

Agrovoc descriptors: elateridae, biological control, control methods, cover plants, inorganic fertilizers, seed treatment, fumigation, rotational cropping, trap crops, attractants, sustainability, alternative methods, pest control

Agris category code: H10

Alternativni načini zatiranja strun (Coleoptera, Elateridae) na njivah

Tanja BOHINC¹, Stanislav TRDAN²

Received December 04, 2012; accepted January 15, 2013.

Delo je prispelo 04. decembra 2012, sprejeto 15. januarja 2013.

IZVLEČEK

Strune, ličinke hroščev pokalic (Coleoptera: Elateridae), imajo velik gospodarski pomen v pridelavi živeža in krme v Sloveniji, drugih državah Evrope in na drugih celinah. Zaradi dokazanih negativnih učinkov sintetičnih insekticidov, se za zatiranje strun vse bolj ne le raziskujejo, ampak tudi uporabljajo alternativne metode. Med njimi je vse več v uporabi biofumigacija, ki je največkrat predstavljena kot uspešna alternativa sintetičnim fumigantom. V tej zvezi so križnice lahko v tla vnesene na več načinov. Med najbolj učinkovite spada uporaba moke iz semena, saj je prav v semenu koncentracija glukozinolatov največja. S kolobarjem in privabilnimi posevki izkoriščamo rastlinske izločke, ki z alelopatijo ali na kakšen drug način zmanjšujejo vitalnost strun ali jih na ta način odvrčajo od glavnih posevkov. Privabilni in varovalni posevki pa varujejo tudi tla pred erozijo in zmanjšujejo gospodarski pomen plevelov. Poplavljanje njiv je zaradi potrebe po dostopu vode zahtevno, pri tem postopku pa imata velik pomen dolžina poplavljanja in temperatura vode. Medtem ko je v drugih evropskih državah dostopnost sintetičnih insekticidov za zatiranje strun nekoliko večja, pa je v Sloveniji registriran le sintetični insekticid teflutrin in entomopatogena gliva *Beauveria bassiana*. Našim bralcem in pridelovalcem želimo predstaviti alternativne možnosti zatiranja strun. V prispevku je predstavljeno 10 takšnih načinov, ki so se v raziskavah na različnih delih sveta pokazali kot učinkoviti in bi lahko našli mesto tudi na njivah v Sloveniji.

Ključne besede: strune, Elateridae, *Agriotes* spp., zatiranje, njive, privabilni posevki, varovalni posevki, biofumigacija, odporne sorte, kolobar, biotično varstvo rastlin, mineralna gnojila, poplavljanje, tretirano seme, mehanična obdelava, semiokemikalije

ABSTRACT

ALTERNATIVE METHODS FOR CONTROLLING WIREWORMS (Coleoptera, Elateridae) IN THE FIELDS

Wireworms, the larvae of the click beetles (Coleoptera: Elateridae), have a large economic impact in food and fodder production in Slovenia, other European countries, as well as in other continents. Because of proved negative effects of synthetic insecticides, alternative methods for controlling wireworms are not only studied but also used in common practice. Among the methods mentioned biofumigation is more and more commonly used as alternative to synthetic fumigants. In the process of biofumigation the Brassicas can be incorporated into the soil in different ways; one of the most effective way is the use of Brassicaceous seed meals, since the concentration of the glucosinolates are the highest in the seeds. With the use of crop rotation and trap crops we exploit the plant secretions, which have the ability (allelopathic etc.) to diminish the vitality of the wireworms or to repel them from the main crops. Trap crops and cover crops protect the soil against erosion and they also diminish the economic impact of weeds. Flooding of the fields is often pretentious measure, owing to necessity of water access; time interval of flooding and water temperature are important factors of this alternative method. In other European countries the number of registered synthetic insecticides against the wireworms is higher compared to Slovenia, where only tefluthrin and entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* are registered for the same purpose, therefore we would like to present different alternatives to insecticides to our readers and also to food and fodder producers. In this article 10 alternative methods, which showed the efficacy in diminishing the economic importance of wireworms in different parts of the world, are presented. At least some of them have a potential to become a part of sustainable strategies for controlling wireworms in Slovenia.

Key words: wireworms, Elateridae, *Agriotes* spp., control, fields, trap crops, cover crops, biofumigation, resistant varieties, rotation, biological control, mineral fertilizers, flooding, seed treatment, mechanical cultivation, semiochemicals

¹ uni. dipl. inž. agr., prav tam, email: tanja.bohinc@bf.uni-lj.si

² izr. prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, SI-1111 Ljubljana, email: stanislav.trdan@bf.uni-lj.si

1 UVOD

V Sloveniji je bilo doslej ugotovljenih 140 vrst pokalic (Coleoptera: Elateridae), medtem ko podatki za Evropo potrjujejo zastopanost 176 vrst (Milevoj et al., 2005). Pokalice rodu *Agriotes* predstavljajo eno od gospodarsko pomembnejših skupin škodljivcev v Evropi (Furlan et al., 2010) in Severni Ameriki (Milonas et al., 2010). V Evropi se pojavlja okrog 40 vrst tega rodu, med seboj pa se precej razlikujejo tako po bionomiji kot škodljivosti. V domači raziskavi v obdobju 2002-2004 je bilo z uporabo feromonskih vab ugotovljeno, da se v Sloveniji najštevilčnejše pojavlja poljska pokalica (*A. lineatus* [L.]), sledi ji vrsta *A. brevis* Candèze, manj številčne pa so solatna pokalica (*A. sputator* [L.]), motna pokalica (*A. obscurus* [L.]) in žitna pokalica (*A. ustulatus* [Schaller]) (Milevoj et al., 2005). V Avstriji so na kmetijskih zemljiščih ugotovili največjo razširjenost strun *A. obscurus*, *A. sputator*, *A. brevis*, *A. ustulatus*, *A. lineatus* in *A. proximus* (Schwarz). Tretja in četrta vrsta se v največjem obsegu pojavljata na toplejših (sušnejših) lokacijah in v alkalnih tleh, prva, peta in šesta vrsta pa v višjih legah, kjer je več padavin in v bolj kislih tleh, bogatih s humusom. Druga vrsta je razširjena po vsej Avstriji (Landl et al., 2010; Staudacher et al., 2012). Strune treh vrst, *A. obscurus*, *A. sputator* in *A. lineatus*, so v Veliki Britaniji zelo pomembni škodljivci krompirja (Parker in Howard, 2001).

