

LIPIN MOLJAC MINER (*PHYLLONORYCTER ISSIKII*) U SLOVENIJI

THE LIME LEAFMINER (*PHYLLONORYCTER ISSIKII*) IN SLOVENIA

Maja JURC¹

Sažetak:

Rad donosi najnovije podatke o rasprostranjenosti i domaćinima lipinog moljca минера *Phyllonorycter issikii*: u Aziji je autohton u trima, u Europi se raširio u 20 država. Domaćini su u području rasprostranjenosti moljca domaće vrste lipa (*Tilia* spp.), u Europi su domaćini uz domaće lipe i njihovi hibridi, isto tako i egzotične vrste lipa. U Sloveniji je otkriven godine 2006. U razdoblju od 2007.–2008. godine provedeno je istraživanje napadnutosti različitih vrsta roda *Tilia* (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *T. tomentosa*, *T. sp.1*, *T. sp. 2*) u šest ekoloških regija na 22 lokaliteta urbanog prostora. Ukupno smo analizirali 918 listova, a mjerenje svojstava lišća provedeno je skeniranjem i izračunom programom Digi-mizer 3.0.0.0., MedCalc Software. Lipin moljac raširen je na području cijele Slovenije. Oštećenost lišća, odnosno gustoća populacije moljca bila je najveća u Predalpskoj, Predpanonskoj i Alpskoj ekološkoj regiji. Mine su najveće u Predalpskoj, Alpskoj i Predpanonskoj ekološkoj regiji. Od autohtonih lipa na prvom je mjestu po oštećenosti *T. cordata* (91,47 %) slijedi *T. platyphyllos* (21,72 %), onda *T. tomentosa* (0,41 %). Daleko najveća oštećenost javlja se na hibridnoj lipi *T. sp. 1* (512,50 %). Oštećenost lišća bila je u razdoblju istraživanja visoka i u prosjeku je iznosila 87,80 %; godine 2007. iznosila je 116,3 %, a godine 2008. 66,5 %. Površina mina na lišću bila je veća u 2007. nego u 2008. godini (39 mm² u odnosu na 21,4 mm²). Pretpostavljamo da se lipin moljac pojavio u Sloveniji prije 2006. godine, imajući u vidu rasprostranjenost vrste na cijelom području. Zbog relativno velike oštećenosti lišća domaćina, predstavlja značajnog štetnika vrsta roda *Tilia* u parkovima i park-šumama urbanih područja.

KLJUČNE RIJEČI: *Phyllonorycter issikii*; *Tilia* spp.; Europa; Slovenija

Uvod

Introduction

Biološke invazije stranih vrsta – Biological Invasion of non-native Species

Biološke invazije stranih vrsta postaju važan čimbenik globalne promjene u okolišu i njihov rezultat često su značajni ekonomski gubici, gubici bioraznolikosti i disfunkcija napadnutih ekosustava. Mnoge strane vrste, koje su bile unijete u zadnjih 200 godina, dobro su se prilagodile i stabilizirale u Europi (Mattson *et al.* 2007), gdje je prisutno oko 11.000 stranih vrsta biljaka, životinja i gljiva. Beskralješnjaka je 1541 vrsta, 94 % su člankonožci (Arthropoda), 90 % njih predstavljaju kukci (1303 vrsta) (Hulme *et al.* 2009). Među kukcima je do 2007. utvrđeno 109 vrsta invazivnih fitofagnih vrsta, koji su se udomaćili u europskim šumama. Podrijetlom su iz Sjeverne

Amerike (57 vrsta) i iz Azije (52 vrste) (Mattson *et al.* 2007). Do danas se je taj broj povećao, jer se prosječno godišnje u Europu unese 17,5 novih vrsta kukaca (Roques *et al.* 2009, Matošević i Pernek 2011). Jedna od tih azijskih vrsta je lipin moljac miner *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera: Gracillariidae) koji se naglo širi po Europi, a posebice napada lipe (*Tilia* spp.).

Rasprostranjenost i domaćini lipinog moljca minera – The distribution of The Lime Leafminer

Lipin moljac miner je istočnoazijska vrsta, koja se razvija na biljkama domaćinima iz redova Malvales i Fagales, preferirajući domaćine roda lipa (*Tilia*). Lipin moljac ima raspon krila od 7 do 7,5 mm (slika 1).

Moljac ima dvije generacije godišnje, prezimi kukuljica i odrasli moljci. Moljci prve generacije pojave se na deblima lipe sre-

¹ Prof. dr. sc. Maja Jurc, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Jamnikarjeva 101, Ljubljana, Slovenija, maja.jurc@bf.uni-lj.si



Slika 1. Invazivni lipin moljac miner (*Phyllonorycter issikii*) ima raspon krila od 7 do 7,5 mm (slike M. Jurc)

Figure 1 Alien lime leafminer (*Phyllonorycter issikii*) has across the wingspan of 7.0 to 7.5 mm

dinom svibnja, kada je srednja temperatura zraka oko 10 °C. Razvoj prve generacije traje do sredine lipnja, druga generacija je u kolovozu–rujnu. Ženka odlaže jajašca pojedinačno na donju stranu lista, embrionalni razvoj traje dva tjedna, prvi larvalni stadij se uvlači u list oblikujući serpentinastu minu, sljedeći oblikuje donjopovršinsku šatorastu minu u koju inkorporira inicijalni serpentinasti rov. Gusjenice se presvlače četiri puta. Gusjenice stvaraju relativno velika oštećenja – mine na donjoj, a u slučaju velike populacije rjeđe i na gornjoj strani lista (Šefrova 2002, Ermolaev i Motoshkova 2008) (slika 2, slika 3, slika 4).



Slika 2. Mina s gusjenicom

Figure 2 Chambers with larva



Slika 3. Mina s kukuljicom

Figure 3 Chamber with pupa

Na kraće udaljenosti širi se letenjem, a na veće udaljenosti prijenosom jaja, gusjenica i kokona, s napadnutim biljnim materijalom ili otpalim lišćem (Ermolaev i Motoshkova 2008).

