

Agrovoc descriptors: *Leptinotarsa decemlineata*, potatoes, *Solanum tuberosum*, field experimentation, decision support, models, forecasting, agricultural warning services, methods, pests developmental stages, pest control, pest resistance

Agris category code: H10

Preučevanje ustreznosti prognostičnega modela SIMLEP za varstvo krompirja pred koloradskim hroščem (*Leptinotarsa decemlineata* [Say], Coleoptera, Chrysomelidae) v Sloveniji

Katarina KOS¹, Beate TSCHÖPE², Erich JÖRG³, Stanislav TRDAN⁴

Delo je prispelo 16. oktobra 2008; sprejeto 3. aprila 2009.
Received October 16, 2008, accepted April 3, 2009.

IZVLEČEK

V obdobju 2007-2008 smo v Ljubljani preučevali ustreznost nemškega prognostičnega modela SIMLEP, katerega uporaba je namenjena varstvu krompirja pred koloradskim hroščem (*Leptinotarsa decemlineata*). Med 14. majem in 6. avgustom 2007 ter med 26. majem in 4. avgustom 2008 smo enkrat tedensko na 25 rastlinah krompirja (5 mest s 5 zaporednimi rastlinami) ugotavljali številčnost jajčnih legel, mladih ličink (L1/L2), starejših ličink (L3/L4) in odraslih osebkov. Model SIMLEP 1, ki je namenjen za regionalno napoved prvega pojava prezimelih hroščev in začetka odlaganja jajčec, se je v obeh letih pokazal za neustreznega, saj je 15 (leto 2007) oziroma 17 (leto 2008) dni prezgodaj napovedal prvi pojav jajčnih legel. Model SIMLEP 3, ki je poljsko specifičen model za napoved pojava različnih razvojnih stadijev koloradskega hrošča, se je pokazal za ustreznega. V obeh letih je namreč zelo natančno napovedal prvi pojav mladih ličink in starejših ličink (v nobenem primeru se napoved od dejanskega stanja ni razlikovala več kot 5 dni), pojav največjega števila jajčnih legel in mladih ličink (razlika med napovedanimi in dejanskimi datumi je bila od 0 do 7 dni). Z morebitno prihodnjo uporabo modela SIMLEP 3 v Sloveniji bo mogoče zagotoviti boljšo učinkovitost in gospodarnost zatiranja koloradskega hrošča, saj omogoča določitev optimalnega časa nanosa insekticidov, s čimer lahko pomembno vplivamo na zmanjšanje odpornosti škodljivca na insekticide.

Ključne besede: SIMLEP, prognoza, koloradski hrošč, *Leptinotarsa decemlineata*, krompir, razvojni stadij, poljski poskus, Nemčija, Slovenija

ABSTRACT

TESTING THE SUITABILITY OF SIMLEP DECISION SUPPORT SYSTEM FOR PROTECTION OF POTATO AGAINST COLORADO POTATO BEETLE (*Leptinotarsa decemlineata* [Say], Coleoptera, Chrysomelidae) IN SLOVENIA

In a period from 2007 to 2008 we studied the suitability of German decision support system SIMLEP, which was elaborated for protection of potato against Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*). In a field experiment in Ljubljana (Slovenia) we weekly assessed the number of egg clusters, young larvae (L1/L2), old larvae (L3/L4) and adults on 25 plants (5 places with five successive plants). The counting was performed between May 14 and August 6 2007 and between May 26 and August 4 2008. Model SIMLEP 1, which is used for a regional forecasting for the first occurrence of hibernating beetles and the start of egg laying, showed itself in both years as not suitable, while it forecasted the first occurrence of egg clusters 15 (2007) respectively 17 (2008) days too early. Model SIMLEP 3, a field-specific model which forecasts the occurrence of the developmental stages of Colorado potato beetle demonstrated as suitable. Namely, in both years this model very precisely forecasted the first occurrence of young and old larvae (in none of the cases the forecast differed from actual situation for more than 5 days) and also the occurrence of the highest number of egg clusters and young larvae (difference between forecasted and actual situation was from 0 to 7 days). With eventual future use of model SIMLEP 3 in Slovenia, a better effectiveness and economy in controlling Colorado potato beetle will be achievable, by enabling us to define the optimum time of

¹ Katedra za fitomedicino, kmetijsko tehniko, poljedelstvo, pašništvo in travništvo, Jamnikarjeva 101, SI-1111 Ljubljana, e-pošta: katarina.kos@bf.uni-lj.si

² Central institution for decision support systems in crop protection (ZEPP), Rüdeshheimerstr. 60-68, D-55545 Bad Kreuznach, Germany

³ Ministry for Economics, Transport, Agriculture and Viniculture. Unit 8508 - Arable Farming, Plant and Soil Protection, Plant Protection Service, Stiftsstr. 9, D-55116 Mainz, Germany

⁴ Katedra za fitomedicino, kmetijsko tehniko, poljedelstvo, pašništvo in travništvo, Jamnikarjeva 101, Jamnikarjeva 101, SI-1111 Ljubljana

insecticide application. Model results may contribute to the reduction of pest resistance development to insecticides.

Key words: SIMLEP, decision support system, Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, potato, developmental stage, field experiment, Germany, Slovenia

1 UVOD

V Evropi je koloradski hrošč (*Leptinotarsa decemlineata* [Say]) razširjen na vseh območjih pridelovanja krompirja, razen na Irskem in v Veliki Britaniji. Navadno se škodljivec množično pojavlja v suhih in toplih območjih, kjer letno razvije dva rodova (Jörg in Beck, 2000). Če koloradskega hrošča ne zatiramo, lahko povzroči precejšnjo škodo, ki se kaže v manjšem pridelku in slabši kakovosti (manjša velikost gomoljev) (Zehnder et al., 1995). Tudi v Sloveniji se je ta žuželčja vrsta v zadnjih letih, tako kot v številnih drugih evropskih državah (Wachowiak et al., 2006), kar nekajkrat prerazmnožila. Na takšnih območjih se je posledično povečala uporaba insekticidov, na približno dve to tri škropljenja letno, zaradi česar je škodljivec ponekod razvil odpornost (rezistenco) na insekticide (Pruszyński in Węgorek, 1991; Jörg, 1998; Jörg et al., 2003; Węgorek et al., 2003; Preiß et al., 2004; Stanković et al., 2004). Pojav odpornosti koloradskega hrošča na insekticide smo ugotovili tudi v Sloveniji (Trdan, še neobj.).

Vzrok za ta pojav strokovnjaki pripisujejo nepravilni aplikaciji, neustreznemu času aplikacije ali neustreznim vremenskim razmeram ob aplikaciji. V številnih zgledih

so pridelovalci krompirja s piretroidi škropili pri temperaturi nad 25 °C, ko lahko koloradski hrošč razgradi aktivne snovi v insekticidih. Velikokrat so insekticide uporabljali prepozno, to je bilo takrat, ko je večina osebkov v populacijah škodljivca že dosegla stopnjo starejših ličink (L3 in L4) ali odraslih osebkov prvega rodu. Ti so namreč veliko manj občutljivi na insekticide kot mlade ličinke (L1 in L2) (Jörg, 1998).