Strune povzročajo izpad pridelka na njivah, kjer so posejana žita in druge poljščine, krmne rastline in zelenjava. Strune žita lahko poškodujejo že takoj po setvi, njihovo prehranjevanje pa traja vse do razraščanja. Zavrtajo se v nabrekla semena in izjedo kalčke. Lahko tudi prežvečijo in izsesajo koreninski vrat (Vrabl, 1992). Posebno škodljive so na krompirju (*Solanum tuberosum* L.) in koruzi (*Zea mays* L.); pri prvem povzročajo »kozmetične poškodbe« na gomoljih (izvrtine vplivajo na tržno manj zanimiv pridelek) (Parker in Howard, 2001; Johnson et al., 2008), pri drugi pa izjedo kaleča zrnja ali se zavrtajo v mlade rastline, kar posledično vpliva na manjšo gostoto rastlin (Waliwitiya et al., 2005; Noronha, 2011; Hermann et al., 2012). Omenjeni polifagi so škodljivi tudi na korenju, jagodah in nekaterih drugih poljščinah in vrtninah (Vernon et al., 2008).

Kadar strune iščejo hrano, se gibljejo vodoravno, glede na koncentracijo ogljikovega dioksida in rastlinske izločke. Ličinke se prehranjujejo le s tekočo hrano, ki jo dobijo tako, da zmečkajo in prežvečijo precej rastlinskega tkiva. Zato kažejo posebno preferenco do mladih, nežnih tkiv, z veliko vsebnostjo vode. Značilno za strune je, da rastline vedno napadajo v večjih ali manjših otokih na posameznih parcelah in da niso nikoli povsem enakomerno razporejene (Vrabl, 1992).

Strune so škodljivci z zelo dolgim razvojnim krogom, kar otežuje njihovo zatiranje (Noronha, 2011). Na njivah s krompirjem se začnejo strune pojavljati v poznem poletju in se z gomolji prehranjujejo do spravila pridelka. Med najuspešnejše načine zatiranja strun v preteklosti so uvrščali uporabo insekticidov z dolgotrajnim delovanjem, ki so bili navadno vdeleni v tla pred sajenjem (Piqué et al., 1998; Kuhar in Alvarez, 2008). Prepoved uporabe učinkovitih insekticidov iz skupin kloriranih ogljikovodikov, organskih fosforjevih estrov in karbamatov je vplivala na iskanje novih aktivnih snovi, ki bi lahko uspešno nadomestile omenjene insekticide (van Herk et al., 2008; Van Herk in Vernon, 2011). Med učinkovitimi nadomestki so bili neonikotinoidi (Van Herk et al., 2008; van Herk in Vernon, 2011), za katere pa je bilo ugotovljeno, da imajo neželjeno neciljno delovanje na čebele (Vidau et al., 2008; Gentz et al., 2010).

V Sloveniji se je število aktivnih snovi, registriranih za zatiranje strun, v zadnjih 17 letih zmanjšalo za sedemkrat. Leta 1995 (Priročnik o fitofarmaceutskih sredstvih..., 1995) je bilo v ta namen registriranih 13 aktivnih snovi, v letih 1999 (Priročnik o fitofarmaceutskih sredstvih..., 1999) in 2002 (Priročnik o fitofarmaceutskih sredstvih..., 2002) sedem aktivnih snovi, trenutno (Seznam registriranih fitofarmaceutskih sredstev..., 2012) pa sta za zatiranje strun na voljo le še piretroid teflutrin in entomopatogena gliva *Beauveria bassiana*.

V pričujočem članku želimo predstaviti alternativne načine zatiranja strun, saj je zaradi vse manjšega števila insekticidov, ki so registrirani za njihovo zatiranje, gospodarski pomen strun vse

večji, posledično pa je vse bolj izražena potreba po novih – alternativnih – načinih njihovega zatiranja.

2 ALTERNATIVNI NAČINI ZATIRANJA STRUN

2.1 Privabilni posevki (trap crops) in varovalni posevki (cover crops)

Različne izvedbe metod privabilnih posevkov so se doslej izkazale za učinkovite pri zmanjševanju številčnosti in/ali škodljivosti različnih vrst ali skupin škodljivcev na rastlinah glavnih posevkov - tudi pri strunah. V enem od poskusov so intenzivnost prehranjevanja strun v nasadih jagod uspešno zmanjšali s setvijo pšenice (*Triticum aestivum* L.) in ovsu (*Avena sativa* L.) med gredice z jagodami. Ugotovili so namreč, da kaleče seme omenjenih vrst žit privablja strune in jih s tem posledično odvrča od jagod (Vernon, 2005). Ker obstaja bojazen, da bi se z omenjeno metodo število strun in njihova številčnost v tleh le še povečevala, so del semena, uporabljenega v poskusu, tretirali z insekticidom, ki je kot aktivno snov vseboval 3 % teflutrina. Ugotovili so, da je bila smrtnost strun v obravnavanih s tretiranim semenom zelo visoka, medtem ko je bilo netretirano seme žit zelo močno poškodovano (Vernon, 2005).

Tudi z grahom (*Pisum sativum* L.) kot privabilnim posevkom za strune se lahko poškodovanost gomoljev krompirja zaradi napada teh škodljivcev občutno zmanjša. Pri preizkušanju pšenice, oljne redkve (*Raphanus sativus* var. *oleiformis* Pers.) in graha, se je prav slednja rastlinska vrsta izkazala za najbolj učinkovito pri privabljanju strun. Privabilne posevke so v omenjenem primeru posejali tri mesece po sajenju krompirja. Avtorji sklepajo, da je večja afiniteta strun do korenin graha povezana z njihovim izločanjem lahko dostopnih sladkorjev, ki so za škodljivce bistveno bolj privlačni od glikoalkaloidov in klorogene kisline, ki se pojavljajo v zunanji plasti krompirjevih gomoljev. Ker pa je privabljanje strun s strani izločkov graha časovno omejeno, avtorji predlagajo setev te poljščine približno dva tedna pred pobiranjem krompirja, ko gomolji krompirja že prenehajo z rastjo in izločanjem CO₂, v njih pa se zmanjša tudi vsebnost sladkorjev (Landl in Glauniger, 2011).

V intenzivni pridelavi krompirja je možna tudi uporaba varovalnih posevkov. Bistvena naloga teh je varovanje tal pred erozijo, zmanjšanje

zapleveljenosti njive, lahko pa služijo tudi kot podor (Crow et al., 2001). V enem od poskusov so na njivi s krompirjem takoj po spravilu pridelka kot varovalni posevek posejali hibrid sirka *Sorghum bicolor* (L.) Moench in sudanske trave *S. arundinaceum* (Desv.) Stapf var. *sudanense* (Stapf) Hitchc. Z omenjeno setvijo so vplivali na manjšo škodljivost strun na gomoljih krompirja v naslednjem letu (Jansson in LeCrone, 1991).

