Monitoring i procena godišnje stope konzumiranja semena *Diplotaxis eruroides* L. i *Avena sterillis* L. u sistemu direktne setve strnih žita (severoistočna Španija)

*Valentina Atanacković, Aritz Royo-Esnal, Joel Torra

Malherbologia y Ecologia Vegetal, Depto HBJ, Agrotecnio, Universitat de Lleida, Lleida, Spain

*e-mail: valentina.atanackovic@gmail.com

REZIME

U usevima strnih žita na području severoistočne Španije visoka stopa konzumiranja semena od strane granivornih mrava se poklapa sa produkcijom semena korovskih vrsta. Godišnja stopa konzumiranja semena za najvažnije korovske vrste je visoka, tj. iznosi 72%. U ovom istraživanju, godišnja stopa je određivana za vrste *Avena sterillis* i *Diplotaxis eruroides*. U cilju izračunavanja godišnje stope konzumiranja semena, korišćen je matematički model koji uključuje stopu konzumiranja semena, stopu vremena opstanka semena na zemlji i produkciju semena. Izračunata godišnja stopa konzumiranja semena je bila 94% za *A. sterillis* i maksimalna za *D. eruroides* (100%). Visok nivo godišnje stope konzumiranja semena za ove vrste je potvrdio da mravi žeteoci mogu doprineti smanjenju brojnosti problematičnih korovskih vrsta.

Ključne reči: godišnja stopa konzumiranja, semena, strna žita, granivori, mravi

UVOD

Mravi žeteoci (*Messor barbarus* L.) su najzastupljenija grupa granivora, tj. životinja koje se hrane semenima u strnim žitima bez navodnjavanja u severoistočnoj Španiji. Zavisno od korovske vrste, *Messor barbarus* može da konzumira u proseku 72% semena u toku jedne vegetacione sezone, što predstavlja biološku kontrolu korova u ovom području (Westerman et al., 2012). Ovaj proces je poznat kao predatorstvo semena od strane granivornih životinja i varira u odnosu na područje (Diaz, 1992; Azcarate & Peco, 2003; Baraibar et al., 2009, 2011c). Neke vrste

granivora mogu semena da iskoriste direktno, na mestu gde ih pronadu, kao na primer glodari, dok neke vrste samo sakupljaju semena i konzumiraju ih kasnije, kao na primer mravi (Baraibar et al., 2009; Baraibar et al., 2011a). Poznavanje varijabilnosti u konzumiranju semena od strane granivora u toku jedne sezone je važno za razumevanje njihovog udela u biološkoj kontroli korova (Torra et al., 2015).

S obzirom na to da granivori jedu ili prikupljaju semena, rezerve semena u zemljištu se polako smanjuju što dovodi do smanjenja broja individua korovskih vrsta u narednoj vegetacionoj sezoni (Westerman et al., 2012). Izračunavanje godišnje stope konzumiranih semena je teško dobiti eksperimentalnim putem jer su produkcija semena i njihova potrošnja od strane granivora (predatorstvo) dva dinamična procesa. Stoga je jednostavnije meriti ova dva parametra dnevno ili sedmično (Westerman et al., 2012) i na osnovu dobijenih podataka izračunati godišnju stopu konzumiranih semena, takozvanom dugoročnom metodom (Davis et al., 2011). Proučavanje faktora koji utiču na godišnje konzumiranje semena od strane granivora je neophodno da bi se predvidela godišnja stopa konzumiranja semena kao i njen značaj za populacionu dinamiku datih vrsta (Westerman et al., 2012). Izračunavanje ove stope može biti od značaja u predviđanju i planiranju celokupne kontrole korova.

Ranija istraživanja u severoistočnoj Španiji ukazuju da prisustvo nekih korova dovodi do velikih gubitaka u prinosu žitarica i da jedan od uzroka može biti to što granivori ipak ne koriste ili delimično sakupljaju semena samo određeni vrsta (Baraibar et al., 2009). Razlog zbog koga ova semena nisu u velikoj meri podložna ovom tipu predatorstva je verovatno njihova maksimalna produkcija u vreme kada su granivori slabo aktivni (Baraibar et al., 2009), ali je moguće i da ih oni ne koriste u ishrani (Westerman et al., 2012).

