

## Four-year arable crop rotation impact on beneficial soil surface arthropod fauna restoration

### Utjecaj četverogodišnjeg plodoreda na obnovu korisne faune člankonožaca površinskog sloja tla

Darija LEMIĆ, Helena VIRIĆ GAŠPARIĆ\*, Ivana PETRAK, Željka GRAŠA and Renata BAŽOK

University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Department for Agricultural Zoology, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Croatia, \*correspondence: hviric@agr.hr

#### Abstract

Sugar beet production in Croatia is demanding and involves a range of activities that affect the successful production. Pests can significantly reduce yield, sugar content and root quality. Sugar beet protection is usually carried out by chemical measures. Chemical measures have long-term negative impact on soil surface Arthropod fauna. The composition and number of fauna species in surface soil layer indicates characteristics and fertility of the soil and is often referred as indicators of soil contamination. The aim of this research was to determine the richness and diversity of the soil surface Arthropod fauna in the sugar beet field and fields on which sugar beet was grown before one, two and three years ago. The research was conducted during 2015, in Lukač, Virovitica – Podravina County. Fauna was collected by pitfall traps (epigeic fauna) and perforated probes (endogeic fauna). The total number of collected specimens was 1.493. Eudominant were species from class Insecta, family Carabidae, order Collembola and specimens from class Arachnida and class Arachnida, order Aranaea. Species from order Hymenoptera were recedent. The highest total catch of beneficial soil surface Arthropod fauna was recorded in the oilseed rape field where the sugar beet was grown three years ago. Thin stand crops have more favorable impact on soil surface fauna due to the less intensive chemical protection measures and ability of faster warming of the soil. Agro-technical measures such as protection and crop rotation have significant impact on the number of beneficial soil surface Arthropod fauna which recovered after intensive cultivation of sugar beet, in four-year crop rotation.

**Keywords:** chemical protection, crop rotation, soil fauna, sugar beet

## Sažetak

Tehnologija proizvodnje šećerne repe zahtjevna je te uključuje čitav niz aktivnosti koje utječu na uspjeh proizvodnje. Štetočinke mogu znatno umanjiti urod, sadržaj šećera i kvalitetu korijena. Zaštita šećerne repe najčešće se provodi kemijskim mjerama čime se dugoročno negativno utječe na faunu člankonožaca površinskog sloja tla. Sastav i brojnost faune u površinskom sloju tla ukazuje na karakteristike i plodnost tla te je često pokazatelj onečišćenja tla. Cilj provedenog istraživanja bio je utvrditi brojnost i sastav korisne faune člankonožaca površinskog sloja tla na polju uzgoja šećerne repe i poljima na kojima je šećerna repa bila uzgajana prije jednu, dvije i tri godine. Istraživanje je provedeno 2015. godine na području općine Lukač, Virovitičko – podravska županija. Fauna je prikupljena uporabom lovnih posuda i endogejskih sonda. Tijekom istraživanja prikupljene su ukupno 1.493 jedinke. Eudominantne su vrste iz razreda Insecta, porodice Carabidae, reda Collembola te pripadnici razreda Arachnida, red Aranaea. Jedinke roda Hymenoptera su recedentne. Najveći ukupni ulov faune površinskog sloja tla zabilježen je na polju uljane repice, gdje je šećerna repa bila uzgajana prije tri godine. Usjevi gustog sklopa povoljnije utječu na faunu površinskog sloja tla prvenstveno zbog manje intenzivnih kemijskih mjera suzbijanja štetnika te sposobnosti bržeg zagrijavanja površine tla. Agrotehničke mjere kao što su zaštita usjeva i plodored imaju značajan utjecaj na brojnost korisne faune člankonožaca u površinskom sloju tla. Brojnost faune površinskog sloja tla obnovila se u godinama nakon uzgoja šećerne repe, odnosno u kulturama uzgajanima u četverogodišnjem plodoredu u kojima se ne provode intenzivne agrotehničke i kemijske mjere zaštite.

**Ključne riječi:** fauna tla, kemijska zaštita, plodored, šećerna repa

## Detailed abstract

In the area of Virovitica – Podravina County crops are usually grown in multi-annual crop rotation system, which is especially important for sugar beet production. Sugar beet is grown mostly in Slavonia, Baranja, Podravina and Međimurje. The average production area is 23.000 ha, root yield 50 t ha<sup>-1</sup> and 15% of sugar content. Sugar beet is the most intensive industrial culture considering the highly complex and demanding production technology (Pospišil, 2013). Sugar beet protection is usually carried out during the whole vegetation period and by chemical measures with greater number of treatments compared to other crops. Chemical treatments or sowing in the soil with present chemicals residues have long-term negative impact on the on the soil surface Arthropod fauna. Beneficial fauna includes organisms such as nematodes, mites, spiders, insects and earthworms. They have positive impact on cultivated plants and their abundance is used as indicator of sustainability assessment. Insect members of beneficial soil fauna, important as biological indicators of habitat stability, include order Collembola and order Coleoptera, family Carabidae.