2.2 Biofumigacija

Biofumigacija je novejši okoljsko sprejemljivejši način zatiranja strun, uporabna pa je tudi proti drugim škodljivim talnim organizmom. Prve poglobljene raziskave o uporabnosti te metode v varstvu rastlin datirajo v konec 90-ih let prejšnjega stoletja (Sarwar in Kirkegaard, 1998), ko je bil predstavljen postopek razgradnje rastlinske gmote križnic v tleh. Biofumigacija temelji na uporabi rastlin iz družine križnic (Brassicaceae) za potrebe zatiranja talnih škodljivcev (De Nicola et al., 2013), talnih patogenov in plevelov (Mattner et al., 2008). Talna razgradnja (hidroliza) glukozinolatov, kot tipičnih sekundarnih metabolitov v križnicah, omogoča uspešno izrabo omenjenih rastlin kot alternativo metil bromidu (Lazzeri et al., 2004). Produkti, ki nastanejo pri razgradnji glukozinolatov - izotiocianati in v manjši meri nitrili in epitionitrili - imajo namreč izrazito insekticidno delovanje. Biofumigacija temelji na vnosu (inkorporaciji) rastlinske gmote križnic z različnimi načini – podor, vnašanje posušene rastlinske gmote oziroma moke iz semena križnic (ta zaradi predhodnih postopkov ne vsebuje olja) – v tla (De Nicola et al., 2013).

S postopkom biofumigacije se poveča vnos rastlinske gmote v tla, kar pripomore tudi k večji rodovitnosti tal (De Nicola et al., 2013). V zadnjih letih je bilo več raziskav usmerjenih v delovanje vodne suspenzije semenske moke abesinske ogrščice (*B. carinata* Braun). Ugotovljeno je bilo, da je mogoče omenjeno raztopino uporabljati tudi med rastno dobo, možen pa je večkratni vnos ali kombinirana uporaba z nekaterimi talnimi insekticidi (De Nicola et al., 2013).

Furlan je s sodelavci (2004) poročal o visoki smrtnosti strun zaradi vnosa 18 ton posušene rastlinske gmote križnic na hektar. Učinek je bil enak delovanju 3-6 ton moke semena/ha. Insekticidno delovanje semenske moke se je po 72 h občutno zmanjšalo. Zelena smrtnost strun je bila z uporabo semenske moke dosežena tedaj, ko so v tla vnesli 160 μ mol glukozinolata/ liter tal. Da bi z uporabo rastlinske gmote križnic na hektar vnesli isto množino glukozinolotov kot z vnosom moke semen, je potrebna večja količina rastlin (Furlan et al., 2010). Kot ozadje omenjeni trditvi izpostavljamo predvsem dejstvo, da je koncentracija glukozinolotov največja prav v semenih (Hoagland et al., 2008). Za namen biofumigacije se največkrat uporabljata rjava (*Brassica juncea* [L.] Czern.) in abesinska ogrščica (*Brassica carinata*) (Noronha, 2011). Priporočilo, da z vnosom rastlin, ki imajo visoko vsebnost glukozinolotov, dosežemo tudi višje vrednosti izotiocianatov v tleh, velja upoštevati. V času vnosa rastlinske gmote v tla (zaoravanje) pa je potrebno velikokrat tla še dodatno zaliti (Morra in Kirkegaard, 2002).

S pomočjo biofumigacije lahko uspešno zatremo tudi plevela (zmanjšana kalitev semen) (Hoagland et al., 2008) in talne glive v tleh (Mattner et al., 2008), kot so vrste *Fusarium* spp., *Pythium* spp., *Phytophthora* spp. (Cheah et al., 2008) ter *Rhizoctonia solani* (Cohen et al., 2005).

2.3 Odporne sorte

Poleg različne dovzetnosti različnih rastlinskih vrst na napad strun (Willis et al., 2010) je bilo ugotovljeno, da dovzetnost rastlin za omenjene škodljivce niha tudi znotraj rastlinske vrste (Parker in Howard, 2001; Johnson et al., 2008). Raziskava, ki sta jo v letu 1995 izvedla Olsson in Jonasson, je kot vir odpornosti krompirja na napad strun navajala vsebnost glikoalkaloidov (Johnson et al., 2008). Glikoalkaloidi so v omenjeni raziskavi obravnavani kot rastlinski toksini z antimikrobnim, insekticidnim in fungicidnim delovanjem (Nema et al., 2008). Sorte krompirja, ki vsebujejo nizke vrednosti glikoalkaloidov, naj bi bile bolj dovzete za napad strun. Na prehranjevanje strun naj bi delovala stimulatивно tudi vsebnost sladkorjev, vendar za omenjeno še ni trdnih dokazov (Johnson et al., 2008). Večji pojav strun v tleh pa lahko vpliva tudi na zmanjšanje pridelka drugih rastlinskih vrst; v eni od

raziskav je bil ta pri sladkornem trsu – v odvisnosti od kultivarja - zmanjšan za 40-60 % (Larsen et al., 2012).

2.4 Kolobar

Teorija, da na zmanjšanje populacij strun v tleh vpliva tudi travinja kot večletni predhodni posevek, se vse bolj kaže za zmotno (van Herk in Vernon, 2006; Hermann et al., 2012). To je bilo ustrezno upoštevano tudi v tehnoloških navodilih za integrirano pridelavo zelenjave in poljščin za leto 2012 (Tehnološka navodila ..., 2012). V eni od raziskav v ZDA so preučevali vpliv predhodnih rastlinskih vrst na številčnost strun v posevku ovsu (*Avena sativa* L.). Kot predhodne posevke so uporabili bombaž (*Gossypium* spp.), sladki krompir (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.), tobak (*Nicotiana* spp.), koruzo in sojo (*Glycine max* (L.) Merr.). Ugotovili so, da slednji rastlinski vrsti vplivata stimulatивно na število strun v tleh, medtem ko med vplivom bombaža, sladkega krompirja in tobaka kot predhodnih posevkov ni bilo significantnih razlik (Willis et al., 2010).

Uporaba kolobarja je dolgo časa veljala za uspešen ukrep zatiranja strun; predvsem kot alternativa intenzivni rabi insekticidov oziroma pojavu rezistence škodljivcev nanje (Noronha, 2011). Kljub maloštevilnim podatkom o vplivu kolobarja na zmanjševanje pojava strun v tleh, lahko z uporabo različnih vrst gorjušic, rjave gorjušice in črne gorjušice (*Brassica nigra* L.), lucerne (*Medicago sativa* L.) ter navadna ajde (*Fagopyrum esculentum* Moench) vplivamo na manjše število teh talnih organizmov. Lucerna je zaradi sposobnosti, da iz tal absorbira odvečno vlago, obravnavana kot rastlinska vrsta, ki vpliva na manjši pojav strun v tleh. Delovanje navadne ajde na strune je bilo doslej preučevano predvsem z vidika alelopatskega delovanja, rezultati nekaterih raziskav pa kažejo na uspešno insekticidno delovanje rjave gorjušice in navadne ajde, če sta bili vključeni v kolobar pred sajenjem krompirja; obseg poškodb zaradi strun na gomoljih krompirja je bil namreč v takšnih tleh precej manjši (Noronha, 2011). Alelopatsko delovanje navadne ajde na rastline, posajene blizu nje, je pogojeno predvsem z delovanjem alkaloidov, zlasti fagomina, 4-piperidona in 2 piperidinemetanola (Iqbal et al., 2002).

