

Renata BAŽOK, Darija LEMIĆ, Maja ČAČIJA, Zrinka DRMIĆ

*Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju
rbazok@agr.hr*

EKONOMSKI PRAG ŠTETNOSTI I PRAG ODLUKE (KRITIČNI BROJ) NA PRIMJERU ŽIČNJAKA I LISNIH SOVICA

SAŽETAK

Odluka o suzbijanju štetnika u integriranoj zaštiti bilja donosi se isključivo temeljem procijenjene visine napada štetnika kada su procijenjene očekivane štete veće od očekivanoga gubitka prinosa uvećanog za visinu ekološke štete. U radu su opisane vrste šteta od štetnika, način na koji se određuje ekološki faktor i faktor rentabilnosti te način kako se izračunava ekonomski prag štetnosti. Objasnjeno je odnose između praga odluke i ekonomskog praga štetnosti. Ekonomski prag štetnosti uzima u obzir visinu spriječenoga gubitka, trošak mjere i ekološku štetu. Prag odluke (kritični broj) zapravo prikazuje onu zarazu (često manju od ekonomskog praga štetnosti ili izraženu u drugim jedinicama) kod koje se pristupa suzbijanju. Za poljoprivrednog proizvođača taj je podatak najvažniji, no važno je razumjeti koncept. Na primjeru žičnjaka i lisnih sovica objašnjeno je u kojim su situacijama ekonomski prag štetnosti i prag odluke predstavljeni istim vrijednostima, a kada se i zašto prag odluke razlikuje od ekonomskog praga štetnosti. Ako se metodom prognoze utvrđuje postojeće stanje (a ne predviđa se kretanje u populaciji štetnika), prag odluke je bliži ekonomskom pragu štetnosti. Manje su pouzdani pragovi odluke kojima se predviđaju promjene u populaciji (kojima se prati brojnost odraslih kukaca, a suzbijaju ličinke).

Ključne riječi: ekološka šteta, ekonomski prag štetnosti, faktor rentabilnosti, kritični broj, prag odluke, vrste šteta od štetnika

UVOD

Integrirana zaštita bilja, obuhvaća primjenu kemijskih metoda suzbijanja samo u slučajevima kada su iscrpljene sve druge mogućnosti sprječavanja porasta brojnosti štetnika iznad one visine koja može izazvati ekonomske štete. U integriranoj je proizvodnji obvezatno poduzimati sve raspoložive preventivne nepesticidne mjere suzbijanja štetnika. Odluka o primjeni izravnih mjera suzbijanja (pesticidnih ili nepesticidnih) mora biti utemeljena na podacima o visini zaraze koji se prikupljaju praćenjem pojave štetnika. U integriranoj zaštiti bilja prognoza pojave i širenja štetnika provodi se uglavnom za gospodarski važne štetnike, a nakon provedene prognoze određuju se mjere, načini i vrijeme suzbijanja. Stoga su osnovni postulati integrirane zaštite bilja održanje

zaraze štetnicima ispod ekonomskog praga štetnosti, smanjenje primjene sredstava za zaštitu bilja (SZB) te izbjegavanje negativnih popratnih pojava. Ekonomska šteta u usjevu počinje kod one točke, odnosno kod one visine napada štetnika kod koje je trošak suzbijanja uvećan za ekološku štetu manji od očekivanoga gubitka prinosa. Pojam štete i troška suzbijanja svima je dobro poznat, ali ne može se reći da je tako poznat pojam ekološka šteta.

VRSTE ŠTETA OD KUKACA

Štetni kukci na uzgajanim biljkama uzrokuju raznovrsne štete, **izravne štete** ogledaju se u smanjenju kvanititete i kvalitete biljnih proizvoda. **Gubitak prinosa** nastao zbog ishrane štetnika biljkama ili biljnim dijelovima naziva se izravnom štetom. Pri tome štetnik se ne mora hraniti onim biljnim dijelom koji je cilj uzgoja. Primjerice, lema ili žitni balac hrani se listovima, a štete koje su posljedica napada leme ogledaju se kao gubitak prinosa zrna. Slične štete nastaju i od brojnih drugih štetnika, krumpirovem zlatice, cvjetnog štitastog moljca, kupusne muhe, žičnjaka i sl. Gubitak prinosa u tom je slučaju jednostavno izračunati kao razliku u prinosu zdravih i napadnutih biljaka. Osim izravnih šteta, štete od tehnoloških štetnika ogledaju se u **smanjenju kvalitete proizvoda**. Na primjer, napad žitnih stjenica dovodi do smanjenja kvalitete zrna žitarica i ogleda se kao smanjenje hektolitarske težine i sadržaja proteina u zrnu. Napad jabučnog savijača dovodi do crvljivosti plodova što izravno smanjuje kvalitetu ploda i njegovu tržišnu vrijednost. Slično je s napadom maslinine muhe na maslinama ili lisnih uši na salati i/ili kupusnjačama. Biljke prekrivene kolonijama lisnih uši imaju manju tržišnu vrijednost. Osim tih šteta neki štetnici izazivaju **neizravne štete** prenošenjem virusa ili lučenjem medne rose koja prekriva biljne organe na koje se naseljavaju gljive čađavice koje otežavaju odvijanje fotosinteze. Napad nekih štetnika otežava određene operacije u proizvodnji pa se time gubitci mogu uvećati. Na primjer, mehanizirana berba biljaka kukuruza koje su poglele zbog napada kukuruzne zlatice znatno je otežana, a tijekom berbe nastaju gubitci jer biljke ostaju nepobrane. Potrebno je provesti dugotrajna istraživanja u polju da bi se utvrdilo koliko štetu nanosii pojedina vrsta na biljci domaćinu u određenim agroekološkim uvjetima.