The research was conducted on the four fields in the northeastern part of the Croatia, in the municipality of Lukač, which is located in Virovitica – Podravina County. All four

fields have different cropping history. One of the fields was sown with sugar beet, and on the other three fields sugar beet was grown one year ago (2014), two (2013) and three years ago (2012) (Table 1). Estimation of the Arthropod fauna population that moves across the soil surface was carried out according to the Duelli et al. (1999) methodology, using pitfall traps. The structure of the pitfall traps and their roofs were made of PVC material. Base of the pitfall was incorporated 18 cm into the soil half filled with salted water. On April 29, 2015, four pitfall traps were incorporated on each field at a distance of 50 m apart. The total number of used pitfall traps was 16. The fauna that lives and moves beneath the soil surface was collected using endogeic perforated probes (WB PROBE II ® Trap, Third inc.). The probes were buried into the ground on May 13, 2015, on the mutual distance of 50 m. All traps were placed 100 m away from the field edges to minimize edge effect on Arthropod fauna caches. For each field in the research four endogeic probes were used, total of 16 endogeic probes. Samples from pitfall traps were collected once a week between April 29 and June 16, 2015, a total of eight samplings. Samples from endogeic probes were also collected once a week between May 20 and June 16, 2015, making a total of five samplings. All collected samples were stored in 96% ethanol and determined by Class, Order and Family at the Department of Agricultural Zoology, Faculty of Agriculture. The total number of collected specimens of beneficial fauna in both types of traps was subjected to analysis of variance (ANOVA) to determine the difference in total catches of individuals between fields. In case of uneven data distribution, transformation  $\log(x + 1)$  and  $\sqrt{x}$  were used. Duncan's multiple range tests was used as well. Statistical analysis was performed using the statistical program ARM 9® GDM software, Revision 9.2014.7.

On the research fields with the average area of 23.77 ha, total number of collected beneficial fauna was 1.493. Eudominant individuals belong to the class Insecta, family Carabidae with share of 53.38% or 797 collected specimens, class Entognatha, subclass Collembola (share of 25.92% or 387 individuals) (Durbešić, 1998) and class Arachnida, order Araneae with the share of 17.15% or 256 collected specimens. Recedent members of the class Insecta belongs to order Hymenoptera (share of 0.94% or 14 collected specimens) while the other collected specimens were classified as subrecedent. The highest total catch of specimens collected in both types of traps was recorded in the oilseed rape field, where sugar beet was grown three years ago (2012). In this field the total collected number of specimens was 718 of which 48% (345 individuals) belonging to the family Carabidae. Table 2 shows the analysis of variance between the total numbers of collected fauna by pitfall traps. Results shown a statistically significant higher total catch in the oilseed rape field comparing with all other fields (sugar beet, wheat, corn). Table 3 shown the analysis of variance of total catch of different arthropod groups in perforated probes. Results shown significant reduction in the total catch in the sugar beet and wheat field (sugar beet in 2014) in comparison to the maize field and oilseed rape field, which also differ. In the oilseed rape field the number of Carabidae individuals doubled in comparison to other fields. Such result is surprising considering the oilseed rape as thick crop stand and the fact that insecticide treatments against pollen beetle were applied. Kos et al. (2010) didn't record negative impact of insecticide applications in barley crop on number of individuals nor species of Carabidae family. This research confirms these conclusions due to the statistically highest catch of fauna in both types of traps (epigean and endogean) on the oilseed rape field. Such result is associated with the cultivation of sugar beet, which was sown on that field three years ago (2012). Further cultivation was followed by the wheat and sunflower that

are significantly less treated with insecticides so the population of Carabidae recovered from intensive treatment with plant protection products used in sugar beet. Beside beneficial insects from the family Carabidae, the abundance of individuals from order Araneae and Hymenoptera was recorded as well. The number also significantly increased on the fields of maize and oilseed rape where the cultivation of sugar beet was two or three years ago. These results suggest that the population recovered after intensive cultivation of sugar beet. The lowest number of individuals from order Collembola was recorded on the sugar beet and wheat (sugar beet in 2014) where the chemical protection measures were applied. On the sugar beet field treated seeds were sown while on wheat in 2015 insecticides were applied by soil treatment and foliar treatment against *Oulema melanopus*. The highest population of Collembola was recorded in the oilseed rape field where sugar beet was sown in 2012. On the same field in 2013 and 2014 significantly fewer insecticides were used causing the recovery of Collembola population.

From research conducted on the fields of Lukač, collected data and the analysis of total catch it can be concluded that agro-technical measures such as protection and crop rotation have significant impact on the number of soil surface fauna. Thin stand crops have more favorable impact on soil surface fauna due to the less intensive chemical protection measures and ability of faster warming of the soil. Soil surface fauna recovered after intensive cultivation of sugar beet, in crops that are sown in four-year crop rotation.

## Uvod

U ukupnoj strukturi ratarske proizvodnje u Republici Hrvatskoj, uzgoj žitarica, soje, suncokreta, uljane repice i šećerne repe zauzima najznačajnije mjesto. Na području Virovitičko - podravske županije navedene ratarske kulture izmjenjuju se u višegodišnjem plodoredu koji je posebno važan kod uzgoja šećerne repe. U Republici Hrvatskoj šećerna repa najviše se uzgaja na području Slavonije, Baranje, Podravine i Međimurja gdje su najpovoljniji uvjeti za proizvodnju ove kulture (Pospišil, 2013). U prosjeku se uzgaja na 23,000 ha, uz prosječan prinos korijena od 50 t·ha<sup>-1</sup> te 15% sadržaja šećera (Pospišil, 2013). Kristek (2014) navodi kako je na području Virovitičko – podravske županije 2013. godine, šećernom repom zasijano 5,154 ha uz prinos korijena od 53,21 t·ha<sup>-1</sup> te 14,77% sadržaja šećera. Prema načinu proizvodnje smatra se najintenzivnijom industrijskom kulturom na proizvodnom području Hrvatske, a tehnologija proizvodnje je složena i zahtjevna. Uključuje čitav niz aktivnosti i donošenja odluka poput pravilnog izbora tla, izbora najpovoljnijeg predusjeva u plodoredu, pravilne obrade tla, predstjetvenoj pripremi površinskog sloja oranice, gnojidbe, zaštite i njege usjeva (Pospišil, 2013).