Podrijetlom je iz istočne Azije (Japan, Koreja) i u prirodnom staništu dolazi na pet vrsta lipa: *Tilia japonica* Simonkai, *T. maximowicziana* Shirasawa, *T. kiusiana* Makino et Shirasawa, *T. amurensis* Rupr. i *T. mandshurica* Rupr. Moljac je opisan na primjerku s otoka Hokkaidō (nađen i na otocima Kyūshū i Honshū) u Japanu, gdje se hrani na *T. japonica*, *T. maximowicziana* i *T. kiusiana*, također na *Betula platyphylla* Sukacz. = *B. pendula* Roth. (Kumata 1963). Prvi nalaz u azijskom dijelu Ru-



Slika 4. Oštećeno lišće, *T. platyphillos*, 24.9.2011, Jesenkova pot, Ljubljana

Figure 4 Damaged leaves, *T. platyphillos*, 24th of September, 2011, Jesenkova pot, Ljubljana

sije bio je godine 1977. u Primorskom kraju gdje se hrani na *T. amurensis* i *T. mandshurica* (Ermolaev 1977). Godine 1983. nađen je u Koreji i kasnije u zapadnoj Kini (Kumata *et al.* 1983, Noreika 1994).

Lipin moljac miner je vjerojatno unesen u istočnu Europu oko 1970. godine, domaćini su *T. cordata* Mill., *T. platyphyllos* Scop. i introducirane ukrasne lipe i hibridi kao npr. *Tilia x eu-chlora* K. Koch (Buszko *et al.* 2000). Njegov domaćin u jugoistočnoj Europi je *T. tomentosa* Moench (Lehmann i Stuebner 2004). U europskom dijelu Rusije najprije je pronađen 1982. godine u provinciji Uljanovsk, gdje se razvijao na *T. cordata* Mill. (Yefremova i Mishchenko 2008). Godine 1985. bio je otkriven na zelenim površinama Moskve (Bednova i Belov 1999), godine 1987. nađen je u regijama Voronezh, Samara, Ufa i Kijevu u Ukrajini (Kozlov 1991, Kozlov i Koricheva 1991). Godine 1999. slijede otkrića moljca u Izhevsku i 2002. u St. Petersburgu (Ermolaev i Motoshkova 2008). Krajem 20. i početkom 21. stoljeća područje rasprostranjenosti lipinog moljca minera u Europi znatno se proširilo i od 1996. uključuje jugoistočnu Poljsku (Šefrova 2002), od 1997. Litvu (Noreika 1998), od godine 1998. Bjelorusiju i Letoniju (Šefrová 2002) te Estoniju (NPPO of Estonia 2003–10). Godine 2000. bio je pronađen u Češkoj pored Brna, Slovačkoj, sjevernoj Austriji (Essl i Rabitsch 2002), sjevernoj Mađarskoj (Šefrová 2002) te 2002. u Finskoj (Kullberg *et al.* 2002). Godine 2002. bio je otkriven na *T. cordata* i u istočnim područjima Njemačke (Sachsen i Brandenburg). Budući da područja prisutnosti moljca u Njemačkoj graniče s Češkom, gdje je moljac isto tako prisutan, pretpostavlja se da se u Njemačku proširio iz Češke (EPPO 2003). Iz Rumunjske izvještavaju o nalazu lipinog moljca minera 2002. godine na *T. cordata* u dva okruga (okrug Iasi i Bacau), godine 2003. moljac se proširio na novu lokaciju u okrugu Bacau (Ureche 2006). Za Italiju postoje podaci o uzor-

cima lipinog moljca minera za molekularne analize (Lopez-Vaamonde *et al.* 2012). Prvi nalaz u Hrvatskoj je zabilježen godine 2005. u Zagrebu na Tuškancu na *Tilia* sp. (Matošević 2007). U Sloveniji je nađen u kolovozu 2006. u park-šumi na Rožniku (Ljubljana) na *T. cordata* (Jurc 2011) i iste godine u listopadnoj šumskoj zajednici s lipom kod Kranja (osobna komunikacija, S. Gomboc). U Bugarskoj je prvi nalaz moljca zabilježen u ljeto 2006. u sjeveroistočnom području, nekoliko mina je bilo prikupljeno u rezervatu Derviš i u Sofiji (Tomov 2007). U kolovozu 2009. bio je otkriven u području Muttenz u regiji Bazel u Švicarskoj. U srednjoj Europi domaćini su uglavnom *T. cordata*, *T. platyphyllos* i njihovi križanci, a pojavljuje se i na *T. americana* i *T. tomentosa* (Wermelinger 2011). Lipin moljac miner preferira mlada stabla i sjenovite dijelove krošnja u drvoredima i parkovima, ali i drveće u blizini gradova (Šefrová 2002, Wermelinger 2011). U rujnu 2009. moljac je bio zabilježen na lokaciji South Limburg u Nizozemskoj (Muus i Zwier 2009).

Cilj ovoga rada je utvrditi rasprostranjenost lipinog moljca minera u Sloveniji i istražiti imaju li lokaliteti, ekološke regije, vrste domaćina i godine utjecaj na gustoću populacije moljca, na oštećenost lišća te broj i površinu mina na lišću biljke domaćina.