TROŠAK SUZBIJANJA

Trošak suzbijanja uključuje cijenu sredstva za zaštitu bilja po jedinici površine i cijenu primjene sredstva (amortizacija opreme i trošak radne snage).

EKOLOŠKA ŠTETA

Ekološka šteta zapravo je mjera kojom se izražavaju sve negativne popratne pojave koje nastaju pri korištenju SZB, a koje zapravo umanjuju korist koju postizemo primjenom SZB. Ekološka šteta izražava se za svako pojedinačno sredstvo za zaštitu bilja, a prema prijedlogu naših znanstvenika (Igrc Barčić i Maceljski, 2001) iznosi 30-80 % troška mjere u jednogodišnjim nasadima te 80 do 150 % troška mjere u višegodišnjim nasadima.

Temeljem takvog određenja ekološki faktor iznosi 1,3-1,8 u jednogodišnjim nasadima i 1,8 do 2,5 u višegodišnjim nasadima. Ekološki je faktor 1 ako sredstvo ne izaziva negativne učinke na okoliš. Primjena ekološkog faktora pri izračunu troška suzbijanja novi je koncept u izračunu ekonomičnosti mjera zaštite bilja u integriranoj zaštiti bilja. Ekološki faktor više je približna nego točna mjera jer se točna ekološka šteta ne može procijeniti na općoj razini nego bi bile potrebne detaljne procjene za svaki pojedinačni slučaj, odnosno za svako pojedino sredstvo za zaštitu bilja i za svaku kulturu posebno.

Pri određivanju ekološke štete pojedinih djelatnih tvari ili grupe SZB u obzir se uzimaju brojna mjerila. Procjenjuje se opasnost SZB za neciljane organizme, korisnost mjere, ostatci u podzemnim i nadzemnim vodama, tlu i biljkama te utjecaj na biološku raznolikost pri čemu se osobito obuhvaća utjecaj na prirodne neprijatelje.

FAKTOR RENTABILNOSTI

Kao i u svakom izračunu ekonomičnosti, u poljoprivrednoj proizvodnji mora se voditi računa o faktoru rentabilnosti koji zapravo u odnos stavlja vrijednost spriječenoga gubitka i trošak mjere uvećan za ekološki faktor (Igrc Barčić i Maceljski, 2001):

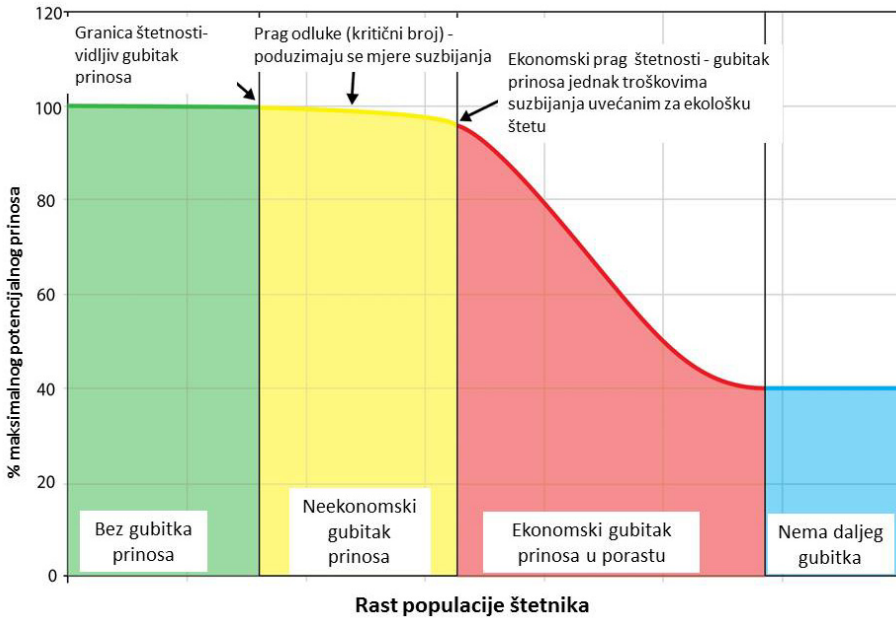
$$\text{Faktor rentabilnosti} = \frac{\text{Vrijednost spriječenoga gubitka}}{\text{trošak mjere} \times \text{ekološki faktor}}$$

Ako je vrijednost spriječenoga gubitka manja ili jednaka trošku mjere uvećanom za ekološki faktor, faktor rentabilnosti je manji od 1 te se suzbijanje ne provodi. Suzbijanje se isplati samo ako je faktor rentabilnosti veći od 1.