U umerenom regionu, godišnja stopa korišćenja semena uglavnom zavisi od toga da li će se semena proizvoditi i pasti sa biljke na zemlju u periodu kada je aktivnost granivornih vrsta najveća (Westerman et al., 2003). Ukoliko su životinje aktivne posle vegetacione sezone (Westerman et al., 2011), ili pre početka produkcije semena većine vrsta (Westerman et al., 2003), onda je intenzitet konzumiranja manji. Kada se aktivnost životinja i produkcija semena poklapaju, potrošnja semena je utoliko veća ukoliko je preklapanje veće (Westerman et al., 2012). Tako vrste kao *Galium spurium* L., *Lolium rigidum* (Gaud), *Papaver rhoeas* L. i *Bromus diandrus* (Roth) proizvode semena u vreme najveće aktivnosti mrava i imaju visoku godišnju stopu konzumiranja semena (Westerman et al., 2012). Period preklapanja između aktivnosti granivora i količine dostupnog semena u toku sezone se razlikuje u odnosu na područje i vrstu useva (Westerman et al., 2011) i predstavlja umerenu varijabilnost u procesu predatorstva izazvanog granivorima (Atanackovic, 2013). Oblik i veličina semena znatno utiču na dostupnost semena, tj. na razlike u vremenu zadržavanja na površini zemlje. Ukoliko semena brže dospeju u zemlju, utoliko je

manja mogućnost da budu pronađena i konzumirana od strane granivora. Dalje, semena mogu da ostanu na biljci i da budu manje dostupna granivorima, ako ih koriste samo dok su na zemlji (Westerman et al., 2009).

Najvažniji granivor koji izaziva smanjenje broja produkovanih korovskih semena u ovom području je mrav žetelac (*M. barbarus*). Aktivnost ove vrste je najveća na temperaturi između 15°C i 25°C (Azcarate et al., 2007), što znači da će njegova aktivnost biti smanjena na nižim i višim temperaturama.

Žetva je jedan od najvažnijih faktora koji utiču na godišnju stopu konzumiranja semena. Neke vrste proizvode semena pre žetve i konzumirane su u visokom procentu (Westerman et al., 2012). U ovom području nema obrade zemljišta i setva se vrši nakon jesenjeg tretmana herbicidima. Još uvek nije poznato šta se dešava sa preživelim semenima u periodu posle žetve sve do tretmana herbicidima pre setve, što bi mogao biti predmet budućih istraživanja. *Diploaxis erucoides* L. proizvodi semena pre žetve sa maksimumom u maju, dok *Avena sterilis* L. ima maksimalnu produkciju u toku i krajem juna, tj. neposredno pre i za vreme žetve žita (Westerman et al., 2012). Hipoteza u ovom radu je da bi godišnja stopa konzumiranja semena *D. erucoides* trebalo da bude maksimalna jer su semena izložena granivorima u vreme njihove najveće aktivnosti. Semena *A. sterilis* bi trebalo da budu konzumirana u manjem procentu jer su u kraćem periodu dostupna mravima. Takođe, količina semena oslobođena u toku žetve bi mogla da poveća mogućnost da data količina semena preživi. U cilju izračunavanja stope konzumiranja semena od strane granivornih mrava, korišćena je matrica kao model za predviđanje koji uključuje produkciju semena i njihovo konzumiranje od strane granivora (Westerman et al., 2012).

MATERIJAL I METODE

Lokalitet

Istraživanje je urađeno u toku 2009. i 2010. godine na oglednoj parceli u mestu Vilanova de Bellpuig (41°35'24"N; 0°58'41"E). Tip zemljišta je ilovača. Osnovni podaci o tipu useva, datumu setve i žetve i merama suzbijanja korova dati su u tabeli 1. Klima je semi-aridna, prosečna godišnja temperatura je 14,7°C i prosečna količina padavina iznosi 369 mm sa maksimumom u toku proleća i leta (1971-2000, Agencia Espanola de Meteorologia, 2012). Leta su sa prosečnom temperaturom od oko 33°C i zime blage sa minimumom od 0°C.

Izračunavanje godišnje stope konzumiranja semena

Granivori konzumiraju semena korovskih vrsta u toku vegetacione sezone, ali količina semena koju sakupljaju zavisi od toga da li su i koliko semena njima dostupna za vreme aktivnog

perioda. Aktivnost granivora i potrošnja semena je proces koji je teško direktno meriti *in situ* tako da je jednostavniji metod izračunavanja godišnje stope konzumiranja semena. U ovom radu je korišćen model za izračunavanje (Westerman et al., 2003, Westerman et al., 2012) koji uključuje srednju vrednost stope predatorstva za tu sezonu i srednju vrednost ukupne količine produkovanih semena koja su pala na zemlju (Westerman et al., 2012).