Za namen integriranega varstva krompirja pred koloradskim hroščem so na inštituciji ZEPP v kraju Bad Kreuznach (Nemčija) izdelali prognostični model SIMLEP, ki temelji na temperaturnih podatkih in je sestavljen iz dveh modulov: SIMLEP 1 in SIMLEP 3. Prognostični model SIMLEP uporabniku pomaga pri odločitvi za škropljenje ob najbolj ustreznem času. Z njegovo uporabo je mogoče doseči boljši učinek škropljenja in zmanjšati pojav odpornosti, saj je s škropljenjem ob ustreznem času potrebno insekticid uporabiti le enkrat, v najslabšem primeru dvakrat. Namen tega prispevka je predstavitev prognostičnega modela SIMLEP in predstavitev rezultatov preizkušanje njegove ustreznosti za uporabo v Sloveniji.

2 PROGNOŠTIČNI MODEL SIMLEP

Model deluje na podlagi simulacije pojava različnih razvojnih stadijev koloradskega hrošča. Sestavljata ga dva modula: SIMLEP 1, ki napoveduje prvi pojav prezimelih hroščev v regiji in SIMLEP 3, ki je točkovno specifičen model za simulacijo nadaljnjega razvoja tega škodljivca na njivah s krompirjem (Roßberg et al., 1999).

2.1 SIMLEP 1

SIMLEP 1 simulira razvoj koloradskega hrošča od prihoda iz tal (kjer je prezimil) do pojava mladih hroščev prvega rodu v izbrani regiji. Rezultati so prikazani glede na fenološki razvoj in relativno številčnost naslednjih razvojnih stadijev: prezimeli hrošči, jajčeca, mlade ličinke (stopnja L1/L2), starejše ličinke (stopnja L3/L4) in mladi hrošči.

SIMLEP 1 je osnovan tako, da simulira razvoj hroščev glede na temperaturne podatke, na podlagi katerih preračunava stopnje razvoja, smrtnost, razmnoževanje in prehode med različnimi razvojnimi stadiji (računanje se začne z določenim številom prezimelih samic).

Model ne vključuje obdobja prezimovanja. Kot vhodne podatke zahteva urne vrednosti temperature zraka na višini 2 m od 1. aprila naprej.

Glede na dejanski razvoj škodljivca so izhodni podatki modela:

- datum prvega pojava prezimelih hroščev,
- datum prvega pojava jajčnih legel,
- številčnost jajčnih legel,
- številčnost mladih ličink,
- številčnost starejših ličink,
- datum prvega pojava mladih hroščev (prvega rodu).

V praksi se SIMLEP 1 uporablja za regionalno napoved pojava prvih jajčnih legel. Model so intenzivno testirali v Nemčiji. V 80 % zgledov je model podal časovno ustrezno napoved začetka odlaganja jajčec koloradskega hrošča. Ko SIMLEP 1 opozori na možnost pojava prvih jajčnih legel, se začne načrtno spremljanje (monitoring) škodljivca. Drugi podatki tega modela (številčnost različnih razvojnih stadijev idr.) se ne uporabljajo v namene varstva krompirja. Odločitev mora namreč temeljiti na razvoju hrošča na točno določeni njivi,

prognoza z modelom SIMLEP 1 pa je osnovana na regionalni ravni.

Rezultati pojava prezimelih hroščev pri modelu SIMLEP 1 velikokrat niso zadovoljivi, saj so razlike med napovedanimi in opazovanimi podatki tudi do 30 dni (Jörg *et al.*, 2007).

2.2 SIMLEP 3

SIMLEP 3 simulira odnose med populacijo koloradskega hrošča in agrometeorološkimi podatki na specifični, točno določeni lokaciji (parceli), v natančno določenem času. Model simulira razvoj koloradskega hrošča od začetka odlaganja jajčec do pojava starejših ličink in nam poda informacijo o optimalnem času za tretiranje škodljivca.

Model zahteva naslednje vhodne parametre:

- urne vrednosti temperature zraka na višini 2 m od 1. aprila naprej,
- datum prve najdbe jajčnih legel na njivi s krompirjem,
- datum zadnjega ocenjevanja, ko na rastlinah še ni bilo jajčnih legel (v primeru, da ta podatek ni na voljo in se je ocenjevanje začelo prepozno, se v model vstavi datum 1. januar),
- število jajčnih legel (zabeleženih ob prvem opazovanju; predvideno je opazovanje na 25 rastlinah [5 zaporednih rastlin x 5 mestih] na parceli).

Simulacija se začne na dan, ko so bila na izbrani parceli prvič opažena jajčna legla. Na podlagi vstavljenih podatkov in meteoroloških podatkov model SIMLEP 3 izračuna datum začetka odlaganja jajčnih legel. Vsi izračuni in napovedi se nanašajo na ta datum.

Izhodni podatki modela so:

- datum prvega pojava mladih ličink (L1/L2),
- datum prvega pojava starejših ličink (L3/L4),
- obdobje najbolj intenzivnega odlaganja jajčec (= obdobje optimalne ocenitve gostote populacije glede na odločitve za uporabo insekticidov; svarilo približno 6-9 dni pred nanosom insekticida),
- obdobje največjega števila mladih ličink (= optimalno obdobje za nanos insekticida; svarilo približno 4-7 dni pred nanosom insekticida).

Za obdobje največjega števila mladih ličink sta izračunani dve napovedi: predhodna in končna napoved. V večini zgledov sta napovedi identični. V letih, ko temperature močno padejo po predhodni napovedi, pa lahko končna napoved največjega števila mladih ličink nastopi nekoliko pozneje.

V Nemčiji odločitve za aplikacijo insekticidov proti koloradskemu hrošču temelji na številu jajčnih legel (Jörg in Beck, 2000). Ocena je potrebna, ko SIMLEP 3 opozori na obdobje največje gostote jajčec.

Nanos insekticidov za uporabo v konvencionalni pridelavi se mora izvesti tedaj, ko model napove največje število mladih ličink (L1/L2), saj je učinkovitost insekticidov največja ravno v tem obdobju razvoja škodljivca. Bioinsekticidi na podlagi bakterije *Bacillus thuringiensis* so najbolj učinkoviti tedaj, če jih uporabimo ob pojavu prvih mladih ličink (Langenbruch, 1992). Model SIMLEP 3 napoveduje omenjene dneve in pred tem opozarja na njihov pojav, tako, da se lahko pridelovalec pravočasno pripravi na zatiranje škodljivca (Jörg *et al.*, 2007)..

3 MATERIALI IN METODE DELA

Poljski poskus je potekal v letih 2007 in 2008 na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani (46°04' zemljepisne širine, 14°31' zemljepisne dolžine, 300 m nadmorske višine). Na njivi z velikostjo 2,4 ara, na katero smo krompir, cv. Kondor, posadili 11. aprila 2007 in 28. aprila 2008, smo preučevali razvojni krog koloradskega hrošča. V prvem letu raziskave smo krompir med rastno dobo trikrat poškropili s fungicidi, da bi preprečili razvoj krompirjeve plesni (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary). Nasad smo prvič poškropili s fungicidom 29. maja. Uporabili smo pripravke Ridomil Gold MZ Pepite (aktivna snov mankozeb + metalaksil-M). Drugo škropljenje proti krompirjevi plesni smo izvedli 13. junija s pripravkom Polyram DF (aktivna snov metiram), zadnje škropljenje pa ponovno s pripravkom Ridomil Gold MZ Pepite. V drugem letu raziskave smo

krompir pred okužbo s paradižnikovo plesnijo prvič zavarovali šele 26. junija, drugič pa 24. julija. V obeh primerih smo uporabili kombinacijo fungicidov Shirlan 500 SC (aktivna snov fluazinam) in Melody Duo WP 66,8 (aktivna snov iprovalikarb + propineb).