EKONOMSKI PRAG ŠTETNOSTI, PRAG ODLUKE I KRITIČNI BROJ

Vrlo često se u stručnoj terminologiji isprepliću tri pojma koja se tako shvaćaju sinonimima iako to nisu. Stoga je važno razjasniti te pojmove da bi se mogli razlikovati. **Ekonomski prag štetnosti** (eng. economic injury level) jest točka na kojoj je ekonomska šteta izazvana oštećenjem određene visine populacije štetnika jednaka troškovima suzbijanja (uključujući i trošak ekološke

štete) upravo te populacije. To je točka pokrića troškova u kojoj je faktor rentabilnosti 1. Ona dakle kvantificira odnos troškova suzbijanja i koristi (smanjenja štete prouzročene određenom visinom napada štetnika) koju suzbijanje štetnika donosi. Kada populacija štetnika dosegne ekonomski prag štetnosti štete su već zapravo počele (Bažok i sur., 2014). Za većinu štetnika to je visina populacije koja se primjenom mjera suzbijanja želi smanjiti. Ekonomski prag štetnosti ovisi o biologiji štetnika i njegovoj sposobnosti da izazove štete. Ako nisu poduzete mjere suzbijanja ta populacija štetnika izazvat će ekonomske štete te će se razvijati i dalje, a štete će se povećavati još neko vrijeme (slika 1.).



Slika 1. Prikaz odnosa gubitka prinosa i porasta populacije štetnika (modificirano prema Iowa State University Extension and Outreach, 2018)

Igrc Barčić i Maceljčki (2001) definiraju **prag odluke** kao onaj stupanj zaraze štetnikom ili onu konstelaciju čimbenika o kojima ovisi pojava štetnika kod koje je očekivana vrijednost spriječenog gubitka jednaka zbroju troškova primjene i vrijednosti ekološke štete. Zapravo definicija **praga odluke** uključuje i vrijednost ekološkog faktora i faktora učinkovitosti sredstva pa bi se prag odluke trebao izračunavati zasebno za svakog štetnika, ovisno o insekticidu koji se planira primijeniti. Isti autori daju i formulu za izračun praga odluke prema kojoj je prag odluke

$$\text{Prag odluke} = \frac{EF \times \text{troškovi mjere}}{OG \times \text{prirod (u t)} \times \text{cijena} \left(\frac{kn}{t}\right) \times FU}$$

pri čemu je EF - ekološki faktor, OG - očekivani gubitak po jedinici praga odluke podijeljen sa 100; FU - faktor učinkovitosti (izračunava se dijeljenjem postotka očekivane učinkovitosti sa 100);

Pažljivo promatranje formule za izračun prema Igrc Barčić i Maceljki (2001) govori da se tom formulom zapravo izračunava ekonomski prag štetnosti. Naime on se izražava u jedinicama (broj štetnika/ biljci ili /m²) u kojima se izražavaju i gubici prinosa što znači da se odnosi na onaj razvojni stadij štetnika koji izaziva štete.

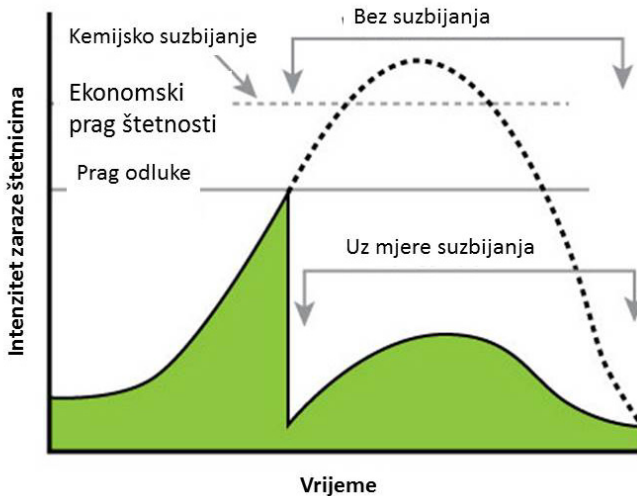
Na primjeru izračuna ekonomskog praga štetnosti kukuruznog moljca (tablica 1.) vidi se da je izračunati ekonomski prag štetnosti za provedbu suzbijanja kemijskim insekticidom nešto niži od praga štetnosti u slučaju primjene biološkog insekticida. Biološki insekticid ne izaziva ekološku štetu (zato je EF = 1) a ekološka šteta uzrokovana primjenom kemijskog insekticida velika je (EF = 1,8), no biološki je insekticid manje učinkovit i skuplji. Istovremeno, sjetva GMO je biljaka jeftinija, ima bolju učinkovitost no ipak uzrokuje izvjesnu ekološku štetu (EF = 1,2) pa je ekonomski prag štetnosti niži. To zapravo znači da bi se kod zaraze s 0,5 gusjenica po biljci sjetva GMO sjemena (kada bi bila dozvoljena kod nas) isplatila dok ta ista zaraza ne bi opravdala primjenu ni ti kemijskih niti bioloških insekticida folijarno. Valja istaknuti da trošak mjere ne uključuje samo cijenu insekticida nego i trošak mehanizacije i rada za provedbu mjere. Iz navedenog se vidi da su svi izračuni provedeni za razvojni stadij koji radi štete. Pojava kukuruznog moljca ne prognozira se i najčešće se ne provode mjere njegova suzbijanja jer je suzbijanje u merkantilnom kukuruzu tehnički teško provesti. Eventualno suzbijanje provodi se u kukuruzu šećercu i u sjemenskom kukuruzu. Istraživanja Bažok i sur. (2009) pokazala su da ulov kukuruznog moljca na feromonima ne daje pouzdanu sliku o brojnosti leptira te da se na temelju ulova na feromonima može samo prognozirati optimalno vrijeme primjene insekticida no istovremeno je prijeko potrebno o u vizualnom pregledu utvrditi postotak zaraženih biljaka.