Materijal i metode

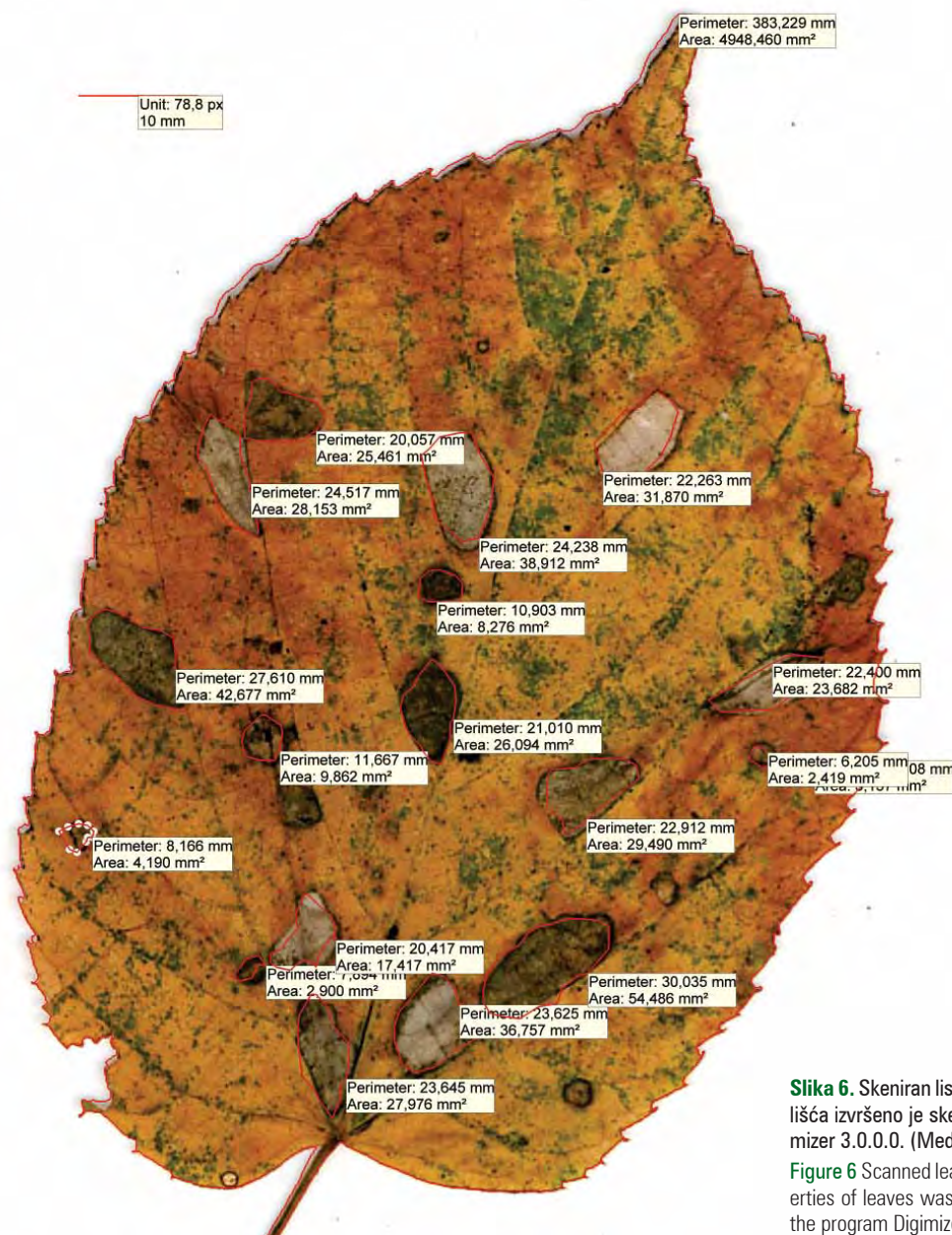
Material and methods

Istraživanje moljca provedeno je na 22 lokacije urbanog prostora (parkovi i park-šume) u svim ekološkim regijama u Sloveniji (Alpska, Predalpska, Predpanonska, Submediteranska, Preddinarska, Dinarska) u 2007. i 2008. godini (datumi skupljanja materijala: 9., 12., 13. listopada; 2. studenog 2007. godine; 14., 22., 27., 28. listopada i 3. studenog 2008. godine) (slika 5).



Slika 5. Istraživanje lipinog moljca provedeno je na 22 lokacije urbanog prostora u svim ekološkim regijama u Sloveniji u 2007. i 2008. godini.

Figure 5 Research on *Ph. issikii* was conducted at 22 sites in urban areas in all ecological regions in Slovenia in 2007 and 2008



Slika 6. Skeniran list *T. sp.1* s minama – mjerjenje svojstava lišća izvršeno je skeniranjem i izračunom programom Digi-mizer 3.0.0.0. (MedCalc Software, Belgija)

Figure 6 Scanned leaf of *T. sp.1* with mines – measuring properties of leaves was done by scanning and calculations with the program Digimizer 3.0.0.0. (MedCalc Software, Belgium)

Na svim lokacijama detaljno smo pregledali veći broj stabala lipe i izdvojili modelno stablo s kojega smo iz donjega dijela krošnje (do 2m visine) odrezali granu, sve listove sa svake grane na terenu označili smo i herbarizirali. Analizirana su sljedeća svojstva: (1) površina mina na listu (mm²), (2) broj mina na listu i (3) oštećenost lišća (%) (broj miniranog lišća u odnosu na broj lišća na grani), što također odgovara gustoći populacije moljca (broju mina na 100 listova). Obrada podataka s lišća (površine lista i površine mina na listu) provedena je skeniranjem i izračunom programom Digimizer 3.0.0.0. (MedCalc Software, Belgija) (slika 6).

Statistička obrada uključila je skup od više tisuća brojčanih podataka. Za svako svojstvo (karakteristiku) provjereni su osnovni statistički parametri i njihove pogreške, histogrami i normalna raspodjela. Nakon $\log_{10}(x+1)$ transformacije varijable su poka-

zale normalnu raspodjelu ($P>0.05$, c^2 -test) i bile su podvrgnute parametarskom testu (dvo faktorska ANOVA). Korišten je program Statgraphics Centurion XVI (Statistical Graphics Corporation, USA). U statističkoj obradi podataka krenuli smo od hipoteze da između aritmetičkih sredina uzoraka lokacija, ekoloških regija, vrsta domaćina i godina nema statistički značajnih razlika za promatrana svojstva ($P>0.05$).

Rezultati Results

Rezultati analize lišća modelnog drveća na svim lokalitetima i za cijelo razdoblje istraživanja prikazani su u Tablici 1.

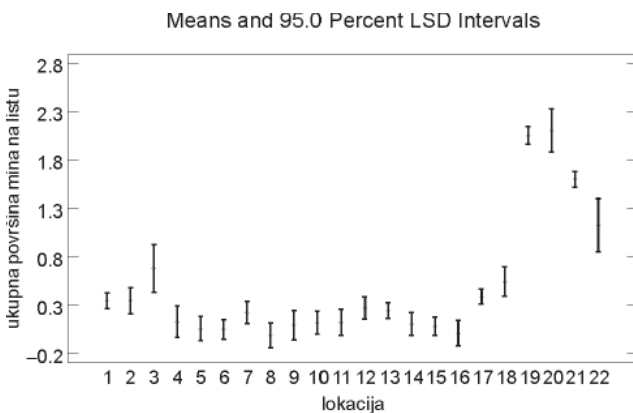
Lipin moljac miner raširen je na području cijele Slovenije. Ustanovili smo da je oštećenost lišća, odnosno gustoća popu-