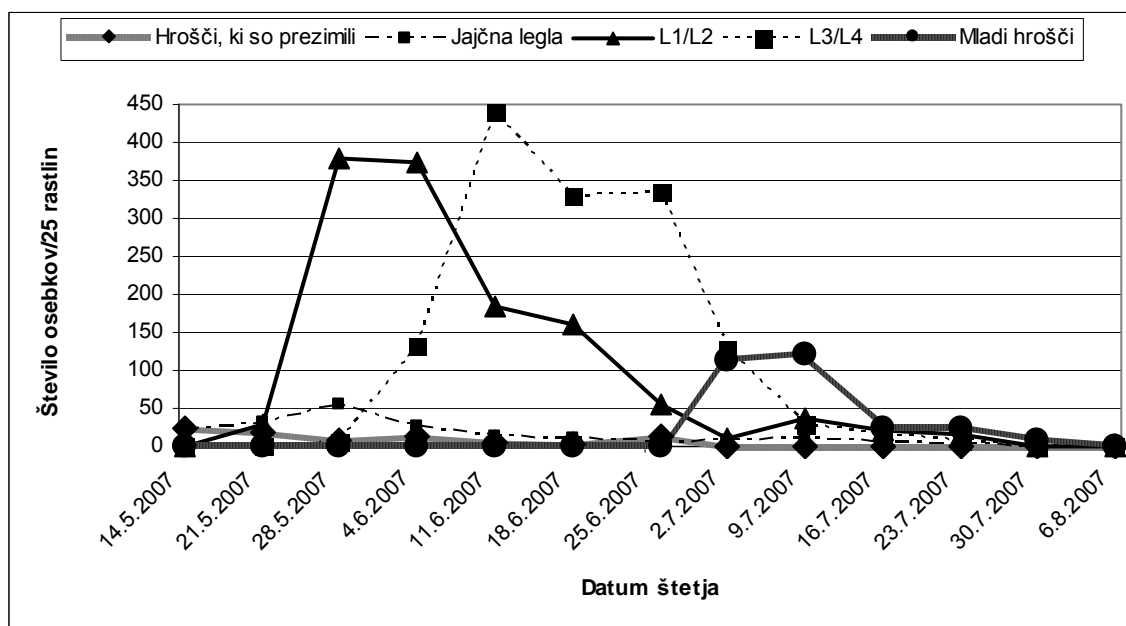
Na parceli smo spremljali pojav prvih (prezimelih) odraslih osebkov, to je njihov spomladanski prihod iz tal, pojav jajčnih legel, mladih ličink (L1/L2), starejših ličink (L3/L4) ter pojav novega (prvega) rodu hroščev. Na parceli smo naključno izbrali pet mest in na vsakem mestu pet zaporednih rastlin krompirja. Na njih smo od dneva, ko smo opazili prve odrasle osebe (14. maj 2007 in 26. maj 2008) do konca pojavljanja škodljivca (6. avgust 2007 in 4. avgust 2008) enkrat tedensko ugotavljali zastopanost različnih razvojnih stadijev škodljivca.

4 REZULTATI

4.1. Leto 2007

Prve prezimele hrošče smo ugotovili ob prvem ocenjevanju, 14.5., in ti so se pojavljali do 25.6. (slika 1). Število hroščev je bilo največje (23 osebkov/25 rastlin) prav ob prvem ocenjevanju, ko smo na spodnji strani krompirjevih listov v povprečju na vsaki rastlini našli tudi po skoraj eno jajčno leglo. Število jajčnih legel je doseglo vrh 28.5. (približno 2 jajčni legli/rastlino), zatem pa se je postopoma zmanjševalo.

Če smo ob prvem ocenjevanju na 25 rastlinah našli le eno mlado ličinko, pa se je njihovo število v obdobju od konca maja do začetka junija približalo 15 osebkom na rastlino. Zatem se je njihovo število zmanjševalo, obenem pa se je povečevalo število starejših ličink, ki so bile najbolj številne ob obdobju od 11.6. do 2.7. Tedaj je bilo njihovo povprečno število na rastlino od 13 do 18. Hrošči 1. rodu so se pojavili v začetku julija, po 30.7. pa jih na rastlinah krompirja nismo več našli, saj je bila čima že suha.



Slika 1: Prikaz številčnosti koloradskega hrošča v različnih razvojnih stadijih v poljskem poskusu na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani leta 2007.

Prognostični model SIMLEP 1 je za leto 2007 napovedal naslednje datume začetka pojava različnih razvojnih stadijev koloradskega hrošča: za prezimele hrošče in jajčna legla 29.4., za mlade ličinke 11.5., za starejše ličinke 24.5. in za mlade hrošče 19.6 (preglednica 1).

Model SIMLEP 1 je prvi pojav jajčnih legel napovedal za 29.4., medtem ko smo jajčna legla na listih krompirja dejansko ugotovili šele 14.5. (preglednica 2). Model je bil torej 15 dni prezgoden. Rezultati prvega pojava jajčec z uporabo modela SIMLEP 1 niso bili zadovoljivi, saj je bila razlika med napovedanimi in opazovanimi podatki prevelika.

Preglednica 1: Simulacija (napoved) dnevov prvega pojava različnih razvojnih stadijev koloradskega hrošča z modelom SIMLEP 1 v letu 2007.

Razvojni stadij	Datum prvega pojava
Hrošči, ki so prezimili	29.4.
jajčna legla	29.4.
ličinke L1/L2	11.5.
ličinke L3/L4	24.5.
mladi hrošči	19.6.

Preglednica 2: Prikaz vhodnih (meteoroloških) podatkov v model SIMLEP 1, simulacija modela in odstopanje dneva napovedi od dejanskega pojava jajčnih legel na njivi v letu 2007.

Meteorološka postaja	Ocenitev pred prvim pojavom jajčnih legel	Prvi pojav jajčnih legel na parceli	Simulacija SIMLEP 1	Dnevi (pojav prvega pojava jajčnih legel – napoved)
Ljubljana	1.1.	14.5.	29.4.	15

Preglednica 3: Prikaz dejanskih in z modelom SIMLEP 3 napovedanih datumov pojava mladih (L1/L2) in starejših (L3/L4) ličink ter odstopanja med njimi v letu 2007.

Meteorološka postaja	Prvi pojav L1/L2 na njivi	Napoved prvega pojava L1/L2	Dnevi (prvi pojav L1/L2 – napoved)	Prvi pojav L3/L4 na njivi	Napoved prvega pojava L3/L4	Dnevi (prvi pojav L3/L4 – napoved)
Ljubljana	14.5.	16.5.	-2	28.5.	24.5.	4

Z uporabo modela SIMLEP 3 smo zelo natančno napovedali prvi pojav mladih ličink (L1/L2), saj je bila napoved le 2 dni prepozna (preglednica 3). Rezultati napovedi prvega pojava starejših ličink (L3/L4) so bili dobri, saj je model predvidel prvi pojav L3 in L4 ličink 4 dni prezgodaj.