Tablica 1. Izračun ekonomskog praga štetnosti na primjeru tri različite mjere suzbijanja kukuruznog moljca

Mjera suzbijanja	Cijena mjere	FU	EF	OG	Prinos (t/ha)	Cijena (kn/t)	Ekonomski prag štetnosti (gusjenica /biljci)
Kemijski insekticid	300,00	0,8	1,8	0,06	8	1000	1,41
Biološki insekticid	500,00	0,7	1	0,06	8	1000	1,49
GMO	200,00	1	1,2	0,06	8	1000	0,5

FU - faktor učinkovitosti; EF - ekološki faktor; OG - očekivana vrijednost gubitka prinosa po jedinici ekonomskog praga štetnosti

Definicija **praga odluke** koju daju Igrc Barčić i Maceljki (2001) bolje odgovara engleskom terminu „action threshold“ ili onim što u hrvatskom često nazivamo i **kritični broj**. Kritični brojevi često se izražavaju u broju drugih razvojnih stadija (primjerice odraslih kukaca), a čija brojnost pokazuje da će kroz neko vrijeme populacija štetnog razvojnog stadija dosegnuti visinu kod koje se suzbijanje isplati (ekonomski prag štetnosti) (slika 2.). Stoga predlažemo da se prag odluke i kritični broj koriste kao sinonimi te da se definicija zadrži kao **definicija praga odluke ili kritičnog broja**, a da se u formuli za izračun prema Igrc Barčić i Maceljki (2001) izraz prag odluke zamijeni izrazom ekonomski prag štetnosti. Ovisno o vrsti štetnika i štetama koje počine kritični broj obično je niža vrijednost od ekonomskog praga štetnosti (slika 2.). U iznimnim slučajevima kritični broj i ekonomski prag štetnosti imaju istu vrijednost.



Slika 2. Prikaz odnosa ekonomskog praga štetnosti i praga odluke (modificirano prema Pedigo i Higley, 1992)

Prag odluke (kritični broj) niži je nego ekonomski prag štetnosti jer u obzir uzima čimbenik vrijeme odnosno vjerojatnost da će utvrđena brojnost pojedinog razvojnog stadija štetnika, ako se ne provedu mjere suzbijanja, narasti do brojnosti koja izaziva ekonomske štete. Kada se prognozira pojava štetnika, često se pragovi odluke izražavaju kao brojnost razvojnog stadija koji ne izaziva štete (primjerice leptiri na feromonskim mamcima, muhe na pločama), a ne kao brojnost razvojnog stadija koji pravi štete (primjerice gusjenice na listovima ili plodovima, ličinke u korijenu). Prag odluke u tom slučaju bit će utvrđen kao broj leptira u feromonima (ili broj muha na pločama), a ekonomski je prag štetnosti određen brojem gusjenica (ili ličinki) ili postotkom zaraženih plodova. Iznimno u nekim slučajevima, ekonomski prag štetnosti ujedno je i prag odluke kod kojeg se provodi suzbijanje.

EKONOMSKI PRAG ŠTETNOSTI I PRAG ODLUKE ZA ŽIČNJAKE

Žičnjaci zapravo obuhvaćaju kompleks od pet vrsta. Štetu rade ličinke u proljeće. Ličinke prezimljuju u tlu i u proljeće se nastavljaju hrniti. Broj ličinki koji je prisutan u proljeće ostaje nepromijenjen do kraja srpnja. Jedine promjene koje se događaju u tom razdoblju odnose se na vertikalne migracije ličinki pod utjecajem promjena u temperaturi i vlazi. Štete od žičnjaka ovise o gustoći sklopa usjeva, zakorovljenosti, temperaturi, vlažnosti i drugim čimbenicima.

Ekonomski prag štetnosti žičnjaka izražava se odvojeno za skupine kultura, okopavine i kulture gustoga sklopa. Ekonomski prag štetnosti izražava se kao broj ličinki/m². Na okopavinama u područjima s manje oborina populacija od 1 do 3 ličinke/m² može izazvati ekonomske štete, a u područjima s više oborina ekonomski je prag štetnosti tri do pet ličinki/m². Za kulture gustog sklopa ekonomski prag štetnosti je 20 do 30 ličinki/m².

Za suzbijanje žičnjaka mogu se primijeniti tri različite metode suzbijanja: tretiranje širom (granule ili prskanje), primjena granula u trak i tretiranje sjemena. Te tri metode nisu jednako ekološki prihvatljive pa imaju različiti ekološki faktor. Nisu niti jednako učinkovite kod iste brojnosti populacije ličinki, a i trošak provedbe znatno se razlikuje. Zbog različite učinkovitosti pri istoj brojnosti populacije (u primjeru je utvrđena zaraza 5 ličinki/m²) razlikuje se očekivana vrijednost spriječenog gubitka svake od mjera. Samim tim izračunati faktor rentabilnosti (tablica 2.) nije isti. Iz izračuna se vidi da se suzbijanje ne isplati (FR = 0,75) ako se planira primijeniti tretiranje cijele površine. Ta je mjera skuplja i vrlo je učinkovita, no velika je ekološka šteta koju izaziva. Stoga je upitna opravdanost njezine primjene u uvjetima ne previsoke zaraze. S druge strane, primjena granula u trak i tretiranje sjemena ekološki su prihvatljiviji i znatno jeftiniji pa je izračunati faktor rentabilnosti 2,37 (za primjenu granula) odnosno 3,08 (za tretiranje sjemena).