Provođenje mjera zaštite šećerne repe od štetočinja, za razliku od drugih ratarskih kultura, odvija se kroz cijelu vegetaciju (više od 180 dana) zbog rane sjetve te kasnog vađenja korijena, kao i zbog nižeg habitusa i otvorena sklopa. Štetočinje mogu znatno umanjiti urod, sadržaj šećera te kvalitetu korijena. Po načelima integrirane proizvodnje, optimalna zaštita šećerne repe postiže se pravilnom kombinacijom agrotehničkih mjera, uzgojem otpornih kultivara, mehaničkim, biološkim, fizikalnim i kemijskim mjerama. Međutim, zaštita šećerne repe od štetočinja i dalje se najčešće provodi kemijskim sredstvima i to u mnogostruko većem broju tretmana u odnosu na druge ratarske kulture. Tretiranjem šećerne repe ili sjetvom u tlo u kojem su prisutni

rezidui kemijskih sredstava dugoročno se negativno utječe na faunu površinskog sloja tla.

Fauni površinskog sloja tla osim štetočinja koje negativno utječu na kultivirane biljke smanjujući im prinos, pripadaju i brojni korisni organizmi koji sa stajališta čovjeka imaju pozitivan utjecaj na kultivirane biljke. Brojnost korisne faune koristi se kao indikator u ocjeni održivosti sustava. Što je na staništu veća brojnost organizama iz skupine korisne faune ono je vrednije u smislu održivosti i pozitivnog utjecaja na kultiviranu biljku. Korisna fauna prije svega djeluje pozitivno na tlo, povećavajući njegovu plodnost i regulirajući vodo-zračne odnose. S druge strane unutar korisne faune govorimo i o korisnim člankonošcima, koje čini grupa kukaca i vrsta srodnih kukcima (npr. pauci, red: Araneae) koje žive u/na tlu ili su oprašivači kultiviranog bilja. Korisnoj fauni površinskog sloja tla pripadaju pojedine vrste korisnih nematoda, grinje, pauci, kukci i gujavice. Od kukaca pripadnika korisne faune tla, a važnih kao indikatora biološke stabilnosti staništa treba izdvojiti skokunce (red: Collembola) i trčke (por. Carabidae, red: Coleoptera). Korisna fauna tla zbog intenzifikacije i modernizacije poljoprivredne proizvodnje izložena je negativnom djelovanju niza čimbenika koji sustavno smanjuju brojnost jedinki ili vrsta (Kos i sur., 2014). Oni tijekom svog životnog ciklusa obavljaju izmjenu tvari i energije odnosno sudjeluju u različitim procesima transformacije organske i mineralne tvari, utječu na fizikalna svojstva i strukturu tla, aeraciju i sl. Brojni pripadnici navedenih organizama, posebice kukci i pauci, prirodni su neprijatelji štetnih kukaca prisutnih u proizvodnji. Zastupljenost vrsta korisne faune površinskog sloja tla i njihova brojnost upućuju na svojstva i plodnost tla te se često navode kao indikatori onečišćenja tla (Maceljski, 2002).

Kako se u uzgoju šećerne repe koristi najviše kemijskih pripravaka za suzbijanje štetočinja pretpostavka istraživanja bila je prisutnost manje pripadnika entomofaune prizemnog sloja tla na polju gdje je zasijana šećerna repa, te povećanje brojnosti entomofaune tla godinama nakon uzgoja šećerne repe. Uzgoj šećerne repe u četverogodišnjem plodoredu, s ratarskim kulturama koje se znatno manje tretiraju insekticidima (pšenica, kukuruz i uljana repica) osigurao bi obnavljanje korisne faune površinskog sloja tla. Cilj provedenog istraživanja bio je utvrditi brojnost i sastav korisne faune člankonožaca površinskog sloja tla te razlike između polja šećerne repe i polja na kojima je šećerna repa bila zasijana prije jednu, dvije ili tri godine.

## Materijali i metode

Provedenim istraživanjem utvrdila se brojnost i sastav korisne faune člankonožaca tla na četiri polja u sjeveroistočnom dijelu Hrvatske, u općini Lukač, koja se nalazi u Virovitičko – podravskoj županiji. Sva četiri polja imaju različitu povijest te su zasijana različitim usjevima. Jedno polje zasijano je šećernom repom, a na ostala tri polja šećerna repa uzgajana je prije godinu dana (2014.), prije dvije (2013.) i prije tri godine (2012.) (Tablica 1.). U 2015. godini usjev šećerne repe (R0) sijan je sjemenom tretiranim imidaklopridom. Na polju pšenice (R1) folijarno je obavljen tretman lambda-cihalotrinom u tijeku vegetacije. Polje zasijano kukuruzom (R2) nije tretirano insekticidima, dok je na polju uljane repice (R3) obavljen folijarni tretman tiaklopridom tijekom vegetacije. Ovakav način suzbijanja štetnika uobičajen je na istraživanom području.

Table 1. General information on research fields

Tablica 1. Osnovne informacije o poljima uključenima u istraživanje

Field label Oznaka polja	R0	R1	R2	R3
Crop Usjev	sugar beet šećerna repa	wheat pšenica	maize kukuruz	oilseed rape uljana repica
Pre-crop Predusjev (2014)	wheat pšenica	sugar beet šećerna repa	wheat pšenica	wheat pšenica
Pre-crop Predusjev (2013)	sunflower suncokret	maize kukuruz	sugar beet šećerna repa	sunflower suncokret
Pre-crop Predusjev (2012)	maize kukuruz	maize kukuruz	bare soil golo tlo	sugar beet šećerna repa
Soil type Tip tla	alluvial aluvijalno			
Fertilization Gnojdba	85 kg N 105 kg P 135 kg K	168 kg N 60 kg P 90 kg K	120 kg N 52 kg P 52 kg K	74 kg N 60 kg P 90 kg K
Insecticide treatment Primjena insekticida	Imidaklopid seed treatment tretiranje sjemena	Lambda- cihalotrin foliar treatment folijarna primjena	-	Tiaklopid foliar treatment folijarna primjena