Model SIMLEP 3 je dobro do zelo dobro ocenil čas začetka in konca pojava največjega števila jajčnih legel in mladih ličink (preglednici 4 in 5). Dejanski podatki kažejo na pojav največjega števila jajčnih legel med 25.5. in 31.5., medtem ko je model napovedal čas med 20.5. in 28.5. (preglednici 5 in 6). Največje število mladih ličink smo na njivi ugotovili v obdobju od 27.5. do 7.6., medtem ko je model napovedal čas od 24.5. in 31.5.

Odstotek jajčnih legel se je od 21.5. do 28.5. vsak naslednji dan povečal za 6 %, v dneh od 28.5. do 4.6. pa se je vsak naslednji dan zmanjšal za 7,5 %. Odstotek največjega števila mladih ličink se je od 21.5. do 28.5. vsak dan naslednji povečal za 13,2 %, od 4.6. do 11.6. pa se je vsak naslednji dan zmanjšal za 7,3 %.

Model SIMLEP 3 je napovedal prvi pojav mladih ličink za 16.5., prvi pojav starejših ličink pa za 24.5. (sliki 3 in

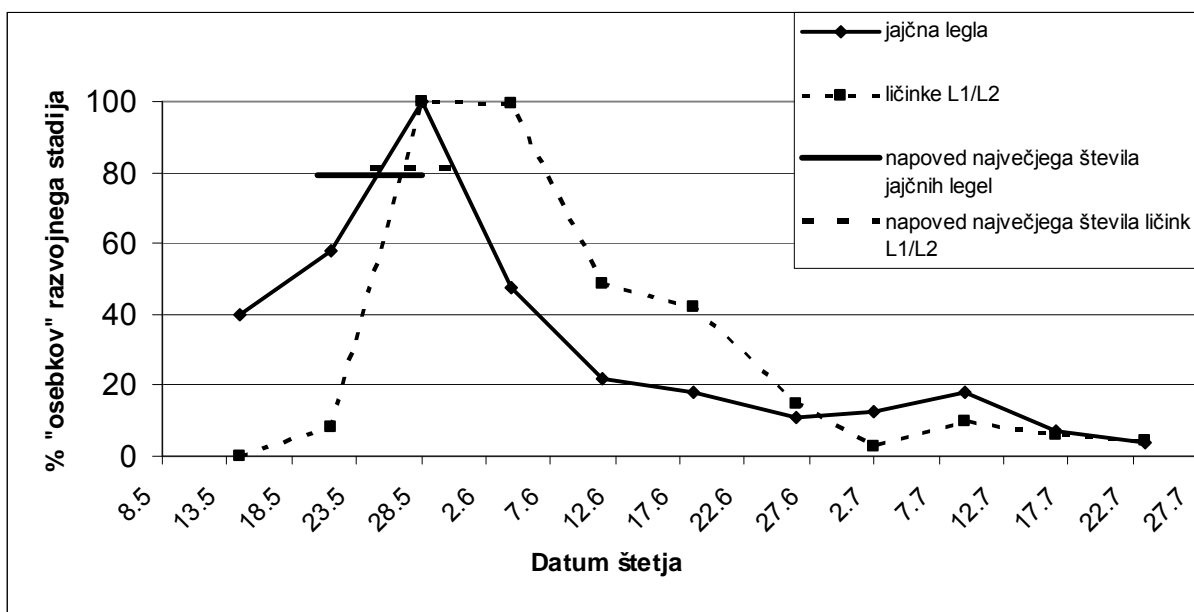
4). Zgornja vodoravna črta na sliki 4 prikazuje čas odločanja za tretiranje koloradskega hrošča z insekticidi (čas namenjen izbiri ustreznega škropiva idr., ki je v našem primeru od 20.5. do 28.5), srednja črta (prva napoved) in spodnja črta (zadnja napoved) pa napovedujeta obdobji z največjo številčnostjo mladih in starejših ličink, ki sta hkrati najustreznejša termina za uporabo insekticidov. V našem primeru traja to obdobje od 24.5. do 31.5.

4.2. Leto 2008

V drugem letu poskusa smo ob prvem ocenjevanju, 26. maja, na 25 rastlinah krompirja ugotovili 19 odraslih hroščev in 14 jajčnih legel. Hrošči so se pojavljali do 28. julija (slika 5). Prvi rod hroščev se je pojavil 7.7., ko je bilo na 25 pregledanih rastlinah 113 odraslih osebkov. Največ jajčnih legel smo ugotovili ob drugem pregledu krompirja, 2.6., ko smo na 25 rastlinah našli 57 jajčnih legel. Mlade ličinke so se množično pojavljale v začetku junija, v tednu od 2.6. do 9.6. se je njihovo število povečalo za 5-krat; na 25 rastlinah jih je bilo 2.6. 124, 9.6. pa kar 595. Število starejših ličink na enakem številu rastlin je bilo 16.6. 465, to pa je bilo več kot 9-krat večje kot 9.6., ki smo jih našli 49 ličink. Po 16.6. se je število starejših ličink precej zmanjšalo.

Preglednica 4: Prikaz dejanskih in napovedanih datumov (začetnih in končnih) največjega števila jajčnih legel in mladih ličink z modelom SIMLEP 3 v letu 2007.

	Rezultat - štetje		Napoved	
	začetni datum	končni datum	začetni datum	končni datum
največje število jajčnih legel	25.5.	31.5.	20.5.	28.5.
največje število ličink L1/L2	27.5.	7.6.	24.5.	31.5.

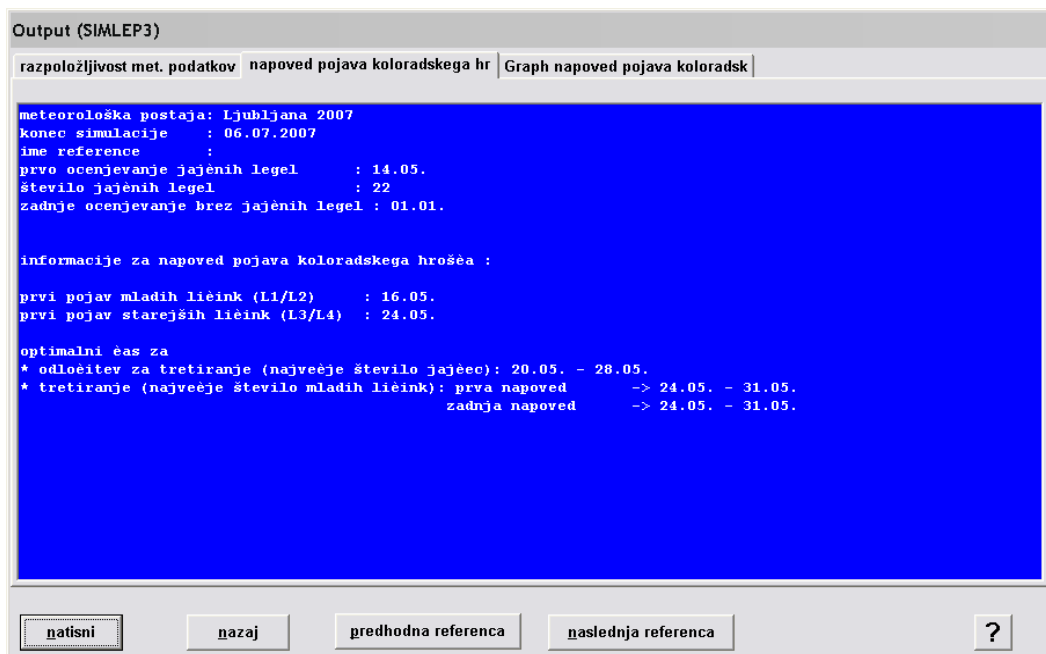


Slika 2: Prikaz napovedi največjega števila jajčnih legel in mladih ličink z modelom SIMLEP 3 v letu 2007.