Tablica 2. Izračun faktora rentabilnosti za različite mjere suzbijanja žičnjaka pri stalnoj visini populacije od 5 ličinki/m²

Visina zaraze	Mjera suzbijanja	Trošak mjere	OG	EF	Faktor rentabilnosti
5 ličinki/m ²	Tretiranje širom	1250 kn/ha	1,700 kn	1,8	0,76
	Primjena granula u trake	450 kn/ha	1,600 kn	1,5	2,37
	Tretiranje sjemena	300 kn/ha	1,200 kn	1,3	3,08

Istraživanja štetnosti vrsta *Agriotes ustulatus* Shall., *Agriotes brevis* Cand. i *Agriotes sordidus* Illiger pokazala su da je vrsta *A. brevis* pet puta štetnija nego vrsta *A. ustulatus* i 2,5 puta štetnija nego vrsta *A. sordidus* (Furlan i sur., 2014). Ti rezultati ukazuju da poznavanje broja ličinki nije dovoljno jer je poznavanje vrste jako važno za donošenje prave odluke. Istraživanja zastupljenosti vrsta roda *Agriotes* u kontinentalnoj Hrvatskoj (Čačija, 2015) pokazala su da je vrsta *A. ustulatus* prisutna u većini istraživanih područja te da obuhvaća 14 % do 21 % ukupne populacije odraslih žičnjaka roda *Agriotes* i da je istovremeno u populaciji ličinki zastupljena s 6,8 % (istočna Slavonija) do 38,8 % (središnja Hrvatska). To pokazuje da je poznavanju vrsta žičnjaka u Hrvatskoj potrebno pridati veću pozornost.

Metode prognoze žičnjaka obuhvaćaju pregled tla u jesen ili proljeće, ukopavanje zrnatih mamaca u rupe ili lončiće te praćenje odraslih na feromonskim mamcima.

Za određivanje kritičnoga broja osobito je važno poznavati sve prednosti i nedostatke pojedine metode prognoze koja se provodi. Zaraza žičnjacima može se utvrditi pregledom tla u jesen. U jesen obično ima dovoljno vremena da se metoda provede. No pouzdanost metode ovisi o vremenskim uvjetima: ako je hladno razdoblje nastupilo ranije, žičnjaci će se povući u dublje slojeve na prezimljenje pa će utvrđena zaraza biti manja od stvarne zaraze. Također tom metodom utvrđuje se broj ličinki koji ulazi u prezimljenje, a poznato je da tijekom zimskog razdoblja zbog vremenskih uvjeta (hladnoća, prevelike količine oborina i sl.) ili primijenjene agrotehnike (duboko oranje kojim se ličinke izbacuju na površinu...) može uginuti veći broj ličinki. Zbog navedenih razloga ta se metoda češće koristi kao metoda dugoročne prognoze, a ne kao metoda kojom određujemo kritični broj.

Pregled tla u proljeće znatno je preciznija metoda jer se obavlja prije sjetve te se njime utvrđuje broj ličinki koje su prezimjele. Glavni nedostatak te metode jest da se teško može provesti prije sjetve kultura koje se siju rano, primjerice šećerne repe, jer je u rano proljeće temperatura tla niska pa se žičnjaci nalaze u dubljim slojevima. One se premještaju u oranični sloj tla i u zonu korijena kasnije pa su onda moguće štete na mladim izniklim biljkama. Također, da bi se utvrdila zaraza žičnjacima potreban je dosta velik broj jama (8 jama/ha za manje parcele) pa je za provedbu te metode potrebno dosta radne snage. Usprkos svemu ta metoda i dalje se smatra najpreciznijom u prognozi žičnjaka.

Zrnati mamci ukopavaju se na prazna polja u proljeće 10-15 dana prije sjetve i ostavljaju se u polju tijekom 7-10 dana. Ta metoda zasniva se na privlačenju ličinki prema CO₂ koji luče naklijale sjemenke kukuruza i pšenice u zrnatim mamcima. Ako na parceli ima korova i drugih biljaka u nicanju, one će predstavljati konkurenciju zrnatim mamcima pa će i ulov biti slabiji. Ta metoda smatra se orijentacijskom jer ne daje točnu sliku o visini populacije i temeljem te metode ne može se izračunati kritični broj za svaku metodu suzbijanja.

Zapravo se temeljem utvrđene brojnosti u zrnatim mamcima daje pozitivna ili negativna signalizacija: suzbijati ili ne. Kako god, metoda je radno manje zahtjevna i potrebno je znatno manje mamaca po hektaru.

Kritični brojevi koje navode Furlan i sur. (2014) utvrđeni su metodom ukopavanja zrnatih mamaca u lončice. To je metoda u Hrvatskoj primjenjivana samo u znanstvenim istraživanjima (Furlan i sur., 2001). Metoda je slična prethodno opisanoj metodi ukopavanja zrnatih mamaca, a razlika je u tome što se zrnati mamci ukopavaju u manje lončice i ukopava ih se prosječno 10/ha. Ulovi iz lončića moraju se postavljati na Berlese-Tulgrenove lijevke pa je provedba te metode povezana s posjedovanjem opreme i potrebnim stručnim znanjima za njezinu provedbu.