Tablica 1. Osnovni izmjereni parametri (broj analiziranih listova, prosječna površina lista, ukupan broj mina, prosječna veličina mine), 2007. i 2008. godina, za sve ekološke regije u Sloveniji po vrstama domaćina

Table 1 Basic host tree parameters (number of analysed leaves, average leaf area, total number of mines, the average size of mine), 2007 and 2008, for all ecological regions, Slovenia

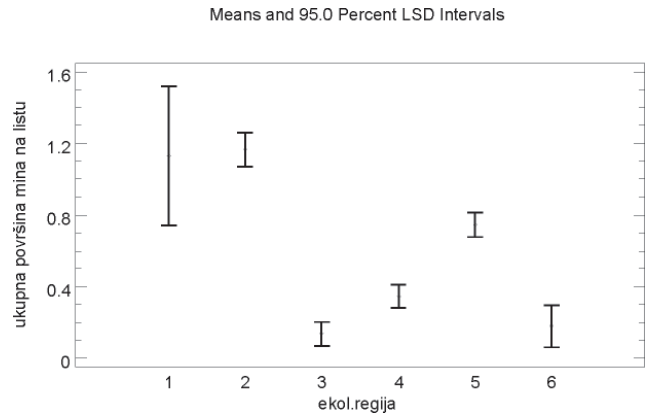
vrsta/takson (species/taxa)	broj lokacija uzimanja uzorka (number of sampling locations)	broj analiziranih listova (number of analysed leaves)	prosječna površina lista/mm ² (average leaf area/mm ²)	cjelokupan broj mina (total number of mines)	prosječna veličina mine/mm ² (average size of mine/mm ²)
<i>Tilia cordata</i>	11	434	8949	397	33.84
<i>T. platyphyllos</i>	6	290	15470	63	29.01
<i>T. tomentosa</i>	3	107	14189	9	27.04
<i>T. sp.1</i>	1	64	15287	328	32.26
<i>T. sp.2</i>	1	23	26115	9	28.18
Total	22	918	/	806	30.07

lacije moljaca bila najveća u Predalpskoj, Predpanonskoj i Alpskoj ekološkoj regiji, mine su najveće u Predalpskoj, Alpskoj i Predpanonskoj ekološkoj regiji. Od domaćih vrsta lipa je po oštećenosti na prvom je mjestu *Tilia cordata* (91,47 %), slijedi *T. platyphyllos* (21,72 %), onda *T. tomentosa* (0,41 %). Daleko najveća oštećenost javlja se na hibridnoj lipi *T. sp.1* (512,50 %). Oštećenost lišća bila je u razdoblju istraživanja visoka i u pro-



Slika 7. Aritmetička sredina i standardna pogreška aritmetičke sredine* za površinu mina na listu za lokalitete. * $\log_{10}(x + 1)$ transformirani originalni podaci. Lokalitete: (1) Ajdovščina, (2) Beržice, (3) Črniče, (4) Dobravlje, (5) Gerečja vas, (6) GIS-Ljubljana, (7) Krško, (8) Ljutomer, (9) Mokronog, (10) Novo mesto, (11) Ribnica, (12) Rožna dolina, (13) Straža, (14) Šempas, (15) Šmarjeta, (16) Trebnje, (17) Turjak, (18) Željne, (19) Vrt oddelka-Ljubljana, (20) Pernica, (21) Ižakovci i (22) Blejska dobrava.

Figure 7 The arithmetic mean and standard error of the arithmetic mean* of the surface mine to the leaf of sites. * $\log_{10}(x + 1)$ transformed the original data. Localities: (1) Ajdovščina, (2) Beržice, (3) Črniče, (4) Dobravlje, (5) Gerečja vas, (6) GIS-Ljubljana, (7) Krško, (8) Ljutomer, (9) Mokronog, (10) Novo mesto, (11) Ribnica, (12) Rožna dolina, (13) Straža, (14) Šempas, (15) Šmarjeta, (16) Trebnje, (17) Turjak, (18) Željne, (19) Vrt oddelka-Ljubljana, (20) Pernica, (21) Ižakovci i (22) Blejska dobrava.



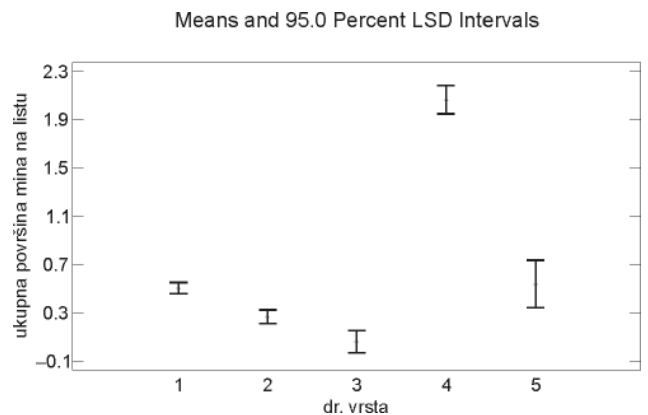
Slika 8. Aritmetička sredina i standardna pogreška aritmetičke sredine* za površinu mina na listu za ekološke regije. * $\log_{10}(x + 1)$ transformirani originalni podaci. Ekološke regije: (1) Alpska, (2) Predalpska, (3) Preddinarska, (4) Dinarska, (5) Predpanonska i (6) Submediteranska.

Figure 8 The arithmetic mean and standard error of the arithmetic mean* of the surface mine to the leaf of ecological regions. * $\log_{10}(x + 1)$ transformed the original data. Ecological regions: (1) Alpine (2) Pre-alpine, (3) Pre-dinaric, (4) Dinaric, (5) Pre-panonic and (6) Sub-mediterranean.

sjeku je iznosila 87,80 %; godine 2007. iznosila je 116,3 %, a godine 2008. 66,5 %. Površina mina na lišću bila je veća u 2007. godini nego u 2008. godini (39,3mm² u odnosu na 21,4 mm²).

Rezultati istraživanja pokazali su da postoje statistički značajne razlike između lokacija u odnosu na površinu mina na listu (slika 7). Najveću površinu mina na lišću pokazuju lokacije 19, 20 i 21.