Procjena populacije faune člankonožaca koja se kreće po površini tla izvodila se metodologijom Duelli i sur. (1999), tj. metodom lovni posuda (eng. pitfall) na bazi lijevka. Dijelovi lovne posude jesu: PVC cijev visine 18 cm koja je bila ukopana u tlo, bočica s alkoholom (da bi se što brže usmrtila ulovljena fauna) te lijevak koji se koristi da fauna što lakše upadne u posudu. Iznad svake lovne posude postavljen je PVC krov na visinu od 2 cm što omogućuje nesmetan ulaz faune člankonožaca koja se kreće po tlu, a istovremeno štiti ulov unutar lovne posude od klimatskih nepogoda te drugih životinja (npr. ptice). Lovne posude ukopane su u tlo 29. travnja 2015. godine. Sve lovne posude postavljene su na udaljenosti od 100 m od rubova polja da se spriječi rubni utjecaj (susjedno polje, putovi, blizina ceste i sl.) na prikupljanje faune. Četiri lovne posude postavljene su na svako polje u istraživanju na međusobnoj udaljenosti od 50 m. Ukupno je postavljeno 16 lovni posuda. Fauna koja živi i kreće se ispod površine tla prikupljana je uz pomoć perforiranih endogejskih klopki (Kos i sur., 2013), koje izgledaju poput sonde (WB PROBE II® Trap, Trece inc.). Klopke su ukopane u tlo 13. svibnja 2015. godine na međusobnu udaljenost od 50 m. Na svako

polje u istraživanju postavljene su po četiri endogejske klopke, ukupno je postavljeno 16 endogejskih klopki.

Uzorci iz lovnih posuda prikupljani su jednom tjedno između 29. travnja i 16. lipnja, što čini ukupno osam pregleda, dok su uzorci iz endogejskih klopki prikupljani jednom tjedno između 20. svibnja i 16. lipnja, što čini ukupno pet pregleda. Nakon pražnjenja svih klopki pa do pregleda, prikupljeni uzorci čuvani su u 96% etanolu. Prikupljena fauna tla pregledana je pod binokularom na Zavodu za poljoprivrednu zoologiju Agronomskog fakulteta te razvrstavana po razredima, redovima i porodicama. Prikupljeni uzorci determinirani su prema standardnim ključevima za determinaciju: Auber (1965), Bechyne (1974), Harde i Severa (1984), Casale i Kryzhanovskij (2003). Prema Durbešić (1998) na temelju vrijednost indeksa dominantnosti (udio jedinki na nekom staništu) fauna je razvrstana u pet kategorija: eudominantna (>10% uzorka), dominantna (5,1–10% uzorka), subdominantna (2,1-5% uzorka), recedentna (1,0-2,1% uzorka) i subrecedentna (<1,0% uzorka).

Ukupan broj prikupljenih jedinki korisne faune u lovnim posudama i endogejskim klopka podvrgnut je analizi varijance (ANOVA) kako bi se odredila razlika u ukupnim ulovima jedinki između polja. U slučaju neravnomjerne distribucija podataka, isti su transformirani primjenom transformacija  $\log(x+1)$  i  $\sqrt{x}$ . Korišten je Duncanov test usporedbe srednjih vrijednosti. Statistička obrada podataka obavljena je pomoću statističkog programa ARM 9® GDM software, Revision 9.2014.7.

## Rezultati i rasprava

Na poljima u istraživanju, prosječne površine 23,77 ha, prikupljene su ukupno 1,493 jedinke pripadnika korisne faune površinskog sloja tla. Prema Durbešić (1998) izračunati su indeksi dominantnosti i ukupna je fauna razvrstana u kategorije. Eudominantne jedinke pripadaju razredu Insecta: porodici Carabidae (udjel od 53,38% ili 797 prikupljenih jedinki) i razredu Entognatha, redu Collembola (udjel od 25,92% ili 387 jedinki) te razredu Arachnida: red Araneae s udjelom od 17,15% odnosno 256 prikupljenih jedinki. Recedentni su pripadnici razreda Insecta: red Hymenoptera (udjel od 0,94% ili 14 prikupljenih jedinki) dok su ostale prikupljene jedinke subrecedentne.

Najveći ukupni ulov jedinki prikupljenih u lovnim posudama i endogejskim klopka zabilježen je na polju R3 gdje je 2015. godine zasijana uljana repica, a šećerna repa je bila 2012. godine. Na tom je polju ukupno prikupljeno 718 jedinki, od čega 48%, odnosno 345 jedinki pripada porodici Carabidae. Zatim po brojnosti ukupno ulovljenih jedinki slijedi polje R2, gdje je 2015. godine zasijan kukuruz, a šećerna repa je bila zasijana 2013. godine, s ukupno 297 prikupljenih jedinki, od toga 170 iz porodice Carabidae. Najmanja ukupna brojnost prikupljenih jedinki prikupljana lovnim posudama zabilježena je na polju R0 gdje je 2015. godine zasijana šećerna repa, s prikupljenih 171 jedinkom od toga 147 iz porodice Carabidae (Grafikon 1). Najmanja ukupna brojnost prikupljenih jedinki prikupljana endogejskim klopka zabilježena je na polju R1 gdje je 2015. godine zasijana pšenica, s prikupljenih 19 jedinki od toga 4 iz porodice Carabidae i 15 iz reda Collembola (Grafikon 2).