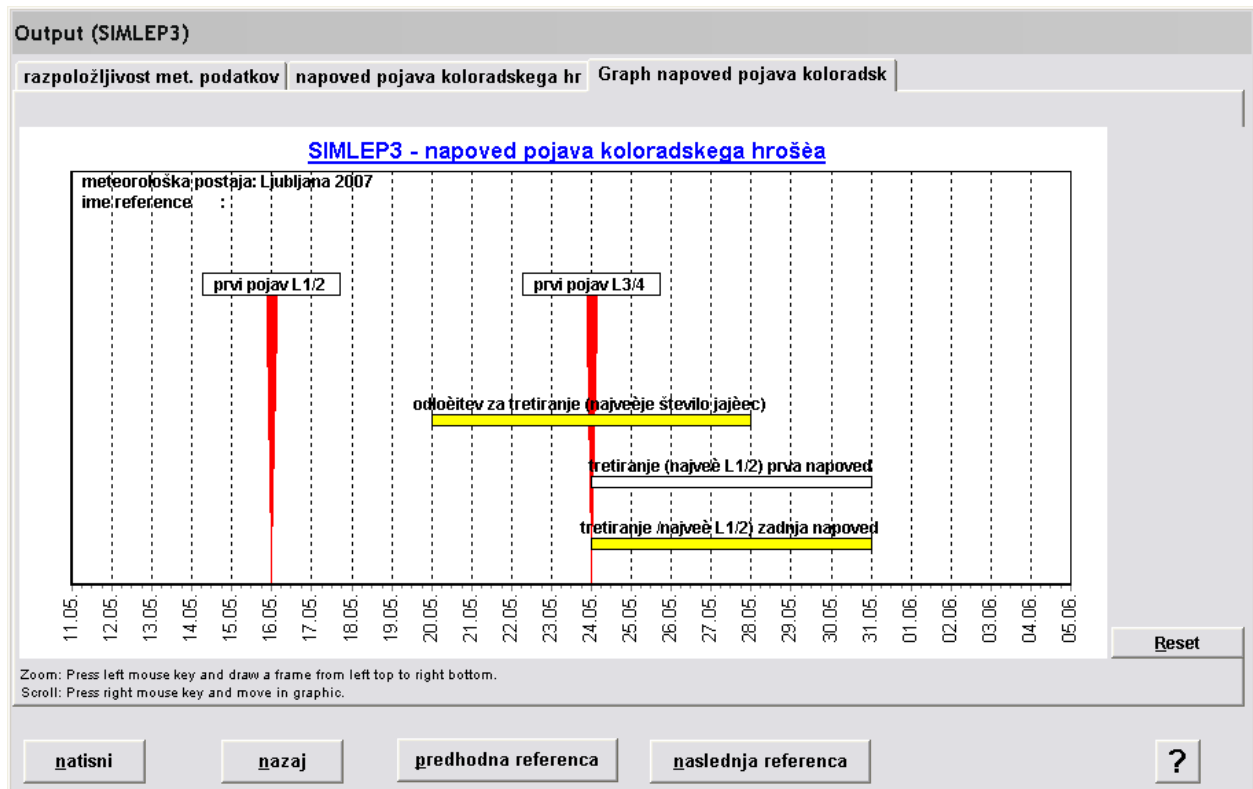
Preglednica 5: Ocena natančnosti napovedi datuma pojava največjega števila jajčnih legel in mladih ličink z modelom SIMLEP 3 v letu 2007.

	Ocenitev - napoved		Ocenitev - napoved	
	začetni datum	končni datum	začetni datum	končni datum
največje število jajčnih legel	5	(o)	3	(+)
največje število ličink L1/2	3	(+)	7	(o)

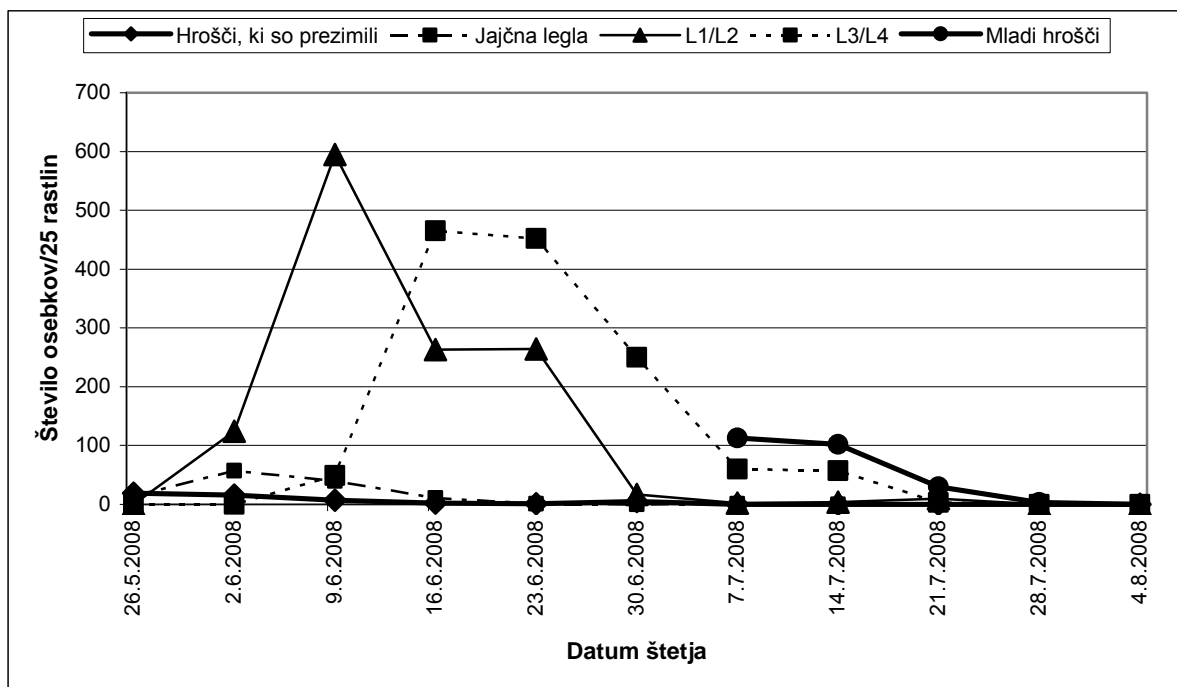
Legenda natančnosti napovedi: (+) zelo dobra [od 0 do ≤ 4 dni], (o) dobra [od 4 do ≤ 7 dni], (-) slaba [nad 7 dni]



Slika 3: Računalniški prikaz vhodnih in izhodnih podatkov modela SIMLEP 3 v letu 2007.