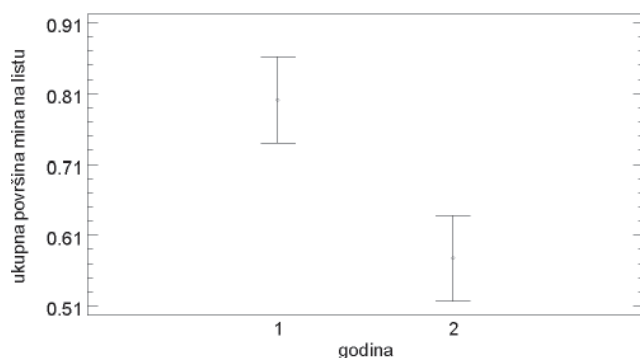
Postoje statistički značajne razlike između ekoloških regija u odnosu na površinu mina na listu (slika 8). Po većoj površini mina na listu izdvajaju se Predalpska (92,2 mm²) i Alpska regija (59,6 mm²).



Slika 9. Aritmetička sredina i standardna pogreška aritmetičke sredine* za površinu mina na listu za drvenaste vrste. * $\log_{10}(x + 1)$ transformirani originalni podaci. Drvenaste vrste: (1) *T. cordata*, (2) *T. platyphyllos*, (3) *T. tomentosa*, (4) *T. sp.1* i (5) *T. sp.2*.

Figure 9 The arithmetic mean and standard error of the arithmetic mean* of the surface mine to the leaf of woody species. * $\log_{10}(x + 1)$ transformed the original data. Woody species: (1) *T. cordata*, (2) *T. platyphyllos*, (3) *T. tomentosa*, (4) *T. sp. 1* and (5) *T. sp. 2*.

Means and 95.0 Percent LSD Intervals



Slika 10. Aritmetička sredina i standardna pogreška aritmetičke sredine* za površinu mina na listu za godine. * $\log_{10}(x+1)$ transformirani originalni podaci. Godine: (1) 2007., (2) 2008.

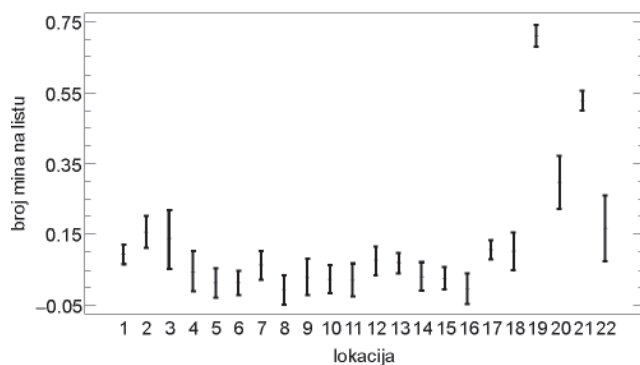
Figure 10 The arithmetic mean and standard error of the arithmetic mean* of the surface mine to the leaf for years. * $\log_{10}(x+1)$ transformed the original data. Years: (1) 2007., (2) 2008.

Postoje statistički značajne razlike između drvenastih vrsta u odnosu na površinu mina na listu (slika 9). Po većoj površini mina na listu izdvaja se vrsta 4 (*T. sp.1*) (165,3 mm²).

Postoje statistički značajne razlike između godina u odnosu na površinu mina na listu. Površina mina na listu veća je 2007. u odnosu na 2008. godinu (slika 10).

Postoje statistički značajne razlike između lokacija u odnosu na broj mina na listu. Po većem broju mina na listu izdvajaju se lokaliteti 19 i 21 (5,1 i 3,9) (slika 11).

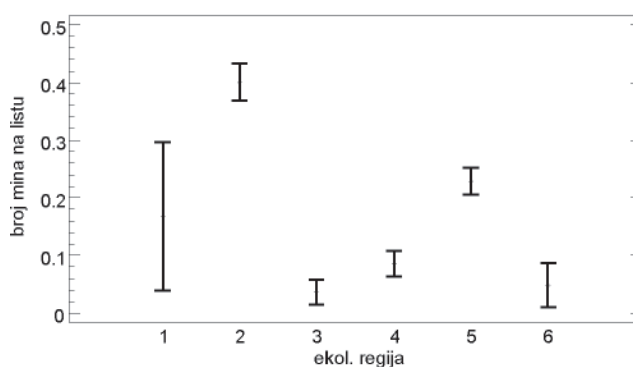
Means and 95.0 Percent LSD Intervals



Slika 11. Aritmetička sredina i standardna pogreška aritmetičke sredine* za broj mina na listu za lokalitete. * $\log_{10}(x+1)$ transformirani originalni podaci. Lokaliteti: (1) Ajdovščina, (2) Beržice, (3) Črniče, (4) Dobravlje, (5) Gerečja vas, (6) GIS-Ljubljana, (7) Krško, (8) Ljutomer, (9) Mokronog, (10) Novo mesto, (11) Ribnica, (12) Rožna dolina, (13) Straža, (14) Šempas, (15) Šmarjeta, (16) Trebnje, (17) Turjak, (18) Željne, (19) Vrt oddelka-Ljubljana, (20) Pernica, (21) Ižakovci i (22) Blejska dobrava.

Figure 11 The arithmetic mean and standard error of the arithmetic mean* the number of mines on the leaf of sites. * $\log_{10}(x+1)$ transformed the original data. Localities: (1) Ajdovščina, (2) Beržice, (3) Črniče, (4) Dobravlje, (5) Gerečja vas, (6) GIS-Ljubljana, (7) Krško, (8) Ljutomer, (9) Mokronog, (10) Novo mesto, (11) Ribnica, (12) Rožna dolina, (13) Straža, (14) Šempas, (15) Šmarjeta, (16) Trebnje, (17) Turjak, (18) Željne, (19) Vrt oddelka-Ljubljana, (20) Pernica, (21) Ižakovci i (22) Blejska dobrava.

Means and 95.0 Percent LSD Intervals



Slika 12. Aritmetička sredina i standardna pogreška aritmetičke sredine* za broj mina na listu za ekološke regije. * $\log_{10}(x+1)$ transformirani originalni podaci. Ekološke regije: (1) Alpska, (2) Predalpska, (3) Preddinarska, (4) Dinarska, (5) Predpanonska i (6) Submediteranska.