2.5 Biotično varstvo

Uporaba entomopatogene glive *Metarhizium anisopliae* (Metsc.) Sorokin (Hypocereales: Clavicipitaceae) predstavlja eno od uspešnih alternativ v varstvu rastlin pred napadom strun (Kabaluk in Ericsson, 2007), kajti nanos mikrobiotičnega insekticida z omenjeno glivo kot aktivno snovjo, je mogoč tudi na njivi. Ugotovljeno je bilo, da na delovanje omenjenega agensa pomembno vplivajo abiotični in biotični dejavniki, kot so temperatura, vlaga v tleh ter dostopnost njihovih žrtev v tleh. Rezultati enega od poljskih poskusov kažejo na najboljše delovanje glive pri temperaturah višjih od 18 °C, izpostavljenost glivi vsaj 48 ur pri 18 °C pa vpliva na 100 % smrtnost strun (Kabaluk in Ericsson, 2007).

Rezultati preučevanja delovanja entomopatogene glive *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. na ličinke vrste *Agriotes lineatus* niso pokazali znakov patogeneze. Na drugi strani je delovanje glive *Metarhizium anisopliae*, sevov V1002 in LRC181A, povzročilo 90 in 100 % smrtnost 3 tedne po inokulaciji. Prav tako se uporaba entomopatogene glive *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) A.H.S. Br. & G. Sm. ni izkazala za učinkovito pri zatiranju vrste *Agriotes lineatus* (Ansari et al., 2009). Med entomopatogenimi ogorčicami je pri zatiranju ličink vrste *Agriotes lineatus* najboljšo učinkovitost pokazala vrsta *Heterorhabditis bacteriophora* (sev UWS1) s povzročeno 67 % smrtnostjo po treh tednih (Ansari et al., 2009), medtem ko je bil vpliv vrst *Steinernema affine* in *S. kraussei* na strune zanemarljiv (Puza et al., 2010).

Insekticidni učinek glive *Metarhizium anisopliae* (sev F52) pa je možno še izboljšati. Z željo po preučitvi potencialnega sinergizma so seme koruze pred sajenjem tretirali z omenjeno glivo, kateri so dodali insekticid spinosad (80 % aktivne snovi). Omenjeni ukrep je pripomogel k manjši škodljivosti strun, pri čemer zadovoljivega delovanja samostojne uporabe spinosada niso ugotovili (Kabaluk in Ericsson, 2007a). Sinergistično delovanje glive *M. anisopliae* in spinosada so preučevali ob tretiranju tal. Spinosad so aplicirali v treh različnih koncentracijah (0, 45 in 90 ppm), medtem ko je bila gliva na seme nanesa v dveh različnih koncentracijah (0 in 1,42 x 10⁵ konidijev/ml). Ugotovili so, da je bila v

obravnnavanjih z obema snovema smrtnost strun najvišja, pri čemer podrobnejša razlaga omenjene interakcije zaenkrat še ostaja neznanka (Ericsson et al., 2007).

2.6 Mineralna gnojila

V poljski raziskavi v Nemčiji so ugotovili, da ima na strune določeno insekticidno delovanje tudi mineralno gnojilo kalcijev cianamid ali apneni dušik (Ritter et al., 2011; Apneni dušik..., 2012). Podatki o načinu delovanja apnenega dušika na strune in druge talne škodljivce so sicer skopi, največkrat pa je njegova aktivnost pojasnjena kot insekticidna oziroma repelentna. Ob predpostavki, da na insekticidno delovanje kalcijevega cianamida vpliva vlaga v tleh, so delovanje omenjenega mineralnega gnojila preizkušali v standardnih razmerah in z vnosom dveh različnih množin vode v tla. Gnojilni učinek 100 mg kalcijevega cianamida na 100 g suhih tal je bil enak učinku 150 kg N/ha, rezultati omenjenega poskusa pa ne beležijo vpliva kalcijevega cianamida na smrtnost strun (Ritter et al., 2011).

Na drugi strani pa je bilo doslej ugotovljeno fungicidno delovanje apnenega dušika proti glivam *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn, *Fusarium oxysporum* E.F. Sm. & Swingle in *Verticillium dahliae* Kleb. v nasadih jagod. Višja vlažnost v tleh je vplivala na boljše delovanje omenjenega gnojila (Lijing et al., 2007), ki se je izkazalo za ustrezno pri gojenju cvetače, z namenom zatiranja povzročiteljice golšavosti kapusnic (*Plasmodiophora brassicae* Woronin). Fungicidno delovanje kalcijevega cianamida so v slednjem primeru pripisali predvsem dvigovanja pH reakcije tal (Tremblay et al., 2005), torej posrednemu delovanju na glivo.

2.7 Poplavljanje

Začasno poplavljanje njiv velja za učinkovit ukrep zatiranja dveh vrst talnih škodljivcev, gosenic vrste *Chrysoteuchia topiaria* (Zeller) in ogrcev vrste *Tomarus subtropicus* Blatchley, vpliv poplavljanja na strune pa je odvisen predvsem od tipa tal, temperature tal med poplavljanjem in vrste strun. Poplavljanje v poletnem času naj ne bi bilo učinkovito pri zatiranju ličink vrst *Melanotus communis* (Gyllenhal), *Limonius agonus* (Say) in *Laeon* spp. Poplavljanje v jesenskem in poletnem času ima zaradi višje temperature boljši učinek pri

zatiranju strun kot poplavljanje v zimskem času. Glede na rezultate omenjenega poskusa pa naj bi bil eden od glavnih dejavnikov učinkovitosti poplavljanja tudi slanost tal; namreč višja kot je slanost tal, krajši časovni interval poplavljanja je potreben (van Herk in Vernon, 2006).

Metoda poplavljanja njiv se je pri zatiranju strun izkazala za uspešno tudi pri pridelavi sladkorne pese. Zadovoljivo delovanje na te škodljivce so ugotovili pri vodi, katere temperatura je bila višja od 22 °C, obdobje poplavljanja pa je bilo daljše od 6 tednov (Larsen et al., 2012). Če število strun v tleh pred sajenjem sladkorne pese ustreza preseženemu gospodarskemu pragu škode, pa lahko s kratkotrajnim poplavljanjem v omenjenem časovnem intervalu dosežemo podobno učinkovitost kot z uporabo nekaterih insekticidov iz skupine organskih fosforjevih estrov (Glaz in Cherry, 2003; Larsen et al., 2012).