Slika 4: Grafični prikaz napovedanega prvega pojava mladih in starejših ličink koloradskega hrošča z modelom SIMLEP 3 na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani v letu 2007 z napovedjo obdobja za optimalni čas tretiranja z insekticidi.



Slika 5: Prikaz številčnosti koloradskega hrošča v različnih razvojnih stadijih v poljskem poskusu na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani leta 2008.

Prognostični model SIMLEP 1 je za leto 2008 napovedal naslednje datume začetka pojava različnih razvojnih stadijev koloradskega hrošča: za prezimele hrošče 4.5., za jajčna legla 9.5., za mlade ličinke 20.5.2008, za starejše ličinke 1.6.2008 in za mlade hrošče 25.6.2008 (preglednica 6).

Model SIMLEP 1 je prvi pojav jajčnih legel napovedal za 9.5., medtem ko smo jih na listih krompirja dejansko ugotovili šele 26.5. (preglednica 7). Model je bil 17 dni prezgoden. Rezultati prvega pojava jajčec z uporabo modela SIMLEP 1 niso bili zadovoljivi, saj je bila razlika med napovedanimi in opazovanimi podatki prevelika.

Z modelom SIMLEP 3 smo natančno napovedali prvi pojav mladih ličink in starejših ličink (preglednica 8). V

obeh primerih je model pojav ličink napovedal 5 dni prezgodaj.

Preglednica 6: Simulacija (napoved) dnevov prvega pojava različnih razvojnih stadijev koloradskega hrošča z modelom SIMLEP 1 v letu 2008.

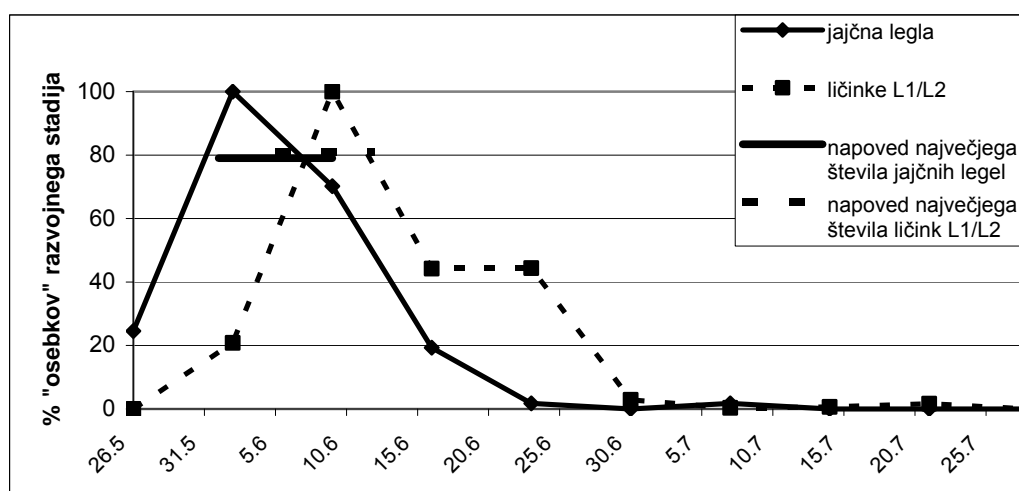
Razvojni stadij	Datum prvega pojava
Hrošči, ki so prezimieli	4.5.
jajčna legla	9.5.
ličinke L1/L2	20.5.
ličinke L3/L4	1.6.
mladi hrošči	25.6.

Preglednica 7: Prikaz vhodnih (meteoroloških) podatkov v model SIMLEP 1, simulacija modela in odstopanje dneva napovedi od dejanskega pojava jajčnih legel na njivi v letu 2008.

Meteorološka postaja	Ocenitev pred prvim pojavom jajčnih legel	Prvi pojav jajčnih legel na parceli	Simulacija SIMLEP1	Dnevi (pojav prvega pojava jajčnih legel – napoved)
Ljubljana	1.1.	26.5.	9.5.	17

Preglednica 8: Prikaz dejanskih in z modelom SIMLEP 3 napovedanih datumov pojava mladih (L1/L2) in starejših (L3/L4) ličink ter odstopanja med njimi v letu 2008.

Meteorološka postaja	Prvi pojav L1/L2 na njivi	Napoved prvega pojava L1/L2	Dnevi (prvi pojav L1/L2 – napoved)	Prvi pojav L3/L4 na njivi	Napoved prvega pojava L3/L4	Dnevi (prvi pojav L3/L4 – napoved)
Ljubljana	2.6.	28.5.	5	9.6.	4.6.	5



Slika 6: Prikaz napovedanega največjega števila izleženih jajčnih legel in mladih ličink z modelom SIMLEP 3 v letu 2008.

Preglednica 9: Prikaz dejanskih in napovedanih datumov (začetnih ter končnih) največjega števila jajčnih legel in mladih ličink po modelu SIMLEP 3 v letu 2008.

	Rezultat - štetje		Napoved	
	začetni datum	končni datum	začetni datum	končni datum
največje število jajčnih legel	1.6.	7.6.	1.6.	9.6.
največje število ličink L1/2	8.6.	12.6.	5.6.	12.6.

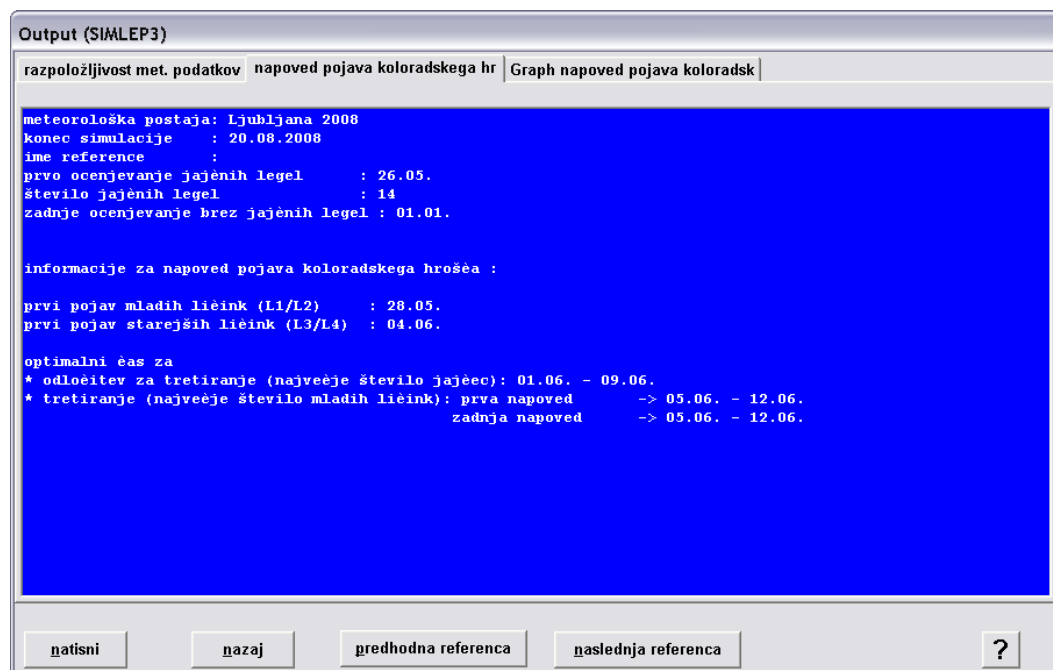
Preglednica 10: Ocena natančnosti napovedi dnevoev pojava največjega števila jajčnih legel in mladih ličink z modelom SIMLEP 3 v letu 2008.