Figure 12 The arithmetic mean and standard error of the arithmetic mean* the number of mines on the leaf of ecological regions. * $\log_{10}(x+1)$ transformed the original data. Ecological regions: (1) Alpine (2) Pre-alpine, (3) Pre-dinaric, (4) Dinaric, (5) Pre-panonic and (6) Sub-mediterranean.

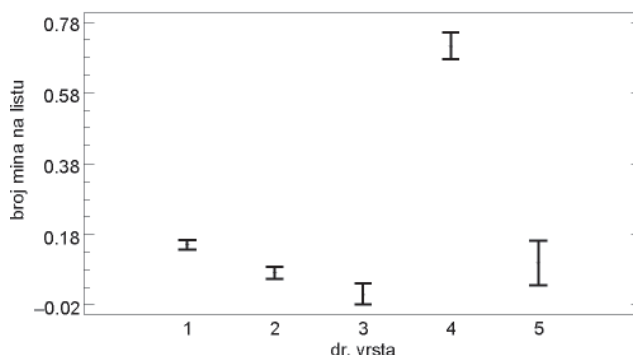
Postoje statistički značajne razlike između ekoloških regija u odnosu na broj mina na listu. Po većem broju mina izdvaja se Predalpska regija (2,9) (slika 12).

Postoje statistički značajne razlike između drvenastih vrsta u odnosu na broj mina na listu. Po većem broju mina izdvaja se vrsta 4 (*T. sp. 1*) (5,13) (slika 13).

Postoje statistički značajne razlike između godina u odnosu na broj mina na listu. Broj mina na listu veći je 2007. godine (slika 14).

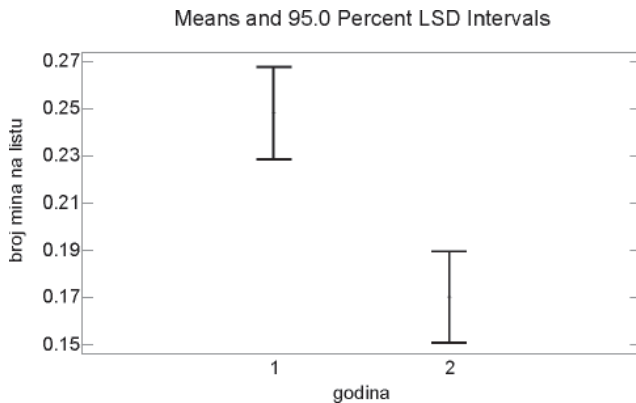
Oštećenost lišća, odnosno gustoća populacije moljaca najveća je na lokacijama 19 i 21 (512 % i 389 %). Također, najveća je u Predalpskoj i Predpanonskoj regiji (287 % i 155 %), posebice na vrsti 4 (*T. sp. 1*).

Means and 95.0 Percent LSD Intervals



Slika 13. Aritmetička sredina i standardna pogreška aritmetičke sredine* za broj mina na listu za drvenaste vrste. * $\log_{10}(x+1)$ transformirani originalni podaci. Drvenaste vrste: (1) *T. cordata*, (2) *T. platyphyllos*, (3) *T. tomentosa*, (4) *T. sp.1* i (5) *T. sp.2*.

Figure 13 The arithmetic mean and standard error of the arithmetic mean* the number of mines on the list of woody species. * $\log_{10}(x+1)$ transformed the original data. Woody species: (1) *T. cordata*, (2) *T. platyphyllos*, (3) *T. tomentosa*, (4) *T. sp.1* and (5) *T. sp.2*.



Slika 14. Aritmetička sredina i standardna pogreška aritmetičke sredine* za broj mina na listu za godine. * $\log_{10}(x+1)$ transformirani originalni podaci. Godine: (1) 2007, (2) 2008.

Figure 14 The arithmetic mean and standard error of the arithmetic mean* of the surface mine to the list for years. * $\log_{10}(x+1)$ transformed the original data. Years: (1) 2007., (2) 2008.

Rasprava Discussion

Pri istraživanju mehanizama bioloških udara i objašnjenju utjecaja pojedinih stranih invazivnih vrsta, treba uzeti u obzir globalne scenarije koji se bave biodiverzitetom i koji naglašavaju potencijalne dramatične promjene kao što su povećanje biotskih invazija u kopnene ekosustave u Europi. Interakcija između povišenog atmosferskog CO_2 , povećanja taloženja dušika, porasta temperature i ostalih promjenjivih ekoloških čimbenika i povećane fragmentacije staništa u budućnosti će ubrzati invazije stranih organizama. Moguća je i promjena u njihovom ponašanju i biologiji (Walther *et al.* 2009). Zbog toga treba posvetiti pozornost i vrstama koje trenutno nemaju veći ekonomski ili ekološki utjecaj na ekosustav, ali njihov utjecaj u budućnosti ne možemo ni procijeniti ni predvidjeti.

Opći je zaključak istraživača (Šefrová 2002, Matošević i Pernek 2011, Wermelinger 2011) da je lipin moljac miner invazivna vrsta u Europi; od godine 1982. kada je prvi puta objavljena prisutnost te vrste u europskom dijelu Rusije, proširila se na teritorij 20 europskih država. Prema rezultatima istraživanja mnogih europskih izraživača lipin moljac miner u početnim fazama napada ne izaziva značajnija oštećenja domaćina u urbanim područjima, ali ni u šumskim ekosustavima (Šefrová 2002, Buszko *et al.* 2000, Ureche 2006, Matošević 2007, Wermelinger 2011). Nakon naturalizacije počinju se pojavljivati veće štete na lipama. Na primjer, već su 1987. godine u regiji Voronezh u europskom dijelu Rusije ustanovili 70 % oštećenosti lišća lipa. Zaključili su da prisutnost velikog broja mina značajno reducira ukrasnu vrijednost i vitalnost drveća iz roda *Tilia* (EPP0 2003). Isto tako se u razdoblju od 2001–2005. godine u Izhevsku u Rusiji lipin moljac miner pojavljuje eksplozivno na vrstama *T. cordata* na rubu urbanog područja. Maksimalna veličina populacije (više od 10 mina/ listu) bila je ustanovljena u višeslojnim šumama sa prisutnošću lipe. Broj