2.8 Tretiranje semena ali predhodnega posevka z insekticidi

Gre za metodo, ki sicer ne spada med klasične alternativne načine zatiranja talnih škodljivcev, spada pa med precej učinkovite in gospodarne, saj je količina uporabljenega insekticida na površinsko enoto precej manjša kot pri klasičnem vnosu granuliranih insekticidov v tla. Za uspešen način varovanja žitnih posevkov pred napadom strun se je izkazalo tretiranje semena z lindanom (Vernon et al., 2009, 2011); ob uporabi lindana se je namreč v tleh zmanjšala številčnost strun. Njegova uporaba pa je na številnih območjih že prepovedana, eden od najpomembnejših vzrokov za to je njegova fitotoksičnost.

Tudi fipronil velja za učinkovito kemično sredstvo za zatiranje strun. Omenjeno sredstvo je še posebno učinkovito, ob nanosu na površje semena (strune se rade prehranjujejo s semenom), s tem pa je relativno majhna tudi poraba insekticida na površinsko enoto (Chaton et al., 2008). Količina fipronila, s katerim je obdano seme, se skozi rastno dobo zmanjšuje. Pri sončničnem semenu, ki je bilo tretirano s 437 µg/posamezno seme, je bilo ugotovljeno, da se med rastno dobo količina snovi (v 4 mesecih) zmanjšuje za 0,3 µg/dan. Zaradi slabe mobilnosti te snovi v tleh, pa je velika večina ostane v istem talnem sloju, v katerem je bilo seme (Raveton et al., 2007).

Z dodajanjem fipronila v 0,5 % koncentraciji talnim vabam lahko uspešno vplivamo na večjo smrtnost vrste *Melanotus sakishimensis* Ohira na njivah s sladkornim trsom. Fipronil se je izkazal za učinkovit insekticid tako v laboratorijskih kot v poljskih razmerah, rezultati poskusa pa kažejo, da fipronil deluje na strune privabilno in insekticidno. Posebno uspešno delovanje fipronila (v 1 % koncentraciji v obliki pelet) je bilo potrjeno v laboratorijskih razmerah, medtem ko je fipronil v poljskem poskusu dosegel najvišjo učinkovitost v odmerku 6 kg/0,1 ha. V slednjem je uporaba fipronila vplivala na višji pridelek sladkornega trsa (Tarora et al., 2007). V Sloveniji fipronil nima več registracije, kot aktivna snov (80 %) pa je bil dostopen v pripravku Regent 80 WG (), ki je bil namenjen za zatiranje koloradskega hrošča (*Leptinotarsa decemlineata* [Say]) na krompirju. Pomembno je bilo, da smo rastline krompirja z omenjenim pripravkom tretirali takrat, ko se je večina ličink izlegla iz jajčec (Priročnik o fitofarmaceutskih sredstvih..., 2002).

Krompir, katerega so ob sajenju tretirali z imidaklopridom (70 g/t), se je izkazal za zelo odpornega na napad strun (Huiting in Ester, 2009). Da pa bi kmetje zmanjšali količino uporabljenih insekticidov, lahko uporabijo tudi metodo tretiranja predhodnega posevka z insekticidom (Parker in Howard, 2001)). V praksi to največkrat pomeni, da je na primer ozimna pšenica ali druga vrsta žita tretirana z insekticidom, pozneje pa na istem zemljišču posadijo krompir (Parker in Howard, 2001).

2.9 Večkratna mehanična obdelava tal

Mehanična obdelava tal v več ponovitvah naj bi pripomogla k zmanjšanju populacije strun v tleh in posledično manj napadenim gomoljem krompirja (Landl in Glauniger, 2011). Tudi oranje omogoča, da so strune veliko bolj izpostavljene naravnim sovražnikom (Larsen et al., 2012).

2.10 Semiokemikalije

Med relativno novejšo metode detekcije hroščev pokalic spada uporaba feromonskih vab (Vernon in Tóth, 2007). Med letoma 1999 in 2001 je v več evropskih državah potekala raziskava spremljanja populacijske dinamike osmih gospodarsko pomembnih vrst pokalic: *Agriotes ustulatus*, *A. litigious* Rossi, *A. sputator*, *A. obscurus*, *A.*

lineatus, *A. rufipalpis* Brulle, *A. sordidus* Illiger in *A. brevis* (Vernon in Tóth, 2007), že nekaj let prej pa so bile feromonske vabe v enak namen uporabljene v Rusiji in še nekaterih državah bivše Sovjetske zveze (Vernon in Tóth, 2007).

Triletni poljski poskus (1986-89) izpostavlja dejstvo, da so lahko feromonske vabe izredno učinkovite pri masovnem lovljenju samcev, s čimer se zaradi zmanjšanja kopulacije zmanjša tudi številčnost potomcev – strun. Izkazalo se je, da pri nizki zastopanosti strun v tleh (vrsta *Agriotes sputator*) lahko uporabimo 30 vab/ha. Ugotovili so, da se lahko s pomočjo omenjene metode številčnost strun v visoko intenzivnem kolobarju zmanjša za 86 % (Balkov, 1991). Ena od možnosti uporabe feromonov je tudi uporaba v namene konfuzije samcev. Ivashchenko in Chernova

(1995) poročata o pomembnem aplikativnem odkritju, ko sta 120 g feromona uporabila na 1 ha velikem zemljišču; s tem sta povzročila, da je bilo več kot 70 % samic neoplojenih.

Uporaba feromonov v namen spremljanja samcev pokalic (*Agriotes* spp.), da bi na ta način ugotovili njihovo povezavo s strunami v tleh in posledično z obsegom poškodb na gomoljih krompirja, pridobiva na pomenu tudi v praksi. Največjo težavo pri uporabnosti feromonov za potrebe predvidevanja poškodb zaradi strun na gomoljih krompirja, je predvsem v tem, da se odrasli osebkovi med posameznimi vrstami pokalic razlikujejo, ličinke pa je težko razlikovati in navadno lahko zabeležimo le njihovo skupno število (Blackshaw in Vernon, 2007).

3 SKLEPI

Res je, da je uporaba sintetičnih insekticidov doprinesla k učinkovitemu zatiranju talnih škodljivcev, vendar je vse več podatkov o njihovem negativnem vplivu na okolje (Gentz et al., 2010), tudi na neciljne organizme (Peck et al., 2009). S tem namenom so informacije o alternativnih metodah zatiranja strun vse bolj dobrodošle (Hermann et al., 2012). Medtem ko z uporabo privabilnih posevkov največkrat vplivamo na zmanjšanje števila strun v bližini glavnega posevka, njihove številčnosti pa v tleh ne zmanjšamo, pa biofumigacijo največkrat omenjajo kot najbolj uspešno alternativo sintetičnim fumigantom (metilbromidu) (Mattner et al., 2008; Furlan et al., 2010). Razgradnja rastlinske gmote križnic v tleh namreč pozitivno pripomore tudi k zatiranju drugih škodljivih organizmov v tleh (Mattner et al., 2008). Ker vemo, da vsebnost glukozinolatov variira med posameznimi rastlinskimi vrstami (Bohinc et al., 2012), se za potrebe biofumigacije ponavadi odločamo za tisto rastlinsko vrsto, ki vsebuje največ glukozinolatov. Pri tem pa je pomemben tudi način aplikacije, zlasti čim hitrejša zadelava zmulčene rastlinske gmote v tla. Poleg križnic, ki so vse bolj pomemben sestavni del kolobarja (Morra in Kirkegaard, 2002), pa je v zvezi z zmanjševanjem številčnosti in posledične škodljivosti strun v tleh, pomembno tudi vključevanje ajde v kolobar (Valenzuela in Smith, 2002; Noronha, 2011).