Model sadrži kombinaciju sezonske varijabilnosti u preklapanju aktivnosti granivora i oslobađanja semena po korovskoj vrsti (Westerman et al., 2003, Westerman et al., 2012). Dugoročna stopa konzumiranja semena $\bar{M}$ je izračunata kao $\bar{M} = 1 - \bar{S}$ gde $\bar{S}$ predstavlja ukupno preživljavanje semena u toku cele sezone i izračunava se kao:

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(Y_i \prod_{j=1}^k S_j \right)}{\sum_{i=1}^n Y_i} \quad [1]$$

Imenilac Y_i predstavlja ukupan broj semena koja su oslobođena sa biljke u toku vegetacione sezone i brojilac je ukupan broj preživelih semena, tj. semena koja nisu konzumirana od strane granivora, dok su I, j, k , periodi vremena npr. 2, 4, 6 dana. Preživljavanje semena je dobijeno tako što je preračunavano na svaka dva dana sve do kraja sezone uključujući i žetvu. Praćenje sudbine semena koja se razlikuju po obliku i veličini na osnovu ovog metoda doprinosi boljem razumevanju procesa konzumiranja koji je teško eksperimentalno meriti na terenu kao što je ranije pomenuto. U ovom proračunu je uzeto u obzir da produkcija semena i njihovo konzumiranje završavaju sa žetvom. Posle žetve su semena korova slabo dostupna ili neodostupna granivornim mravima te se eventualna stopa konzumiranja može zanemariti jer bi bila jako mala. Kao što je ranije pomenuto, semena su dugo prekrivena ostacima kulture, prašinom ili zemljištem (Westerman et al., 2012) što otežava mravima njihovo prikupljanje.

Godišnja stopa konzumiranja semena je ovde određivana za vrste *Diplotaxis erucoides* i *Avena sterillis* u toku 2009 i 2010 godine. Model je dalje modifikovan (Westerman et al., 2012) tako da je godišnja stopa konzumiranja preračunata kao $\bar{M}_h = 1 - (\bar{S}_h + H)$, gde je $\bar{M}_h$ stopa od momenta produkcije semena i njihovog oslobađanja na površinu zemlje do žetve uključujući i samu žetvu. $\bar{S}_h$ je preživljavanje semena od momenta padanja na zemlju do žetve što podrazumeva broj semena koja nisu konzumirana od strane granivora. H predstavlja onu količinu semena koja su pala na zemlju dok je trajala žetva. $\bar{S}_h + H$ predstavlja godišnju stopu preživljavanja semena.

Da bi se izračunala stopa $\overline{M}_h$ korišćeni su podaci za godišnju produkciju semena iz ranijeg istraživanja (Weterman et al., 2012). Stopa konzumiranih semena poznatija kao stopa predatorstva vrste *Galium spurium* (Westerman et al., 2012) korišćena je za određivanje $\overline{M}_h$ kod *D. erucoides*, dok je za *A. sterillis* uzeta stopa predatorstva vrste *Lolium multiflorum* Lam. (Baraibar et al., 2009). Obe vrste su sa iste parcele, a razlog što ova stopa nije računata direktno za *D. erucoides* i *A. sterillis* je u nedostatku dovoljnog broja semena tokom eksperimenta.

REZULTATI

Godišnja stopa konzumiranih semena

Godišnja stopa konzumiranih semena $\overline{M}_h$ je bila izuzetno visoka i iznosila je od 89% do 100% (Tabela 2). U toku 2009, 89% semena *A. sterillis* je bilo konzumirano kao i 100% vrste *D. erucoides*. U 2010. godini, granivorni mravi su nešto više konzumirali *A. sterillis* nego u prethodnoj sezoni te je ona bila veća (94%). *D. erucoides* je ponovo bio u potpunosti iskorišćen (100%). Dužina semena je veća od 1 mm, (*D. erucoides* 1.3 mm i *A. sterillis* 15 mm) (Westerman et al., 2012). Kod *D. erucoides* je bila završena kompletna produkcija semena pre početka žetve (Weterman et al., 2012). $\overline{S}_h + H$ kod ove vrste bila 0, što znači da nije bilo preživelih semena. Količina oslobođenih semena sa biljke za vreme žetve H kod *A. sterillis* je bila veća u 2009. godini i iznosila je 10%, dok je u 2010. godini bila manja (5%). Broj preživelih semena $\overline{S}_h$ za *A. sterillis* je bio manji pre žetve i iznosio je svega 1% u obe sezone (Tabela 2). Stopa preživljavanja semena $\overline{S}_h + H$ je bila mala kod *A. sterillis* i iznosila je 11% u 2009. i 6% za 2010. godinu.