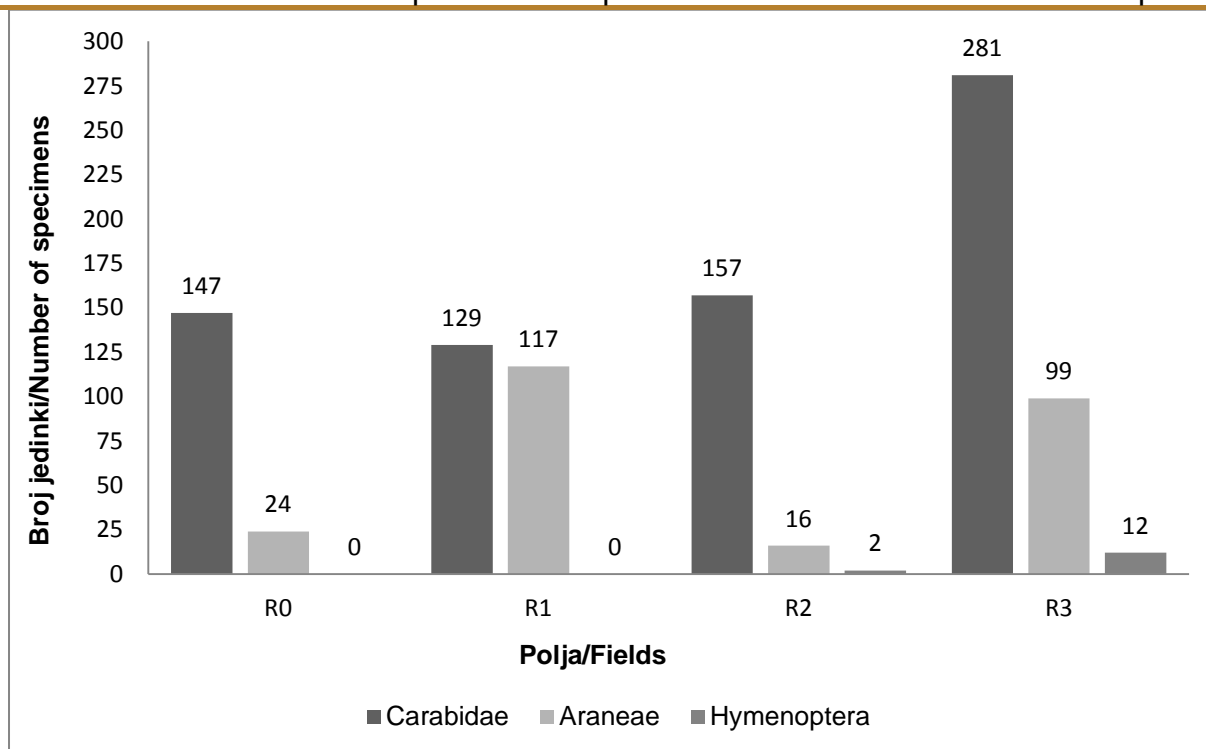


Figure 1. Total catches of the family Carabidae, order Araneae and order Hymenoptera using pitfall traps

Grafikon 1. Ukupni ulovi pripadnika porodice Carabidae, reda Araneae i reda Hymenoptera uporabom lovnih posuda

Tablicom 2 prikazana je analiza varijance između ukupnih ulova faune u lovnim posudama. Test najmanje značajne razlike LSD (least significant difference) određuje značajnost razlike između ulova na pojedinim poljima. Rezultati u tablici 2 prikazuju statistički značajno viši ukupni ulov na polju R3 u usporedbi sa svim ostalim poljima (R0, R1, R2). Utvrđen je statistički značajno viši ulov jedinki reda Araneae na poljima R1 i R3 u usporedbi s poljima R0 i R2. Najviše je jedinki reda Hymenoptera ulovljeno na polju R3 u odnosu na ostala polja u istraživanju. Analizom ulova jedinki porodice Carabidae nisu utvrđene statistički značajne razlike u ulovima između polja u istraživanju.



Table 2. Analysis of variance (ANOVA) of arthropod catch in pitfall traps in the fields with four-year rotation

Tablica 2. Analiza varijance (ANOVA) faune tla u pitfall klopama na poljima u četverogodišnjem plodoredu

Sowing year of sugar beet Godina sjetve šećerne repe	Family Porodica Carabidae	Order Red Araneae	Order Red Hymenoptera	Total catch Ukupan ulov
2015. (R0)	36.75 <sup>+</sup>	5.69 <sup>b++</sup>	0.0 <sup>b</sup>	44.0 <sup>b</sup>
2014. (R1)	32.25	28.73 <sup>a</sup>	0.0 <sup>b</sup>	66.75 <sup>b</sup>
2013. (R2)	39.25	3.95 <sup>b</sup>	0.25 <sup>b</sup>	49.25 <sup>b</sup>
2012. (R3)	70.25	24.11 <sup>a</sup>	2.81 <sup>a</sup>	114.25 <sup>a</sup>
LSD P=5%	ns	0.178 <sup>t*</sup>	3.11 <sup>t**</sup>	34.316

t\* - LSD was shown in transformed units, the data is applied to a log (x + 1) transformation

t\*\* - LSD was shown in transformed units, the data is applied to arcsin transformation  $\sqrt{x}$

+ - shown values are in detransformed units

++ - values followed by the same letter are not significantly different according to the Duncan's LSD test (P<0.05)

t\*- LSD je prikazan u transformiranim jedinicama, na podatke je primijenjena log( x+1) transformacija

t\*\*- LSD je prikazan u transformiranim jedinicama, na podatke je primijenjena arcsin transformacija  $\sqrt{x}$

+ - prikazane vrijednosti su detransformirane

++ - vrijednosti označene istim slovom nisu statistički različite prema Duncan LSD testu (P<0.05)