Uporaba biotičnih agensov pri zatiranju strun obeta veliko, vendar pa bo potrebno še veliko raziskav na omenjeno temo, da bo natančno ovrednotena učinkovitost in gospodarnost uporabe različnih vrst in sevov (Hermann et al., 2012). Zaradi največkrat manjše učinkovitosti samostojne uporabe biotičnih agensov pri zatiranju strun, v primerjavi s sintetičnimi insekticidi, pa velja v prihodnje več časa nameniti raziskavam potencialnih sinergizmov med dvema ali več okoljsko sprejemljivimi načini njihovega zatiranja (Ericsson et al., 2007).

Ker je seznam registriranih insekticidov za zatiranje strun v številnih državah, tudi v Sloveniji (Seznam registriranih..., 2012), kratek, v nekaterih državah za njihovo zatiranja uporabljajo še druge alternativne načine. Eden od takšnih načinov je poplavljanje njiv, vendar v številnih primerih način pridelovanja rastlin pridelovalcem tega ne dovoljuje (Cherry in Nuessly, 2010). Glede na slabe izkušnje z uporabo neonikotinoidov pri tretiranju semenskega materiala (Gentz et al., 2010), pa lahko fipronil v insekticidni oblogi semena učinkovito vpliva na večjo smrtnost strun (Raveton et al., 2007). V Italiji in na Hrvaškem je bil vnos fipronila v tla dovoljen za zatiranje ličink koruznega hrošča (Modic et al., 2009). V Sloveniji je danes uporaba tega insekticida prepovedana, predvsem zaradi škodljivih vplivov na koristne

organizme (Seznam registriranih ..., 2012). Kljub temu pa sta lindan in fipronil kot aktivni snovi še vedno zastopani na seznamu aktivnih snovi, katerih uporaba v Evropi ni prepovedana (EU Pesticide Database, 2012).

Znano je, da je številčnost strun v tleh pogojena z različnimi dejavniki okolja (Hermann et al., 2012), vse bolj pa ugotavljamo, da se njihovo število v zadnjih letih povečuje tudi zaradi vse bolj omejenega števila registriranih talnih insekticidov. Ugotavljamo, da je trenutno med alternativnimi metodami za zatiranje strun najbolj raziskana biofumigacija, zadovoljivo učinkovitost pa v nekaterih delih sveta, kjer jim namenjajo

pozornost, predstavljata tudi uporaba privabilnih posevkov in odpornih sort. Uporabo kratkotrajnega namakanja zemljišča, gnojenja z mineralnimi gnojili in uporabe biotičnih agensov pa bi bilo v prihodnje še bolj raziskati, saj je podatkov o njihovem delovanju še premalo, čeprav nakazujejo za dobro učinkovitost. Zlasti uporaba biotičnih agensov spada trenutno med dražje načine zatiranja strun (pa tudi drugih talnih škodljivcev), menimo pa, da bi bilo mogoče njihovo učinkovitost - ta bi zagotovo vplivala na širšo uporabo pri zatiranju strun – povečati s hkratno uporabo dveh ali večih okoljsko sprejemljivih načinov zatiranja (feromonske vabe x naravni sovražnik, privabilni posevki x naravni sovražnik idr.).

4 ZAHVALA

Prispevek je nastal s finančno pomočjo Ministrstva za kmetijstvo in okolje – Fitosanitarne uprave RS v

okviru strokovnih nalog s področja zdravstvenega varstva rastlin.

5 VIRI

Ansari, M.A., Evans, M., Butt, T.M. 2009. Identification of pathogenic strains of entomopathogenic nematodes and fungi for wireworm control. *Crop Protection*. 28: 269-272.

Apneni dušik. 2012.
<http://www.apneni-dusik.com/index.html>
(21.9.2012)

Balkov, V.I. 1991. Attractant traps for control of wireworms. *Zashchita Rastenii*. 5: 24-25.

Blackshaw, R.P., Vernon, S. 2008. Spatial relationships between two *Agriotes* click-beetle species and wireworms in agricultural fields. *Agricultural and Forest Entomology*. 10: 1-11.

Bohinc, T., Goreta Ban, S., Ban, D., Trdan, S. 2012. Glucosinolates in plant protection strategies: a review. *Archives of Biological Sciences*. 64, 3: 821-828.

Chaton, P.F., Lempérière, G., Tissut, M., Ravanel, P. 2008. Biological traits and feeding capacity of *Agriotes* larvae (Coleoptera: Elateridae): A trial of seed coating to control larval populations with the insecticide fipronil. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 90,2: 97-105.

Cheah, L.H., Marsh, A.T., Hedderley, D., Falloon, R.E. (2008). Crop rotation with Brassicas reduces

Phytophthora populations in potato soil. *New Zealand Plant Protection*. 61: 256-260.

Cherry, R., Nuessly, G. 2010. Repellency of the biopesticide, azadirachtin, to wireworms (Coleoptera: Elateridae). *Florida Entomologist*. 93, 1: 52-55

Cohen, M.F., Yamasaki, H., Mazzola, M. 2005. *Brassica napus* seed meal soil amendment modifies microbiological community structure, nitric oxide production and incidence of *Rhizoctonia* root rot. *Soil Biology & Biochemistry*. 37: 1215-1227.

Crow, W.T., Weingartner, D.P., Dickson, D.W., McSorley, R. 2001. Effect of sorghum-sudangrass and velvetbean cover crops on plant-parasitic nematodes associated with potato production in Florida. *Supplement to the Journal of Nematology*. 33, 4S: 285-288.

De Nicola, G.R., D'Avino, L., Curto, G., Malaguti, L., Ugolini, L., Cinti, S., Patalano, G., Lazzeri, L. 2013. A new biobased liquid formulation with biofumigant and fertilising properties for drip irrigation distribution. *Industrial Crops and Products* 42: 113-118.