Međutim, s obzirom na veličinu ovih semena, može se reći da ovaj rezultat ne treba zanemariti. Krupnija semena se duže zadržavaju na površini zemlje (Westerman et al., 2009) i imaju mogućnost preživljavanja pre nego što propadnu u zemlju. Granivori su sakupili semena u velikom procentu u 2009 i 2010. godini tako da se smatra da su ova semena bila značajna kao hrana granivornim mravima. Razlozi njihovog izbora i intenzivnog sakupljanja ovih vrsta još uvek nisu istraživani.

DISKUSIJA

Godišnja stopa konzumiranih semena korovskih vrsta *D. erucoides* i *A. sterillis* na paceli direktne setve gde nema obrade zemljišta u severoistočnoj Španiji je bila izuzetno visoka kako je i predviđeno. U toku 2009. i 2010. godine za *A. sterillis* bila je nešto niža 89% i 94%. Kod *D. erucoides* je ova stopa bila maksimalna. Rezultat je sličan stopi konzumiranosti $\overline{M}_h$ kod *G. spurium*, ali veći nego kod *B. diandrus*, *L. rigidum* i *Papaver rhoeas* (Westerman et al., 2012).

Visoka stopa $\overline{M}_h$ kod vrste *D. erucoides* je posledica vremenskog perioda produkcije semena, pre žetve. Ova vrsta je završila sa produkcijom semena mnogo ranije te ovaj proces nije mogao biti prekinut žetvom. Takođe, semena su mogla da budu izložena i dostupna mravima od maja do gotovo kraja juna, kao na primer u 2010. godini (Westerman et al., 2012).

A. sterillis produkuje semena kasnije (Westerman et al., 2012) i to je bilo prekinuto žetvom koja je u ovom regionu uvek u toku juna. U momentu žetve se oslobađa jedan deo semena koji preživljava prekriven velikom količinom požnjevenih korova i žita (Westerman et al., 2012). Smatra se da je mala verovatnoća da će granivorni mravi pronaći prekrivena semena i da će ih pokupiti. Što se perioda izloženosti semena granivorima tiče, ono je kraće za *D. erucoides* te su semena *A. sterillis* manje izložena mravima gde je i manja verovatnoća da će biti sakupljena. I pored navedenih razloga, ova vrsta je pretrpela veliki pritisak granivornih mrava. Broj preživelih semena je manji (11% i 6%) u odnosu na ona konzumirana, ali nije ni zanemarljiv jer je sudbina tih semena nepoznata. Potrebna su naredna istraživanja gde bi se dokazao eventualni značaj ove količine semena za narednu sezonu.

Dužina semena je veća od 1 mm, (*D. erucoides* 1.3 mm i *A. sterillis* 15 mm) te se smatra da su semena bila u nekom periodu dostupna granivorima (Westerman et al., 2012). *D. erucoides* je u kratkom periodu dostupan jer ima sitnija semena, ali *A. sterillis* ostaju duže izložena sa većom šansom da budu pronađena i sakupljena.

Semena *A. sterillis* se pod uticajem vlage uvijaju zahvaljujući higroskopnom osju na vrhu klasića koje se uvija i omogućava pokretanje semena i njihovo lakše propadanje u zemlju (Peart, 1979). Ovaj fenomen može doprineti nepredvidivosti kretanja semena posle žetve.

Pošto je u pitanju direktna setva, tj. nema obrade niti bilo kakvog pomeranja zemljišta, semena *A. sterillis* ostaju na površini zemlje u vremenskom periodu koji nije poznat (Atanackovic, 2013). Većina tih semena će biti uklonjena kada se parcela očisti posle žetve što može da se dogodi i posle mesec dana nakon žetve. Obrada zemljišta bi sigurno ubrzala proces propadanja semena u zemlju (Spokas et al., 2007) i smanjila njihovu izloženost mravima.