	Ocenitev - napoved		Ocenitev - napoved	
	začetni datum	končni datum	začetni datum	končni datum
največje število jajčnih legel	0	(+)	-2	(+)
največje število ličink L1/2	3	(+)	0	(+)

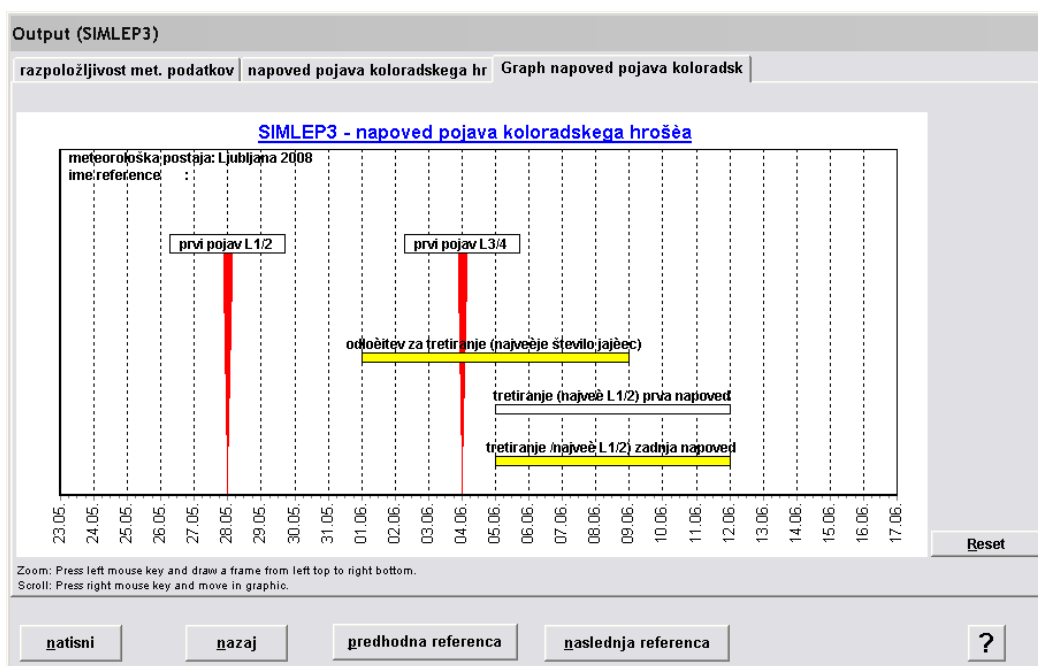
Legenda natančnosti napovedi: (+) zelo dobra [od 0 do ≤ 4 dni], (o) dobra [od 4 do ≤ 7 dni], (-) slaba [nad 7 dni]

Model SIMLEP 3 je zelo dobro ocenil čas začetka in konca pojava največjega števila jajčnih legel in mladih ličink (preglednici 9 in 10). Dejanski podatki kažejo na pojav največjega števila jajčnih legel med 1.6. in 7.6., medtem ko je model napovedal čas med 1.6. in 9.6. Največje število mladih ličink smo na njih ugotovili v obdobju od 8.6. do 12.6., medtem ko je model za ta pojav napovedal čas med 5.6. in 12.6.

Odstotek jajčnih legel se je od 26.5. do 2.6. vsak naslednji dan povečal za 10,8 %, v dneh od 2.6. do 9.6. pa se je vsak dan zmanjšal za 4,3%. Odstotek največjega števila mladih ličink se je od 2.6. do 9.6. vsak naslednji dan povečal za 11,3 %, od 9.6. do 16.6. pa se je vsak naslednji dan zmanjšal za 8,0 %.



Slika 7: Računalniški prikaz vhodnih in izhodnih podatkov modela SIMLEP 3 v letu 2008.



Slika 8: Grafični prikaz napovedanega prvega pojava mladih in starejših ličink koloradskega hrošča z modelom SIMLEP 3 na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani v letu 2008 z napovedjo obdobja za optimalni čas tretiranja z insekticidi.

Model SIMLEP 3 je prvi pojav mladih ličink napovedal za 28.5., prvi pojav starejših ličink pa za 4.6. (sliki 7 in 8). Zgornja vodoravna črta na sliki 8 prikazuje čas odločanja za tretiranje koloradskega hrošča z insekticidi (čas namenjen izbiri ustreznega škropiva idr., ki je v omenjenem primeru od 1.6. do 9.6.), srednja črta (prva

napoved) in spodnja črta (zadnja napoved), ki označujeta obdobje od 5.6. do 12.6., pa napovedujeta obdobji z največjo številčnostjo mladih in starejših ličink in sta hkrati najustreznejša termina za uporabo insekticidov.

5 RAZPRAVA Z ZAKLJUČKI

Model SIMLEP 1 v obeh letih raziskave ni zadovoljivo napovedal prvega pojava različnih razvojnih stadijev koloradskega hrošča. Razlike med napovedanimi in dejanskimi podatki so bile precejšnje: v letu 2007 je namreč ta model pojav jajčnih legel napovedal 15 dni prezgodaj, v letu 2008 pa 17 dni prezgodaj. Ker se je ta model tudi v našem preliminarnem poskusu v letu 2006 izkazal za premalo natančnega (33 dni prezgodnja napoved prvega pojava jajčnih legel) (Kert, 2007) sklepamo, da v razmerah osrednje Slovenije njegova uporaba ni priporočljiva. Ena od možnosti za njegovo premalo natančno napoved je lahko tudi v morebitnem dejstvu, da so se prva jajčna legla na preučevani parceli in tudi v širšem območju raziskave pojavila teden ali celo več dni prej, model pa je namenjen za regionalno napoved.

Zelo dobre rezultate pa smo z uporabo modela SIMLEP 3 tako v letu 2007 kot tudi v letu 2008 dobili pri

napovedi prvega pojava mladih ličink; v letu 2007 je bila ta 2 dni prepozna, v letu 2008 pa 5 dni prezgodnja. Prvi pojav starejših ličink je isti model v prvem letu raziskave napovedal le 4 dni prezgodaj, v drugem letu raziskave pa 5 dni prezgodaj.