Ericsson, J.D., Kabaluk, J.D., Goettel, M.S., Myers, J.H. 2007. Spinosad interacts synergistically with the insect pathogen *Metarhizium anisopliae* against the exotic wireworms *Agriotes lineatus* and *Agriotes*

- obscurus* (Coleoptera: Elateridae). Journal of Economic Entomology. 100, 1: 31-38.
- EU Pesticides Database. 2012. European Commission. Health and Consumers. Plants. http://ec.europa.eu/food/plant/plant_protection_products/pesticides_database/index_en.htm (23.9.2012)
- Gentz, C.M., Murdoch, G., King, G.F. 2010. Tandem use of selective insecticides and natural enemies for effective reduced-risk pest management. Biological Control 52: 208-215.
- Glaz, B., Cherry, R. 2003. Wireworm (Coleoptera: Elateridae) effects on sugarcane emergence after short-duration flood applied at planting. Journal of Entomological Science. 38, 3: 449-456.
- Furlan, L., Bonetto, C., Palatano, G., Lazzeri, L. 2004. Potential of biocidal meals to control wireworm populations. Agroindustria. 3, 3: 313-316.
- Furlan, L., Bonetto, C., Finotto, A., Lazzeri, L., Malaguti, L., Patalano, G., Parker, W. 2010. The efficacy of biofumigant meals and plants to control wireworms populations. Industrial Crops and Products. 31: 245-254.
- Huiting, H.F., Ester, A. 2009. Neonicotinoids as seed potato treatments to control wireworms. Commun Agric Appl Biol Sci. 74, 1: 207-216.
- Iqbal, Z., Hiradate, S., Noda, A., Isojima, S.I., Fujii, Y. 2002. Allelopathy of buckwheat: Assessment of allelopathic potential of extract of aerial parts of buckwheat and identification of fagomine and other related alkaloids as allelochemicals. Weed Biology and Management. 2: 110-115.
- Ivashchenko, I.I., Chernova, S.V. 1995. Biologically active substances against click beetle. Zashchita rastenij. 9: 16-17.
- Jansson, R.K., LeCrone, S.H. 1991. Effects of summer cover crop management on wireworm (Coleoptera, Elateridae) abundance and damage to potato. Journal of Economic Entomology. 84, 2: 581-586.
- Johnson, S.N., Anderson, E.A.; Dawson, G., Griffiths, D.W. 2008. Varietal susceptibility of potatoes to wireworm herbivory. Agricultural and Forest Entomology. 10: 167-174.
- Kabaluk, J.T., Ericsson, J.D. 2007. Environmental and behavioral constraints on the infection of wireworms by *Metarhizium anisopliae*. Environmental Entomology. 36, 6: 1415-1420.
- Kabaluk, J.T., Ericsson, J.D. 2007. *Metarhizium anisopliae* seed treatment increases yield of field corn when applied for wireworm control. Agronomy Journal. 99: 1377-1381.
- Kirkegaard, J.A.; Sarwar, M. 1998. Biofumigation potential of brassicas. I. Variation in glucosinolate profiles of diverse field-grown brassicas. Plant and Soil. 201: 71-89.
- Kuhar, T.P.; Alvarez, J.M. 2008. Timing of injury and efficacy of soil-applied insecticides against wireworms on potato in Virginia. Crop Protection. 27: 792-798.
- Landl, M., Furlan, L., Glauninger, J. 2010. Seasonal fluctuations in *Agriotes* spp. (Coleoptera: Elateridae) at two sites in Austria and the efficiency of bait trap designs for monitoring wireworm populations in the soil. Journal of Plant Diseases and Protection, 117, 6: 268-272.
- Landl, M., Glauninger, J. 2011. Preliminary investigations into the use of trap crops to control *Agriotes* spp. (Coleoptera: Elateridae) in potato crops. Journal of Pest Science. Doi: 10.1007/s10340-011-0348-3
- Larsen, N.A., Nuessly, G.S., Cherry, R.H., Glaz, B. 2012. Varietal susceptibility to the corn wireworms *Melanotus communis* (Coleoptera: Elateridae) in sugarcane. Journal of Pest Science. doi: 10.1007/s10340-012-0435-0
- Lazzeri, L.; Leoni, O.; Macini, L.M. 2004. Biocidal plant dried pellets for biofumigation. Industrial crops and products. 20: 59-65.
- Lijing, W., Tongle, H., Lijing, J.I., Keqiang, C.A.O. 2007. Inhibitory efficacy of calcium cyanamide on the pathogens of replant diseased in strawberry. Front. Agric. China. 1, 2: 183-187.
- Mattner, S.W., Porter, I.J., Gouder, R.K., Shanks, A.L., Wren, D.J., Allen, D. 2008. Factors that impact on the ability of biofumigants to suppress fungal pathogens and weeds on strawberry. Crop Protection. 27: 1165-1173.
- Morra, M.J., Kirkegaard, J.A. 2002. Isothiocyanate release from soil incorporated *Brassica* tissues. Soil Biology & Biochemistry. 34: 1683-1690.
- Hoagland, L., Carpenter-Boggs, L., Reganold, J.P., Mazzola, M. 2008. Role of native soil biology in Brassicaceous seed meal-induced weed suppression. Soil Biology & Biochemistry. 40: 1689-1697.
- Herman, A., Brunner, N., Hann, P., Wrbka, T., Kromp, B. 2012. Correlations between wireworm damages in potato fields and landscape structure at different scales. Journal of Pest Science. Doi: 10.1007/s10340-012-0444-z
- Milevoj, L., Gomboc, S., Bobnar, A., Smodiš, T., Valič, N., Mikuš, T. 2005. Spremljanje aktivnosti pet vrst pokalic rodu *Agriotes* (Coleoptera: Elateridae) s