Korištenje feromona za prognozu žičnjaka primjenjuje se da bi se prognozirale štete u idućoj godini. Iako feromoni imaju neke važne prednosti, prvenstveno visoku specifičnost, nedostatak je te metode u činjenici da se feromonima love mužjaci što ne daje odgovor na pitanje koliko je bilo ženki i gdje su one odložile jaja. Dugotrajnim istraživanjima talijanski istraživači utvrdili su da se pri ulovu od 500 do 1000 jedinki vrste *A. brevis* po sezoni mogu očekivati ekonomske štete od ličinki u idućoj godini. No to su podatci samo za jednu vrstu, a pouzdanost prognoze može biti vrlo upitna. Za ostale važne vrste žičnjaka još nema podataka.

Stoga je i dalje najpouzdanija metoda pregleda tla u proljeće. S obzirom na to da se populacija žičnjaka od trenutka pregleda do trenutka kad oni rade štete ne mijenja (iznimka su ličinke koje se zbog zagrijavanja nešto kasnije premjeste u oranični sloj tla), prag odluke (kritični broj) za žičnjake jednak je ekonomskom pragu štetnosti. Pregledom tla utvrđuje se brojnost žičnjaka po jedinici površine i on je zapravo prava procjena brojnosti razvojnog stadija koji radi štete. S druge strane procjena brojnosti vrste *A. brevis* na feromonima služi samo za procjenu hoće li populacija ličinki dosegnuti ekonomski prag štetnosti pa je prag odluke izražen kao broj odraslih na feromonu izražen u drugim jedinicama u odnosu na ekonomski prag štetnosti (broj ličinki/m²). Na primjeru žičnjaka prikazali smo da ekonomski prag štetnosti i prag odluke mogu biti isti u nekim slučajevima.

EKONOMSKI PRAG ŠTETNOSTI I PRAG ODLUKE ZA LISNE SOVICE

Sovice obuhvaćaju veliku skupinu leptira, a u poljoprivredi (ratarske kulture i povrće) važno je šest vrsta koje napadaju različite biljne organe i izazivaju različite štete. Osnovna karakteristika sovice jest njihova velika polifagnost, odnosno sposobnost ishrane na brojnim kulturnim biljkama, ali i na korovima. Štetu rade gusjenice tijekom cijele vegetacije. Brojnost gusjenica u usjevu vezana je s brojem odloženih jaja pri čemu veliku važnost ima atraktivnost i zakorovljenost usjeva. Štete od gusjenica osim o brojnosti iznimno ovise o vremenskim uvjetima (temperaturi i vlažnosti).

Tri su vrste sovetica pozemljuša i tri vrste lisnih sovetica štetne ratarskim i povrtnim kulturama u Hrvatskoj. Proljetna sovetica, *Euxoa temera* Hubn. razlikuje se po biologiji pa tako i po prognozi.

Udio pojedine od preostalih pet vrsta različit je u različitim područjima Hrvatske. Od lisnih sovetica u Slavoniji je nazastupljenija migratorna vrsta *Autographa gamma* L., a od sovetica pozemljuša također je zastupljenija migratorna vrsta *Agrotis ypsilon* Hufnagel (tablica 3.). U Gorskom kotaru situacija je nešto drugačija: lisne sovice, kupusna sovetica i sovetica gama zastupljene su u podjednakom broju, a od sovetica pozemljuša češće je zastupljena usjevna sovetica (tablica 4.).

Tablica 3. Prosječni ulov sovetica na feromonskim mamcima i udio pojedine vrste u populaciji u istočnoj Hrvatskoj, Tovarnik, 2012.-2014.

Vrsta	Ukupni ulov (broj leptira)	Udio u populaciji (%)
<i>Mamestra brassicae</i> L.	188.99 ± 3.47 b	9.99 ± 0.63 b
<i>Mamestra oleracea</i> L.	46.72 ± 5.09 b	2.12 ± 0.81 b
<i>Autographa gamma</i> L.	1218.8 ± 9.86 a	61.80 ± 0.96 a
<i>Agrotis segetum</i> Denis & Schiffermüller	152.01 ± 4.9 b	7.94 ± 0.82 b
<i>Agrotis ypsilon</i> Hufnagel	282.38 ± 9.46 b*	14.19 ± 1.51 b
HSD $P=0.05$	24.42 t**	3.005 t

Tablica 4. Prosječni ulov sovetica na feromonskim mamcima i udio pojedine vrste u populaciji u Gorskom kotaru, 2011.-2012.

Vrsta	Ukupni ulov (broj leptira)	Udio u populaciji (%)
<i>Mamestra brassicae</i> L.	36,5	27,65
<i>Mamestra oleracea</i> L.	8,5	5,66
<i>Autographa gamma</i> L.	43	28,77
<i>Agrotis segetum</i> Denis & Schiffermüller	33	24,65
<i>Agrotis ypsilon</i> Hufnagel	18	13,28
HSD $P=0.05$	ns	ns



Slika 3. Prosječni udio lisnih sovetica u ukupnoj populaciji praćenih vrsta

U Slavoniji lisne sovice dominiraju u populaciji sovica, a u Gorskom kotaru lisne sovice i sovice pozemljuše zastupljene su u podjednakom broju (slika 3.).