mina je na pojedinim lipama krajem srpnja premašio 26 mina/ listu, što je jako deformiralo lišće (Ermolaev i Motoshkova 2008). U Sloveniji je lipin moljac otkriven 2006. i u tom razdoblju je bio raširen sporadično u park-šumi Rožnik u Ljubljani i u mješovitoj šumi s lipama u blizini Kranja (osobna komunikacija S. Gomboc). Visoka gustoća populacije zabilježena u razdoblju istraživanja u godinama 2007. i 2008.: najveća je bila u Predalpskoj (287 %) i Predpanonskoj (155 %) ekološkoj regiji, posebno na vrsti *T. sp.1*. Visoka gustoća populacije lipinog moljca minera je zabilježena na lokalitetima u Ljubljani (GIS-Ljubljana i Vrt oddelka-Ljubljana u Predalpskoj ekološkoj regiji), dakle tamo, gdje je miner bio otkriven. U Predpanonskoj regiji na lokacijama Pernica i Ižakovci je visoka gustoća populacije vjerojatno rezultat povoljnih ekoloških uvjeta za razvoj te vrste. Oštećenost lišća bila je veća u 2007. godini (116 %) nego u 2008. (66 %) godini. Isto tako je godine 2011. utvrđena visoka gustoća populacije lipinog moljca minera (krajem rujna bilo je zabilježeno preko 20 mina/ listu vrste *T. platyphyllos*) u Predalpskoj ekološkoj regiji (Park-šuma Jesenkova pot, Ljubljana) (Jurc 2011).

U ovom istraživanju lišće za analizu sakupljano je na donjim granama lipa s obzirom na rezultate istraživanja rasporeda mina na *T. cordata*, gdje se ističe da miner preferira donju trećinu krošnje (Bedova i Belov 1999). Zbog toga se može zaključiti da je napadnutost lišća lipa u prirodi manja nego što to pokazuju predstavljeni rezultati. Tijekom istraživanja zapazili smo relativno podjednaku distribuciju mina na lišću (slika 6). Do sličnih rezultata došli su i drugi istraživači lisnih minera (Ermolaev i Motoshkova 2008, Kozlov i Koricheva 1989). Objašnjenje se temelji na pretpostavci da su napadnuti listovi lipe obilježeni – markirani specifičnim kemijskim markerima koji utječu na izbor lokacije za ovipoziciju i kasnije disperziju potomstva. Takvi markeri su u biti infokemijske prirode i najvjerojatnije izlučevine spolnih žlijezda ženki (Vet i Dicke 1992). Izlučivanje i recepcija kemijskih markera predstavljaju evolucijsku adaptaciju moljca, koja omogućava štetniku da prepozna i izbjegava već okupirana područja lista i tako minimalizira reakciju biljke domaćina koja bi nastala zbog prenaseljavanja (npr. preuranjeno odbacivanje lišća); da reducira intraspecifičnu konkurenciju minera i da omogući maksimalnu disperziju potomstva i tako reducira njihovu izloženost entomofagima (prirodnim neprijateljima). Ta hipoteza je neizravno potkrijepljena činjenicom da su jajašca druge generacije najčešće odložena na suprotnom dijelu lista i odvojena lisnom žilom (Auerbach i Simberloff 1989).

Vrste iz roda lipa su široko rasprostranjene u europskim državama i Rusiji, gdje se posebno sade u ukrasne svrhe. Lipin moljac miner čini ozbiljne štete na ukrasnim lipama. Širi se i udomačuje u nova područja i očekuje se u drugim europskim državama. Zato treba razmišljati o načinima kontrole njegove populacije. Istraživanja biotskih načina smanjivanja populacije lipinog moljca na osnovi autohtonog kompleksa njegovih parazitoida imaju dobre temelje za konkretnu upotrebu (Mey 1991, Yefremova i Mishchenko 2008).

Zaključci

Conclusions

Lipin moljac miner je istočnoazijska, strana i invazivna vrsta u Europi koja se relativno brzo širi u novom okolišu.

Za naturalizaciju u Sloveniji bilo je potrebno kratko razdoblje. Od godine 2006. do danas je široko raširena po cijeloj Sloveniji, pojavljuje se na svim autohtonim vrstama lipa i nekim hibridima u urbanom prostoru (parkovi i park-šume).

Lipin moljac miner je bilo samo jednom pronađen u sastojini listopadnog drveća u blizini Kranja 2006. godine i na osnovi tog podatka možemo zaključiti da je lipin moljac danas u Sloveniji prisutan i u prirodnom okolišu, ali istraživanja lipinog moljca minera nismo proveli u prirodnom oklišu.

Godine 2011. utvrđena je visoka gustoća populacije lipinog moljca minera u Park-šumi Jesenkova pot u Ljubljani, a možemo zaključiti da su moguće pojave većih šteta u urbanom prostoru (parkovi i park-šume). Zato treba posvetiti pozornost istraživanju autohtonog parazitoidnog kompleksa lipinog moljca minera u Europi i u Sloveniji.

Zahvale

Acknowledgements

Zahvaljujemo suradnicima Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF (Danijel Borkovič) i Gozdarskega inštituta Slovenije (Vesna Rajh) za tehničku pomoć na terenu i pri mjerenju materijala. Isto tako za savjete pri statističkoj obradi podataka zahvaljujemo prof. dr. Srđanu Bojoviću s Univerziteta Beograd, Biološkog instituta Siniša Stanković.