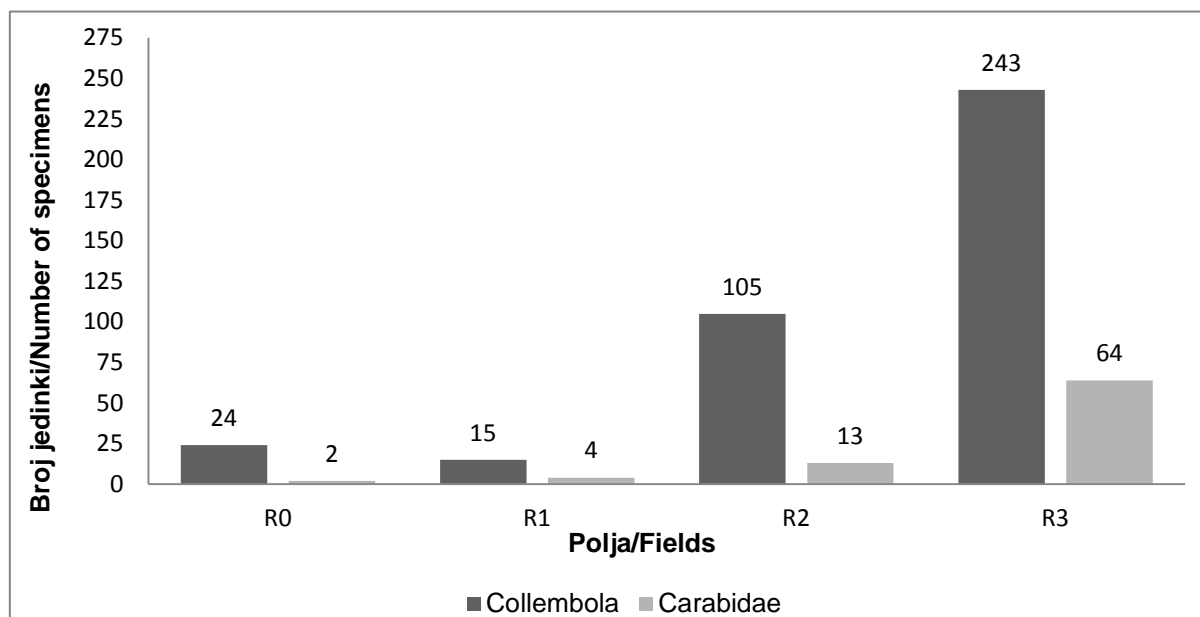


Figure 2. Total catches of the order Collembola and family Carabidae using endogeic traps

Grafikon 2. Ukupan ulov reda Collembola i porodice Carabidae uporabom endogejskih klopki

Tablica 3 prikazuje analizu varijance ukupnih ulova faune u endogejskim klopama na istraživanim poljima. Test najmanje značajne razlike LSD (least significant difference) određuje značajnost razlike između ulova na pojedinim poljima. Rezultati pokazuju statistički značajno najniži ukupan ulov na poljima R1 te R0 u usporedbi s poljima R2 i R3, koja se također međusobno razlikuju. Između polja R1 i R0 nema statistički značajne razlike u ukupnim ulovima. Na polju R3 najviše je ukupno ulovljenih kukaca u odnosu na ostala polja u istraživanju. Utvrđen je statistički značajno viši ulov jedinki porodice Carabidae na polju R3 u usporedbi s poljima R0 i R1, dok se ulovi s R3 značajno ne razlikuju od ulova na polju R2. Značajno najviši ulov jedinki reda Collembola utvrđen je na polju R3, zatim slijede ulovi na polju R2, dok su ulovi na poljima R0 i R1 signifikantno najniži i međusobno se statistički ne razlikuju.

Table 3. Analyses of variance (ANOVA) of arthropods in WB probes in the fields with four-year rotation

Tablica 3. Analiza varijance (ANOVA) faune tla u endogejskim klopama na poljima u četverogodišnjem plodoredu

Sowing year of sugar beet Godina sjetve šećerne repe	Family Porodica Carabidae	Order Red Collembola	Other Ostali	Total catch Ukupan ulov
2015. (R0)	0.86 <sup>+ b++</sup>	4.93 <sup>c</sup>	5.23	12.25 <sup>c</sup>
2014. (R1)	0.73 <sup>b</sup>	1.89 <sup>c</sup>	1.33	6.5 <sup>c</sup>
2013. (R2)	2.94 <sup>ab</sup>	24.58 <sup>b</sup>	9.21	39.0 <sup>b</sup>
2012. (R3)	11.45 <sup>a</sup>	61.35 <sup>a</sup>	3.67	82.25 <sup>a</sup>
LSD P=5%	0.51 <sup>t*</sup>	9.07 <sup>t**</sup>	ns	19.488

t\* - LSD was shown in transformed units, the data is applied to a log (x + 1) transformation

t\*\* - LSD was shown in transformed units, the data is applied to arcsin transformation  $\sqrt{x}$

+ - shown values are in detransformed units

++ - values followed by the same letter are not significantly different according to the Duncan's LSD test (P<0.05)

t\*- LSD je prikazan u transformiranim jedinicama, na podatke je primijenjena log(x+1) transformacija

t\*\*- LSD je prikazan u transformiranim jedinicama, na podatke je primijenjena arcsin transformacija  $\sqrt{x}$

+ - prikazane vrijednosti su detransformirane

++ - vrijednosti označene istim slovom nisu statistički različite prema Duncan LSD testu (P<0.05)

Prijašnja istraživanja dokazala su veću brojnost jedinki porodice Carabidae u usjevima rijetkog sklopa (Bažok i sur., 2015) što potvrđuju i rezultati ulova iz polja pšenice gdje je prikupljen je najmanji broj jedinki porodice Carabidae (129). Suprotno tome u provedenom istraživanju zabilježena u usjevu uljane repice dvostruka veća brojnost porodice Carabidae u odnosu na ostala polja što je iznenađujuće s obzirom da se radi o kulturi gustog sklopa. Osim gustog sklopa nepovoljni uvjeti za Carabidae u usjevu uljane repice ogledaju se u činjenici da je usjev repice tretiran insekticidima

za suzbijanje repičinog sjajnika. Iako brojni autori navode nepovoljan utjecaj primjene insekticida na Carabidae, Kos i sur. (2010) nisu utvrdili negativan utjecaj primjene insekticida niti na brojnost vrsta niti jedinki porodice Carabidae u usjevu ječma. Provedeno istraživanje potvrđuje ove navode jer je na polju uljane repice utvrđen statistički značajno najviši ulov faune u obje vrste klopki (epigejske i endogejske). Takav rezultat povezujemo s uzgojem šećerne repe koja je na tom polju bila zasijana prije tri godine (2012.), slijedio je uzgoj pšenice i suncokreta koji se značajno manje tretiraju insekticidima te se populacija Carabidae oporavila od intenzivnih tretmana sredstvima za zaštitu bilja koji su provođeni u usjevu šećerne repe.