Ekonomski prag štetnosti gusjenica lisnih sovica izražava se odvojeno za pojedine kulture, a najčešće se izražava za kupusnjače i šećernu repu jer su na tim biljnim vrstama one i najštetnije. Ekonomski prag štetnosti izražava se kao broj gusjenica/m² ili po biljci. Za kupusnjače postoje podatci o ekonomskom pragu štetnosti za svaku od tri vrste gusjenica. Iako ima manjih razlika među vrstama, ekonomski prag štetnosti uglavnom je oko 1 gusjenice/biljci. Za šećernu repu izražava se zbrojno i iznosi 0,5-1 gusjenica/ biljci.

Prognoza lisnih sovica obavlja se s pomoću tri moguće metode: pregledom tla u proljeće na prezimjele gusjenice (kukuljice), feromonskim mamcima i vizualnim pregledima. Prag odluke može se izraziti kao broj gusjenica/m² i u tom slučaju on je jednak ekonomskom pragu štetnosti. Prag odluke također se izražava i kao postotak napadnutih biljaka pri čemu se kritični broj mijenja ovisno o vegetacijskoj fazi usjeva, a u tom slučaju ne gledaju se pojedinačne vrste (tablica 5.).

Tablica 5. Prag odluke za gusjenice lisnih sovica u kupusnjačama (modificirano prema Bažok, 2010)

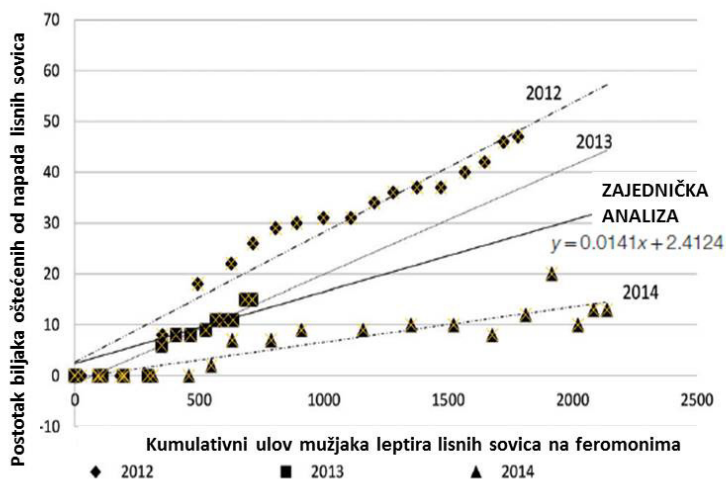
Razvojni stadij kupusa			
Kotiledone	Prije formiranja glavice	Formiranje glavice	Popunjavanje glavice
10 % napadnutih biljaka	15 % napadnutih biljaka	10 % napadnutih biljaka	5 % napadnutih biljaka

U šećernoj repi prag je odluke 10 % napadnutih biljaka (Bažok, 2010). Obje se vrijednosti mogu utvrditi **vizualnim pregledom biljaka** i to se smatra i najpreciznijom metodom utvrđivanja praga odluke. Ako su u vrijeme pregleda prisutna jaja štetnika njih brojimo kao i gusjenice jer se očekuje njihov daljnji razvoj. Zbog neravnomjernog rasporeda jaja i gusjenica (u ranijim razvojnim stadijima), nužno je pregledati po 10 biljaka na najmanje 10 mjesta na parceli. Pri određivanju praga odluke za lisne sovice uvijek treba imati na umu da se suzbijanje mora provesti prije nego gusjenice prerastu 2 cm duljine, jer su veće gusjenice slabo osjetljive na insekticide.

Pregled tla u proljeće može osigurati podatak o broju gusjenica koje su prezimjele i ušle u kukuljenje no taj podatak ne može se koristiti za točnije prognoze jer je uspjeh dovršetka razvoja leptira ovisan o biotskim i klimatskim čimbenicima, a nisu poznati ni premještanje leptira s mjesta kukuljenja, a ni ovipozicija.

Feromonski mamci hvataju samo mužjake, nema podataka o brojnosti ženki, a isto tako nema podataka o mjestu ovipozicije, odnosno polju i usjevu koji će

biti napadnut. Mjesto ovipozicije ovisi o brojnim čimbenicima (obrađenost površine, zakorovljenost...) pa se teško može predvidjeti napad gusjenica. U višegodišnjim istraživanjima u šećernoj repi pokušali smo dovesti u vezu ulov leptira svih lisnih sovica zajedno (tri vrste) na feromonskim mamcima i štete na biljkama. Iz 4. slike vidi se da se ovisnost šteta o ulovu leptira mijenja od godine do godine (za svaku godinu utvrđen je nešto drugačiji pravac regresije). Kad je provedena zajednička analiza podataka dobivenih u sve tri godine istraživanja, utvrdili smo da pravac ima jednadžbu $y = 0,0141x + 2,4124$. Iz te jednadžbe može se izračunati ulov leptira (x) kod kojeg će šteta na biljkama (y) biti 10 % (što je prag odluke). Tako je za $y = 10$ izračunati $x = 538,12$. To bi značilo da se kod kumulativnog ulova 538 leptira može očekivati 10 % napadnutih biljaka. Naravno, treba voditi računa o tome da je to ipak samo informativni izračun zbog već navedenih ograničenja. Upravo zbog mogućeg utjecaja različitih čimbenika na pouzdanost prognoziranja šteta i potrebe suzbijanja uz pomoć feromonskih mamaca smatramo da je ta metoda zapravo pogodna za određivanje roka pojave leptira i potrebe da se počne s vizualnim pregledima.



