 81: 1613–1628
- Østergaard H., Colbach N. 2006. Simulation of gene flow using GeneSys under Danish conditions for oilseed rape co-existence. Montpellier, Agropolis Productions: 2 str.

- Perkun C., Hewitt J. D. J., Lutman P. J. W. 1998. Cultural control of volunteer oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Science*, 130: 155–163
- Perkun C., Hewitt J. D. J., Lutman P. J. W. 1998. Cultural control of volunteer oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Science*, 130: 155–163
- Perkun C., Lane P. W., Lutman P. J. W. 2005. Modelling seed bank dynamics of volunteer oilseed rape (*Brassica napus*). *Agricultural Systems*, 84: 1–20
- Perkun C., Lutman P. J. W., Baeumer K. 1997. Induction of secondary dormancy in rape seeds by prolonged imbibition under conditions of water stress or oxygen deficiency in darkness. *European Journal of Agronomy*, 6: 245–255
- Perkun C., Lutman P. J. W. 1998. The influence of post-harvest cultivation on the persistence of volunteer oilseed rape. *Aspects of Applied Biology*, 51: 113–118
- Pessel F. D., Lecomte J., Emeriau V., Krouti M., Messean A., Gouyon P. H. 2001. Persistence of oilseed rape (*Brassica napus* L.) outside of cultivated fields. *Theoretical Applied Genetics*, 102: 841–846
- Pipan B., Šuštar Vozlič J., Meglič V. 2011. Cultivation, varietal structure and possibilities for cross-pollination of *Brassica napus* L. in Slovenia. *Acta agriculturae Slovenica*, 97, 3: 247–258
- Price J. S., Hobson R. N., Neale M. A., Bruce D. M. 1996. Seed losses in commercial harvesting of oilseed rape. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 65: 183–191
- Probert R. J. 2000. The role of temperature in the regulation of seed dormancy and germination. V: *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*, 2nd edition. Fenner M. (ed.). New York, CABI Publishers: 42 str.
- Schlink S. 1994. Ökologie der Keimung und Dormanz von Körnerraps (*Brassica napus* L.) und ihre Bedeutung für eine Überdauerung der Samen im Boden. *Dissertationes Botanicae*, 222
- Schlink S. 1995. Überdauerungsvermögen und Dormanz von Rapssamen (*Brassica napus* L.) im Boden. V: *Challenges for Weed Science in a Changing Europe*. Budapest, European Weed Research Society: 65–72
- Simard M. J., Léger A., Pageau D., Lajeunesse J., Warwick S. I. 2002. The frequency and persistence of volunteer canola (*Brassica napus*) in Québec cropping systems. *Weed Technology*, 16: 433–439
- Snowdon R., Lühs W., Friedt W. 2007. *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants. V: Oilseeds*, Volume 2. Kole C. (ed.). Berlin, Springer-Verlag: 55–11
- Squire G. R. 1999. Temperature and heterogeneity of emergence time in oilseed rape. *Annals of Applied Biology*, 135: 439–447
- Squire G. R., Begg G. S., Askew M. 2003. The potential for oilseed rape feral (volunteer) weeds to cause impurities in later oilseed rape crops. London, Department of Environment, Food and Rural Affairs: 2 str.
- Squire G. R., Marshall B., Dunlop G., Wright G. 1997. Genetic basis of rate-temperature characteristics for germination in oilseed rape. *Journal of Experimental Botany*, 48: 869–875
- Strokovni predlog za zavarovanje Krajinskega parka Dragonja. 2009. Piran, Zavod RS za varstvo narave: 60 str.
- Stump W. L., Westra P. 2000. The seedbank dynamics of feral rye (*Secale cereale*). *Weed Technology*, 14: 7–14
- Treu R., Emberlin J. 2000. Pollen dispersal of the crops Maize (*Zea mays*), Oilseed rape (*Brassica napus*), Potatoes (*Solanum tuberosum*), Sugar beet (*Beta vulgaris*) and Wheat (*Triticum aestivum*). Bristol, University College, Soil Association: 54 str.
- Wareing P. F., Saunders P. F. 1971. Hormones and dormancy. *Annual Reviews of Plant Physiology*, 22: 261–288
- Zhu Y. M., Li Y. D., Colbach N., Ma K. P., Wei W., Mi X. C. 2012. Seed losses at harvest and seed persistence of oilseed rape (*Brassica napus*) in different cultural conditions in Chinese farming systems. *Weed Research*, 52: 317–326