Tehnologija proizvodnje šećerne repe podrazumijeva velik broj zahvata koji mogu negativno djelovati na faunu površinskog sloja tla. Agrotehničke mjere u proizvodnji ratarskih kultura imaju primarni utjecaj na bogatstvo vrsta (brojnost i sastav) (Thiele, 1977 cit. Bažok i sur., 2015). Svaka intervencija u tlo (obrada) i/ili nepotrebno remećenje i gaženje tla može utjecati na sastav, brojnost i raspodjelu Carabida na poljoprivrednom staništu. Duboka obrada najčešće smanjuje brojnost vrsta i brojnost jedinki porodice Carabidae (Purvis i Curry, 1984 cit. Bažok i sur., 2015), iako može izazvati i porast brojnosti nekih vrsta. Bažok i sur. (2015) navode da reducirana obrada tla povećava brojnost jedinki porodice Carabidae na poljoprivrednom staništu. Navodi nisu potvrđeni ovim istraživanjem obzirom da je na polju šećerne repe, gdje je provedena intenzivnija obrada u odnosu na druge kulture iz istraživanja, zabilježen signifikantno manji ulov jedino u odnosu na polje uljane repice (uporabom sondi) dok ulovi korištenjem lovnih posuda nisu pokazali statistički značajne razlike.

U ovom istraživanju osim korisnih pripadnika porodice Carabidae, utvrđeni su i ulovi pripadnika reda Araneae. Brojnost pripadnika tog reda značajno je brojnija u polju pšenice i uljane repice gdje je od uzgoja šećerne repe prošla jedna odnosno tri godine. Pripadnici reda Hymenoptera uglavnom su prikupljeni na polju uljane repice (tri godine nakon šećerne repe). Takvi rezultati navode na zaključak da se populacija pripadnika reda Araneae i Hymenoptera obnavlja nakon intenzivnog uzgoja šećerne repe. Booiy (cit. Bažok i sur. 2015) navodi da je raznolikost vrsta veća u usjevima koji ranije i dulje pokrivaju tlo, kao što je usjev uljane repice ili pšenice, nego u kasnije sijanim usjevima rjeđeg sklopa. Rezultati su pokazali manju brojnost jedinki u usjevu šećerne repe i kukuruza nego u usjevu uljane repice i pšenice, što je vjerojatno rezultat intenzivne zaštite provođene u šećerenoj repi i u kulturama koje su prethodile kukuruzu (pšenica 2014. godine, šećerna repa 2013. godine).

Pripadnici reda Collembola se obično smatraju korisnim organizmima za održavanje plodnosti tla jer pomažu u razgradnji organske tvari te mogu imati pozitivan utjecaj na strukturu tla. Razgradnju organske tvari jedinki reda Collembola provode hraneći se sporama i hifama gljiva u tlu, uključujući i crnu trulež korijena (*Rhizoctonia solani*) kao česte bolesti šećerne repe. Također se često koriste i kao indikatori u utvrđivanju perzistentnosti insekticida te istraživanju kvalitete okoliša. Međutim, pod optimalnim uvjetima, može doći do invazije štetnih vrsta reda Collembola koje tada mogu izazvati i značajne štete na kultiviranom bilju (Boetel i sur., 2001). Uspoređujući dobivene rezultate može se zaključiti kako je najmanja brojnost jedinki reda Collembola utvrđena na polju R1 (šećerna repa 2014. godine) slijede ulovi na polju R0 (šećerna repa). Na oba polja su korištene kemijske mjere zaštite. Na polju R0 insekticidi su primijenjeni tretiranjem sjemena. Na polju R1 osim tretiranjem tla insekticidi su primijenjeni jednom folijarno, a u pšenici u 2015. godini su folijarnom primjenom insekticida suzbijani žitni balci *Oulema melanopus*. Najveća populacija Collembola zabilježena je na polju R3, odnosno na polju na kojem je šećerna repa sijana 2012.

godine. Na istom polju su se u 2013. i 2014. godini značajno manje koristili insekticidi zbog čega je došlo do oporavka populacije i povećanja brojnosti pripadnika reda Collembola. Rezultati ovoga istraživanja prikazali su da povećanje ili smanjenje u brojnosti pripadnika korisne entomofaune može biti direktno uzrokovano promjenom abiotičkih i biotičkih čimbenika (Blake i sur., 1996) ili indirektno promjenom u fauni drugih vrsta (suzbijanjem štetnika suzbija se i korisna fauna) (Haila i sur., 1994). Sve agrotehničke mjere i sustav mjera preporučeni za integriranu proizvodnju i zaštitu šećerne repe mogu značajno utjecati na sastav, brojnost i učestalost pojave korisne faune površinskog sloja tla.

## Zaključak

U pitfall i endogejskim klopama postavljenim na četiri polja zasijana različitim kulturama i s različitim predkulturama tijekom istraživanja u 2015. godini prikupljeno je ukupno 1,493 jedinke faune površinskog sloja tla.

Najveći ukupni ulov jedinki korisne faune prikupljenih u pitfall i endogejskim klopama zabilježen je na polju na kojem je 2015. godine zasijana uljana repica, a šećerna repa je bila uzgajana prije tri godine (2012. godine).

Od najznačajnijih pripadnika korisne faune površinskog sloja tla ukupno je prikupljeno 718 jedinki, od kojih 345 iz porodice Carabidae, te 243 iz reda Collembola.