- feromonskimi vabami v okolici Ljubljane. Zbornik predavanj in referatov s 7. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin (ur. Vajs, S., Lešnik, M.), Zreče, 8.-10. marec 2005. Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 254-262.
- Milevoj, L., Gomboc, S., Bobnar, A., Mikuš, T., Gril, T. 2005. Učinkovitost različnega števila feromonskih vab na nalet poljske pokalice (*Agriotes lineatus* L.). *Acta Agriculturae Slovenia*. 85, 2: 375-384.
- Milonas, P.G., Kontodimas, D.C., Michaelakis, A., Raptopoulus, D.G., Konstantopoulou, M.A. 2010. Optimization of pheromone trapping method for click beetles (*Agriotes* spp.) in Greece. *Phytoparasitica*. 38: 429-434.
- Modic, Š., Urek, G., Milevoj, L., Barbarič, M., Verbič, J., Poje, T., Knapič, M., Knapič, V., Orešek, E. 2009. Varstvo koruze pred koruznim hroščem (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). Republika Slovenija. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Fitosanitarna uprava RS: 68 str.
- Nema, P.K., Ramayya, N., Duncan, E., Niranjana, K. 2008. Potato glycoalkaloides: formation and strategies for mitigation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 88: 1869-1881.
- Noronha, C. 2011. Crop rotation as a management tool for wireworms in potatoes. V: *Insect pathogens and entomopathogenic nematodes. Biological Control in IPM Systems. IOBC/wprs Bulletin 66: 467-471*
- Parker, W.E., Howard, J.J. 2001. The biology and management of wireworms (*Agriotes* spp.) on potato with particular reference to the U.K. *Agricultural and Forest Entomology* 3:85-98.
- Peck, D. C. 2009. Comparative impacts of white grub (Coleoptera: Scarabaeidae) control products on the abundance of non-target soil-active arthropods in turfgrass. *Pedobiologia*, 52, 5: 287-299
- Piqué, J., Eizaguirre, M., Pons, X. 1998. Soil insecticide treatments against maize soil pests and corn borers in Catalonia under tradicional crop conditions. *Crop Protection*. 17: 557-561.
- Puza, V., Mracek, Z. 2010. Does scavenging extend the host range of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Steinernematidae)? *Journal of Invertebrate Pathology*. 104, 1: 1-3.
- Priročnik o fitofarmacevtskih sredstvih v Republiki Sloveniji. 1995. 1. izdaja. RS – Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Ljubljana: 552 str.
- Priročnik o fitofarmacevtskih sredstvih v Republiki Sloveniji. 1999. 2. izdaja. Društvo za varstvo rastlin Slovenije in RS – Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Ljubljana: 550 str.
- Priročnik o fitofarmacevtskih sredstvih v Republiki Sloveniji. 2002. 3. izdaja. Društvo za varstvo rastlin Slovenije in RS – Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Ljubljana: 814 str.
- Raveton, M., Aajoud, A., Willison, J., Cherifi, M., Tissut, M., Ravanel, P. 2007. Soil distribution of fipronil and its metabolites originating from seed-coated formulation. *Chemosphere*. 69: 1124-1129.
- Ritter, C., Katroschan, K.U., Richter, E. 2011. Alternative methods to control wireworms (*Agriotes* spp., Coleoptera: Elateridae) in vegetable production – potencial of calcium cyanamide and *Metarhizium anisopliae*. In: *Insect pathogens and entomopathogenic nematodes. Biological Control in IPM Systems. IOBC/wprs Bulletin 66: 521-524.*
- Seznam registriranih fitofarmacevtskih sredstev na dan 22.9.2012. Republika Slovenija. Ministrstvo za kmetijstvo in okolje. Fitosanitarna uprava Republike Slovenije. <http://spletni2.furs.gov.si/FFS/REGSR/index.htm> (23.9.2012)
- Staudacher, K., Schallhart, N., Pitterl, P., Wallinger, C., Brunner, N., Landl, M., Kromp, B., Glauning, J., Traugott, M. 2012. Occurrence of *Agriotes* wireworms in Austrian agricultural land. *Journal of Pest Science: 7 str.* (v tisku), DOI 10.1007/s10340-011-0393-y
- Tehnološka navodila za integrirano pridelavo zelenjave 2012. Ministrstvo za kmetijstvo in okolje. http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/podrocja/Kmetijstvo/Integrirana_pridelava/TN_IPP_2012.pdf
- Tehnološka navodila za integrirano pridelavo zelenjave 2012. Ministrstvo za kmetijstvo in okolje. http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/podrocja/Kmetijstvo/Integrirana_pridelava/TN_IPZ_2012.pdf (18.9.2012)
- Tarora, K., Arakaki, N., Uehara, K., Ishimine, M., Kobayashi, A., Nagayama, A. 2007. Control of the sugarcane wireworm *Melanotus sakishimensis* (Coleoptera: Elateridae) by a fipronil bait. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*. 51, 2: 129-133.
- Tremblay, N., Bélec, C., Coulombe, J., Godin, C. 2005. Evaluation of calcium cyanamide and liming for control of clubroot disease in cauliflower. *Crop Protection*. 24, 9: 798-803.
- Valenzuela, H., Smith, J. 2002. Green manure crops: Buckwheat. SA-GM-4. CTAHR: 1-3 str.

- Van Herk, W.G., Vernon, R.S. 2006. Effect of temperature and soil of the control of a wireworm, *Agriotes obscurus* L. (Coleoptera: Elateridae) by flooding. *Crop Protection* 25: 1057-1061.
- Van Herk, W.G., Vernon, R.S. 2011. Categorization and numerical assessment of wireworm mobility over time following exposure to bifenthrin. *Journal of Pest Science*. Doi: 10.1007/s10340-011-0381-2.
- Van Herk, W.G., Vernon, R.S., Tolman, J.H., Ortiz Saavedra, H. 2008. Mortality of a wireworm, *Agriotes obscurus* (Coleoptera: Elateridae) after topical application of various insecticides. *Journal of Economic Entomology*. 101, 2: 375-383.
- Vernon, R.S. 2005. Aggregation and mortality of *Agriotes obscurus* (Coleoptera: Elateridae) at insecticide-treated trap crops of wheat. *Journal of Economic Entomology*. 98, 6: 1999-2005.
- Vernon, R.S., Tóth, M. 2007. Evaluation of pheromones and a new trap for monitoring *Agriotes obscurus* in the Fraser valley of British Columbia. *Journal of Chemical Ecology*. 33: 345-351.
- Vernon, R.S., van Herk, W., Tolman, J., Ortiz Saavedra, H., Clodius, M., Gage, B. 2008. Transitional sublethal and lethal effects of insecticides after dermal exposures to five economic species of wireworms (Coleoptera: Elateridae). *Journal of Economic Entomology*. 101, 2: 365-374.
- Vernon, R.S., van Herk, W.G., Clodius, M., Harding, C. 2009. Wireworm management I: Stand protection versus wireworm mortality with wheat seed treatments. *Journal of Economic Entomology*. 102(6): 2126-2136.
- Vernon, R.S., Van Herk, W.G., Clodius, M., Harding, C. 2011. Crop protection and mortality of *Agriotes obscurus* wireworms with blended insecticidal wheat seed treatments. *Journal of Pest Science*. Doi: 10.1007/s10340-011-0392-z
- Vidau, C., Diogon, M., Aufauvre, J., Fontbonne, R., Viguès, B., Brunet, J.C., Texier, C., Biron, D.G., Blot, N., El Alaoui, H., Belzunces, L.P., Delbac, F. 2011. Exposure to sublethal doses of fipronil and thiacloprid highly increases mortality of honeybees previously infected by *Nosema ceranae*. *Plos One* 6, 6: e21550. doi: 10.1371/journal.pone.0021550
- Vrabl, S. 1992. Škodljivci poljščin. ČZP Kmečki glas. Ljubljana: 142 str.
- Waliwitiya, R., Isman, M.B., Vernon, R.S., Riseman, A. 2005. Insecticidal activity of selected monoterpenoids and rosemary oil to *Agriotes obscurus* (Coleoptera: Elateridae). *Journal of Economic Entomology*. 98, 5: 1560-1565.
- Willis, R.B., Abney, M.R., Holmes, G.J., Schulteheis, J.R., Kennedy, G.G. 2010. Influence of preceding crop on wireworms (Coleoptera: Elateridae): abundance in the coastal plain of North Carolina. *Journal of Economic Entomology*. 103, 6: 2087-2093.