Zelo dobre rezultate smo z uporabo modela SIMLEP 3 dobili pri napovedi pojava največjega števila jajčnih legel in mladih ličink. V letu 2008 se je namreč napovedani interval tega obdobja pokrival z intervalom dejanskega pojava na polju. V letu 2007 je bila ocena natančnosti napovedanega intervala, pridobljenega z omenjenim modelom, dobra do zelo dobra in se je od dejanskih dni razlikovala od 3 do 7 dni. V letu 2008 je bila ocena natančnosti napovedanega intervala celo zelo dobra, saj se je od dejanskih dni razlikovala od 0 do 3 dni. Za model SIMLEP 3 zato ocenjujemo, da lahko dovolj natančno napove najpomembnejše

razvojnega stadija koloradskega hrošča in s tem ustrezen čas aplikacije insekticidov tudi v Sloveniji.

Model SIMLEP, ki ima korenine v nekdanji Nemški demokratični republiki (Kurth, 1984; Spaar in Ebert, 1985), je bil doslej preizkušan v več evropskih državah; v Nemčiji, Avstriji, Italiji in na Poljskem. V približno 90 % poskusov je model SIMLEP 3 natančno napovedal obdobje največjega odlaganja jajčec in pojav mladih ličink, ki sta najustreznejši obdobji za poljsko ocenjevanje in aplikacijo insekticidov. V kmetijsko prakso je bil doslej uveden v Nemčiji, Avstriji in na vzhodu Poljske (Jörg *et al.*, 2007).

Uporaba modela SIMLEP 3 je pomembna zaradi izboljševanja učinkovitosti zatiranja koloradskega hrošča. Z njegovo uporabo je namreč mogoče ločeno zatirati koloradskega hrošča in krompirjevo plesen (*Phytophthora infestans* [Mont.] de Bary). Pred tem so insekticide in fungicide na rastline večkrat nanašali hkrati, s tem modelom pa je mogoče insekticide za potrebe zatiranja koloradskega hrošča uporabiti že prej (10-14 dni pred aplikacijo fungicidov).

Učinkovitost delovanja konvencionalnih in biotičnih insekticidov je s takšno aplikacijo veliko večja, saj se jih nanaša v času pojava najbolj občutljivega razvojnega stadija škodljivca - mladih ličink (Wojtowicz in Jörg, 2006). Na ta način bodo kmetje smotrneje uporabljali insekticide, njihova učinkovitost pa bo večja. Velika prednost uporabe modela SIMLEP 3 je tudi natančnost napovedi, saj se z njim zmanjša potreba po večkratnem pregledovanju njiv, kar vpliva na bolj gospodarno pridelavo krompirja. Optimalni čas aplikacije insekticidov in ustrezna odločitev o vrsti pripravka in njegovem nanosu ob ustreznem času lahko tudi pomembno vpliva na zmanjšanje odpornosti koloradskega hrošča na insekticide. Ker so nekatere populacije omenjenega škodljivca pridobile odpornost na insekticide tudi v Sloveniji (Trdan, še neobj.), uporaba okoljsko sprejemljivejših insekticidnih pripravkov za njegovo zatiranje (Trdan *et al.*, 2007) pa je pri nas še v povojih, smo prepričani, da tudi uporaba modela SIMLEP 3 lahko pomembno pripomore k učinkovitejšemu in gospodarnejšemu zatiranju škodljivca na krompirju.

6 ZAHVALA

Rezultati, predstavljeni v tem prispevku, so nastali na pobudo dr. Ericha Jörga, nekdanjega direktorja inštitucije ZEPP iz kraja Bad Kreuznach (Nemčija). Posebna zahvala gre tudi njegovim kolegom (dr. Benno Kleinhenz, dr. Paolo Racca, Kristina Falke, Barbara Kiel, Uwe Preiß), ki so nam med bivanjem v Nemčiji

namenili veliko njihovega službenega in zasebnega časa. Za posredovanje meteoroloških podatkov se zahvaljujemo Agenciji RS za okolje, za tehnično pomoč pri poljskem poskusu pa Aleksandru Bobnarju, mag. Draganu Žnidarčiču in mag. Filipu Vučajniku.

7 VIRI

- Jörg, E. (1998): Colorado Potato Beetle Control – Loss of Insecticide Efficacy. *Kartoffelbau* 49: 172-174 (v nemščini).
- Jörg, E., Beck, W. (2000): Yield losses caused by the Colorado Potato Beetle and its control. *Kartoffelbau*, 51: 202-204 (v nemščini).
- Jörg, E., Racca, P., Preiß, U., Butturini, A., Schmiedl, J., Wójtowicz, A. (2007): Control of Colorado potato beetle with the SIMLEP decision support system. *Bull. OEPP/EPPO Bull.*, 37: 353-358.
- Jörg, E., Węgorek, P., Racca, P. (2003): Colorado Potato Beetle – insecticide resistance in Germany and Poland. *Kartoffelbau* 54: 235-237 (v nemščini).
- Kert, J. (2007): Preizkušanje ustreznosti nemškega prognostičnega modela SIMLEP. Dipl. delo, Univ. Ljublj., Bioteh. fak., Oddel. agron.: 36 str.
- Kurth, H. (1984): A model simulating the population dynamics of the Colorado beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). Conception and ecological principles of SIMLEP. *Beitr. Entomol.*, 34: 159-166 [v nemščini].
- Langenbruch, G. A. (1992): Experiences with *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* in controlling the Colorado potato beetle. *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Entomol.*, 8: 193-195.
- Preiß, U., Racca, P., Jörg, E. in Węgorek, P. (2004): Development of insecticide resistance of Colorado Potato Beetle. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land Forstwirtschaft.*, 396: 188 (v nemščini).
- Pruszyński, S., Węgorek, P. (1991): Control of Colorado beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) in Poland. *Bull. OEPP/EPPO Bull.* 21, 11-16.
- Roßberg, D., Jörg, E., Kleinhenz, B. (1999): SIMLEP2 – a model for plot-specific forecast of Colorado Potato Beetle. *Nachrblatt. Dtsch. Pflanzenschutzd.* 51: 81-87 (v nemščini).

- Spaar, D., Ebert, W. (1985): Monitoring and forecasting in plant protection in the German Democratic Republic. Bull. OEPP/EPPPO Bull., 15: 299-310.
- Stanković, S., Zabel, A., Kostić, M., Manojlović, B., Rajković, S. (2004): Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) resistance to organophosphates and carbamates in Serbia. J. Pest Sci., 77: 11-15.
- Trdan, S., Cirar, A., Bergant, K., Andjus, Lj., Kač, M., Vidrih, M., Rozman, L. (2007): Effect of temperature on efficacy of three natural substances to Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). Acta Agric. Scand. Sect. B – Soil Plant Sci., 57: 293-296.
- Wachowiak, H., Mrowczynski, M., Pruszyński, G. (2006): Colorado beetle still a menace. Ochr. Rosl., 51: 25-28.
- Wegorek, P., Pruszyński, S., Pawinska, M., Przybysz, A. (2003): Susceptibility level of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) to some pyrethroids and nereistoxin derivative (bensultap) insecticides in Poland in 2002. Resist. Pest Manag. Newsl., 12: 56-59.
- Wojtowicz, A., Jörg, E. (2006): Validation and usefulness of Colorado potato beetle development simulations, performed by the system SimLep 3. Biul. Inst. Hod. Aklim. Rosl., 242: 217-224.
- Zehnder, G., Vencill, A.M., Speese, J., III. (1995): Action thresholds based on plant defoliation for management of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in potato. J. Econ. Entomol., 88: 155-161..