Na brojnost faune površinskog sloja tla utjecaj imaju kemijske mjere zaštite usjeva i plodored. Fauni površinskog sloja tla pogoduju usjevi rijetkog sklopa u kojima se ne provode intenzivne kemijske mjere zaštite i omogućuju veće zagrijavanje tla.

Brojnost faune površinskog sloja tla obnavlja se nakon uzgoja šećerne repe, odnosno u kulturama koje su sijane u četverogodišnjem plodoredu u kojima se ne provode intenzivne agrotehničke i kemijske mjere zaštite kao kod uzgoja šećerne repe.

## Zahvala

Autori zahvaljuju OPG Katančić i OPG Špoljar na ustupljenim poljima na kojima je provedeno istraživanje.

Istraživanje je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda u sklopu projekta „Unaprjeđenje ljudskog kapitala profesionalnim razvojem kroz istraživački program u fitomedicini“, HR.3.2.01-0071.

## Literatura

Auber, L. (1965) Atlas des coléoptères de France. Belgique, Suisse, 1. Généralités, Carabes, Staphylins, Dytiques, Scarabées. Paris, France: Boubée.

Bažok, R., Kos, T., Igrc Barčić, J., Kolak, V., Lazarević, B., Čatić, A. (2007) Abundance and distribution of the ground beetles *Pterostichus melanarius* (Illiger, 1798) and *Pseudooophonus rufipes* (DeGeer, 1774) in corn fields in Croatia. Entomologia Croatica, 11 (1-2), 39-51.

- Bažok, R., Kos, T., Drmić, Z. (2015) Važnost trčaka (Coleoptera: Carabidae) za biološku stabilnost poljoprivrednih staništa, osobito u uzgoju šećerne repe. Glasilo biljne zaštite, 4, 264-277.
- Bechyne, J. (1974) Welcher Käfer ist das? Stuttgart, Germany: Kosmos Franckh.
- Blake, S., Foster, G. N., Fischer, G. E. J., Ligertwood, G. L. (1996) Effects of management practices on the ground beetle faunas of newly established wildflower meadows in southern Scotland. Annales Zoologici Fennici, 33, 139-147.
- Boetel, M. A., Dregseth, R. J., Khan, M. F. R. (2001) Springtails in Sugarbeet: Identification, Biology, and Management. [Online] Available at: <https://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/rowcrops/e1205.pdf> [Accessed 4 July 2015].
- Casale, A., Kryzhanovskij, O. L. (2003) Key to the adults. In: Turpin, H., Penev, L., Casale, A., The genus Carabus in Europe, a synthesis. Sofia, Bulgaria: Pensoft Publishers.
- Duelli, P., Obrist, M. K., Schmatz, D. R. (1999) Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: above – ground insects. Agriculture, Ecosystems & Environment, 74, 33-64.
- Durbešić, P. (1998) Upoznavanje i istraživanje kopnenih člankonožaca. Zagreb, Hrvatska: Mala ekološka biblioteka.
- Durbešić, P., Vujčić–Karlo, S., Jelaska Šerić, L., Pintarić, K. (2006) Abundance and seasonal dynamics of arthropods in the meadow community *Arrhenatheretum elatioris* near Varaždin, Croatia. Periodicum biologorum, 108 (1), 3–10.
- Haila, Y., Hanski, I. K., Niemela, J., Punntila, P., Raivio, S., Tukia, H. (1994) Forestry and the boreal fauna: matching management with natural forest dynamics. Annales Zoologici Fennici, 31, 187-202.
- Harde, K. W., Severa, F. (1984) Der Kosmos Käferführer. Stuttgart, Germany: Kosmos-Natürführer.
- Holland, J. M. (2002) Carabid beetles: Their ecology, survival and use in agroecosystems. In: Holland, J. M., The agroecology of carabid beetles, Hampshire, UK: Intercept Limited.
- Kos, T., Bažok, R., Kozina, A., Šipraga, J., Dragić, S., Tičinović, A. (2010) Ground beetle (Carabidae) fauna at untreated and treated barley fields in Croatia. In: Jansen, J. P., Proceedings of the meeting IOBC/wprs. Working group "Pesticides and Beneficial Organisms". Dubrovnik, Croatia, 7-9 October 2009, IOBC/wprs Bulletin.
- Kos, T., Bažok, R., Drmić, Z., Graša, Ž. (2013) Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in sugar beet fields as the base for conservation biology control. IOBC-WPRS Bulletin, 90, 353-357.
- Kos, T., Bažok, R., Drmić, Z. (2014) Korisna fauna površinskog sloja kao bioindikator i njeno mjesto u budućim agro-okolišnim programima. Glasilo biljne zaštite, Zagreb: Hrvatsko društvo biljne zaštite.

Kristek, A. (2014) Proizvodnja šećerne repe u Republici Hrvatskoj 2013. godine. [Online] Available at: <http://nss.com.hr/documents/repa/RepaHR-1.pdf> [Accessed 25 June 2015].

Lövei, G. L., Sunderland, K. D. (1996) Ecology and behaviour of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). Annual Review of Entomology, 41, 231-256. DOI: [10.1146/annurev.en.41.010196.001311](https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.001311)

Maceljki, M. (2002) Poljoprivredna entomologija. Čakovec: Zrinski.

Pospišil, M. (2013) Ratarstvo. 2. dio – industrijsko bilje. Čakovec: Zrinski.

Sekulić, R. (1977) Sukcesija vrsta iz familije Carabidae u nekim agrobiocenozama Vojvodine. Doktorska disertacija. Novi Sad: Poljoprivredni fakultet.

Thiele, H. U. (1977) Carabid beetles in their environment: a study on habitat selection by adaptations in physiology and behaviour. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer-Verlag. DOI: [10.1007/978-3-642-81154-8](https://doi.org/10.1007/978-3-642-81154-8)