Slika 4. Odnos kumulativnog ulova leptira tri vrste sovica i postotka napadnutih biljaka (modificirano prema Lemić i sur., 2016)

ZAKLJUČAK

Važno je razumjeti koncept ekonomskog praga štetnosti i praga odluke (kritičnog broja). Ekonomski prag štetnosti uzima u obzir visinu spriječenoga gubitka, trošak mjere i ekološku štetu. Prag odluke (kritični broj) zapravo je ona zaraza (često manja od ekonomskoga praga štetnosti ili izražena u drugim jedinicama) kod koje pristupamo suzbijanju. Za poljoprivrednoga proizvođača taj je podatak najvažniji, no važno je razumjeti koncept. Prag odluke utvrđuje

se metodama prognoze koje su manje ili više pouzdane. Ako se metodom prognoze utvrđuje postojeće stanje (a ne predviđa kretanje u populaciji štetnika), prag odluke bliži je ekonomskom pragu štetnosti. Manje su pouzdani pragovi odluke kojima se predviđaju promjene u populaciji (prati se brojnost odraslih kukaca, a suzbijaju se ličinke).

SUMMARY

The decision on implementing chemical control in integrated pest management should be based exclusively on the estimated pest population level. It is justified only if the expected yield loss is higher than the management cost multiplied with the estimated ecological damage. In the paper, the types of the damages caused by insect pests are described together with the factors determining ecological damage and profitability factor. The relationship between economic injury level (EIL) and action threshold (AT) is explained. EIL is taking into account the estimated value of saved yield loss, cost of the control and ecological damage. AT or economic threshold is represented by the pest density (often lower than EIL or expressed in different measurements units) to carry out chemical control. It is the most important to know for every farmer. The example of wireworms and leaf surface feeding cutworms was used to illustrate when EIL is the same as the AT and when and why AT differs from EIL. AT is very similar to EIL if the damaging pest developmental stage has been estimated and if the further pest population fluctuation is not expected. If the population fluctuation is estimated (i.e. if the adults are forecast to predict larval population), AT is less accurate.

Ključne riječi: action threshold, ecological damage, economic injury level, profitability factor, type of the damage caused by insects

LITERATURA

Bažok, R. (2011). Štetne gusjenice na kupusnjačama. Glasilo biljne zaštite, XI (3), 206-213.

Bažok, R. (2010). Suzbijanje štetnika u proizvodnji šećerne repe. Glasilo biljne zaštite X (3), 153-165.

Bažok, R., Gotlin Čuljak, T., Grubišić, D. (2014). Integrirana zaštita bilja na primjerima dobre prakse. Glasilo biljne zaštite, XIV (5), 357-390.

Bažok, R., Igrc Barčić, J., Kos, T., Gotlin Čuljak, T., Šilović, M., Jelovčan, S., Kozina, A. (2009). Monitoring and efficacy of selected insecticides for European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hubn., Lepidoptera: Crambidae) control. Journal of Pest Science, 82 (3), 311-319.

Čačija, M. (2015). Distribucija i dominantnost imaga i ličinki vrsta roda *Agriotes* (Coleoptera: Elateridae) u kontinentalnoj Hrvatskoj. Disertacija. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb.

.....

Furlan, L., Toth, M., Parker, W.E., Ivezić, M., Pančić, S., Brmež, M., Dobrinčić, R., Barčić, J., Muresan, F., Subchev, M., Toshova, T., Molnar, Z., Ditsch, B., Voigt, D. (2001). The efficacy of the new *Agriotes* sex pheromone traps in detecting wireworm population levels in different European countries. XXI IWGO Conference, VIII Diabrotica Subgroup Meeting, Legnaro-Padua-Venice-Italy, Proceedings Book, 283-316.

Furlan, L. (2014). IPM thresholds for *Agriotes* wireworm species in maize in Southern Europe. *Journal of Pest Science*, 87(4), 609-617.

Furlan, L., Contiero, B., Chiarini, F., Colauzzi, M., Sartoril, E., Benvegnù, I., Fracasso, F., Giandon, P. (2017). Risk assessment of maize damage by wireworms (Coleoptera: Elateridae) as the first step in implementing IPM and in reducing the environmental impact of soil insecticides. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 24, 236-251.

Igrc Barčić, J., Maceljki, M. (2001). Ekološki prihvatljiva zaštita bilja od štetnika. *Zrinski Čakovec*, 247.

Iowa State University Extension and Outrich (2018). Integrated Crop Management: The economics of soybean aphid: math and biology matter. Dostupno na: <https://crops.extension.iastate.edu/blog/erin-w-hodgson/economics-soybean-aphid-math-and-biology-matter>, pristupljeno 20. rujna 2018.

Lemić, D., Drmić, Z., Bažok, R. (2016). Population dynamics of noctuid moths and damage forecasting in sugar beet. *Agricultural and forest entomology*, 18 (2), 128-136.

Pedigo, L. P., Higley, L. G. (1992). A new perspective of the economic injury level concept and environmental quality. *American Entomologist*, 38, 1221.

pregledni rad