Veliki procenat prikupljenih semena od strane granivornih mrava na ovom području je već ranije dokazan za neke druge vrste kao što je već pomenuto i to pokazuje da bi ovaj fenomen mogao da bude uzet u obzir kao biološka kontrola ovih korovskih vrsta. Posebno je veliki značaj za *D. erucoides* čija se semena ne zadržavaju dugo na površini zemlje i koja bi bez uticaja mrava mogla lakše da povećaju već formiranu banku semena. *A. sterillis* je većim delom kontrolisana granivorima, mada sudbina preživelih semena ostaje nepoznata. Biološka kontrola granivornim mravima bi trebalo da bude razmatrana kao deo integrisanog menadžmenta najvažnijih korovskih vrsta na području bez navodnjavanja i direktne setve.

LITERATURA

- Atanackovic, V.:** Understanding Constraints and Potentials of Weed management through Seed Predation by Harvester Ants. PhD thesis, Universitat de Lleida, Lleida, Spain, 2013.
- Agencia Estatal de Meteoroloica:** Valores Climatologicos Normales. Estacion Lleida. <http://www.aemet.es/es/servicios>, 2012.
- climaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?k=cat. Date of last access: 30 August 2015
- Azcarate, F.M., Kovacs, E., Peco, B.:** Microclimatic conditions regulate surface activity in harvester ants *Messor barbarus*. Journal of Insect and Behavior, 20, 315–329, 2007.
- Azcarate, F.M., Peco, B.:** Spatial patterns of seed predation by harvester ants (*Messor forel*) in Mediterranean grassland and scrubland. Journal of Insects Science, 50, 120–126, 2003.
- Baraibar, B., Carrion, E., Recasens, J., Westerman, P.R.:** Unravelling the process of weed seed predation: seed cache finding, seed utilization and seed preference. Biological Control, 56, 85–90, 2011a.
- Baraibar, B., Torra, J., Westerman, P.R.:** Harvester ant (*Messor barbarus* L.) density as related to soil properties, topography and management in semi-arid cereals. Applied Soil Ecology, 51, 60–65, 2011c.
- Baraibar, B., Westerman, P.R., Carrion, E., Recasens, J.:** Effects of tillage and irrigation in cereal fields on weed seed removal by seed predators. Journal of Applied Ecology, 46, 380–387, 2009.
- Davis, A.S., Daedlow, D., Schutte, B.J., Westerman, P.R.:** Temporal scaling of episodic point estimates of seed removal to long-term removal rates. Methods in Ecology and Evolution, 2, 682–692, 2011.
- Diaz, M.:** Spatial and temporal patterns of granivorous ant seed removal in cereal crop areas of central Spain. Oecologia, 91, 561–568, 1992.
- Peart, M.H.:** Experiments on the biological significance of the morphology of seed-dispersal units in grasses. Journal of Ecology, 67, 843–863, 1979.
- Spokas, K., Forcella, F., Archer, D., Reicosky, D.:** Seed Chaser: vertical soil tillage distribution model. Computers and Electronics in Agriculture, 57, 62–73, 2007.
- Torra, J., Atanackovic, V., Royo-Esnal, A., Westerman, P.R.:** Effect of patch size on seed removal by harvester ants. Weed Research, DOI: 10.1111/wre.12179, 2015.
- Westerman, P., Atanackovic, V., Royo-Esnal, A., Torra, J.:** Differential weed seed removal in dry land cereals. Arthropod-Plant Interactions, 6, 591–599, 2012.
- Westerman, P.R., Luijendijk, C.D., Wevers, J.D.A., Van Der Werf, W.:** Weed seed predation in a phenologically late crop. Weed Research, 51, 157–164, 2011.
- Westerman, P.R., Dixon, P.M., Liebman, M.:** Burial rates of surrogate seeds in arable fields. Weed Research, 49, 142–152, 2009.
- Westerman, P.R., Wes, J.S., Kropff, M.J., van de Werf, W.:** Annual losses of weed seeds due to removal in organic cereal fields. Journal of Applied Ecology, 40, 824–836, 2003.

Monitoring and estimation of annual seed removal rate of *Diplotaxis erucoides* L. and *Avena sterillis* L. in no-till dryland cereals (NE Spain)

SUMMARY

In dryland cereal fields in NE Spain, high seed removal rates by granivorous harvester ants overlap with weed seed shed. The annual seed removal rate for main species is high (72%). In this study, the annual seed removal rate was estimated for *Avena sterillis* and *Diplotaxis erucoides*. In order to estimate annual removal rate, the existing model was used and the seed removal rate was combined with seed burial and weed seed shed. The long-term seed removal rate was 94% for *A. sterillis* and maximal for *D. erucoides* (100%). High level of annual seed removal rate for these species confirmed that harvester ants could control the troublesome weed species.

Key words: annual removal rate, seeds, cereals, granivores, ants