Literatura

References

- Auerbach, M.J., D. Simberloff, 1989: Oviposition Site Preference and Larval Mortality in a Leaf-Mining Moth, *Ecol. Entomol.*, 14:131–140, St Albans.
- Bednova, O.V., D.A. Belov, 1999: The Lime Leafminer (Lepidoptera, Gracillariidae) in Forest Plantations of Moscow and Adjacent Areas, *Lesnoi Vestnik*, 2:172–177, Moskva.
- Buszko, J. H., Z. Šefrova, Z. Laštůvka, 2000: Invasive species of Lithocolletinae in Europe and their spreading (Gracillariidae), XII. European Congress of Lepidopterology SEL, Programme and Abstracts, Poland, 29th May 2000, 91 p., Białowieża.
- Ermolaev, V.P., 1977: Eco-Faunistic Review of Leafminers (Lepidoptera, Gracillariidae) of the Southern Primorskii Territory, *Trudy Zool. Inst. Ross. Akad. Nauk*, 70:98–116.
- Ermolaev, I. V., N. V. Motoshkova, 2008: Biological Invasion of the Lime Leafminer *Lithocolletis issikii* Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae): Interaction of the Moth with the Host Plant, *Entomologicheskoe Obozrenie*, 87(1):15–25.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organisation) 2003 *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera: Gracillariidae – EPPO Alert List) NPPO of Germany, 2003–09 and 2003–12., http://www.eppo.org/.../Alert_List/.../Phyllonorycter_issikii, 10.2.2010
- Essl, F., W. Rabitsch, 2002: Neobiota in Österreich, Federal Environment Agency – Austria, 432 p.
- Hulme, P.E., W. Nentwig, P. Pyšek, V. Montserrat (ur), 2009: Handbook of alien species in Europe / DAISIE, Dordrecht, Netherlands, Springer, XXVIII, 399 p.
- Jurc, M., 2011: Tujeroden lipov listni zavrtáč *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) od leta 2006 tudi v Sloveniji, *Novice iz varstva gozdov*, 4:2–2, Ljubljana, dostupno na: <http://www.zdravgozd.si/nvg/prispevek.aspx?idzapis=4-2> (4.11.2011).
- Kozlov, M.V., Y.G. Koricheva, 1989: Distribution of Mines of Dendrophilic Moths of the Families Nepticulidae, Tischeriidae, and Gracillariidae (Lepidoptera) over the Food Plants, *Vestnik LGU*, 3(3):8–18.
- Kozlov, M.V., 1991: The Lime Leafminer as a Pest of Linden, *Zashchita Rast.*, 4:46.
- Kozlov, M.V., Y.G. Koricheva, 1991: The Within-Tree Distribution of Caterpillar Mines, U: Y.N. Baranchikov, Y.N. Mattson, W.J. Hain, F.P. Payne, T.L. (ur.), *Forest Insect Guilds: Patterns of Interaction with Host Trees*, U.S. Dep. Agric. For., 153:240–255.
- Kullberg, J., A. Albrecht, L. Kaila, V. Varis, 2002: Checklist of Finnish Lepidoptera – Suomen perhostenluettelo, *Sahlbergia*, 6(2):45–190.
- Kumata, T., 1963: Taxonomic Studies on the Lithocolletinae of Japan (Lepidoptera: (Gracillariidae), Part I, *Insecta Matsumurana*, 25(2):53–90.
- Kumata, T., H. Kuroko, K.T. Park, 1983: Some Korean Species of the Subfamily Lithocolletinae (Gracillariidae, Lepidoptera), *Korean J. Plant Prot.*, 22(3):213–227.
- Lehmann, M., A. Stuebner, 2004: Recent Situation of Invasion by *Phyllonorycter issikii* in Brandenburg," in Proc. 1st Int. Cameraria Symposium. Cameraria ohridella and Other Invasive Leaf-Miners in Europe., March 24–27, 2004, p. 26. Prague.
- Lopez-Vaamonde, C., B.Å. Bengtsson, A.Cama, H. Deutsch, G. Deuschka, E. Kullaj, A. Lastuvka, Z. Lastuvka, D. Lees, J.D. Prins, S. Gomboc, P. Huemer, J. Langmaid, M. Mutanen, I. Sims, P. Triberti, C. Wieser, R. Rougerie, 2012: DNA Barcoding of European Gracillariidae Leaf-Mining Moths, Third Slovenian Entomological Symposium with International Attendance, Maribor, 2012, 36., Maribor.
- Noreika, R., 1998: *Phyllonorycter issikii* (Kumata) (Lepidoptera: Gracillariidae) in Lithuania, *Acta Zoologica Lituanica, Entomologia*, 8(3):34–37.
- Noreika, R., 1994: Two new species of *Phyllonorycter* Hübner, 1822 from the Far East area (Lepidoptera: Gracillariidae), *Phegea*, 22: 105–113.
- NPPO of Estonia, 2003–10, *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera: Gracillariidae – Lime leaf miner), *Növényvédelem*, 40(6):301–302.
- Mattson, W., H. Vanhanen, T.Veteli, S. Sivonen, P. Niemelä, 2007: Few immigrant phytophagous insects on woody plants in Europe: legacy of the European crucible? *Biol. Invasions*, 9:957–974.
- Matošević, D., 2007: Prvi nalaz vrste *Phyllonorycter issikii* i razprostranjenost invazivnih vrsta lisnih minera iz porodice Gracillariidae u Hrvatskoj, *Rad. Šumar. inst. Jastrebar.*, 42(2):127–142, Jastrebarsko.
- Matošević, D., M. Pernek, 2011: Strane i invazivne vrste fitofagnih kukaca u šumama Hrvatske i procjena njihove štetnosti, *Šumarski list, posebni broj* (2011): 264–271, Zagreb.
- Mey, W., 1991: Über die Bedeutung autochthoner Parasitoidenkomplexe bei der rezenten Areal-expansion von vier *Phyllonorycter* Arten im Europa (Insecta, Lepidoptera, Hymenoptera), *Mitt. Zool. Mus. Berlin*, 67(1):178–194, Berlin.
- Muus, T.S.T., J.H.H. Zwier, 2009: De Nederlandsenamen van de kleine vlieders (microlepidoptera) in Nederland en België, dostupno na: <http://Microlepidoptera.nl>. (15.8.2011).

- Roques, A., W. Rabitsch, J.Y. Rasplus, C. Lopez-Vaamonde, W. Nentwig, M. Kenis, 2009: Alien terrestrial invertebrates of Europe. U: Hulme P.E., W. Nentwig, P. Pyšek, M. Valà (Ur.) DAISIE, The Handbook of Alien Species in Europe, 63–70, Springer, Heidelberg.
- Tomov, R. 2007: Pest status of alien leaf-mining moths (Lepidoptera) in Bulgaria, Plant Protection, 18:79–81.
- Šefrová, H., 2002: *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963)-Bionomics, Ecological Impact and Spread in Europe (Lepidoptera, Gracillariidae), Acta Univ. Agric. et Silv. Mendel. Brun., 50(3):99–104, Brno.
- Ureche, C., 2006: Invasive leaf miner insects in Romania, IUFRO Working Party 7.03.10 Proceedings of the Workshop 2006, Austria, p. 259–262, Gmunden.
- Vet, L.E.M., M. Dicke, 1992: Ecology of Infochemical Use by Natural Enemies in a Tritrophic Context. Ann. Rev. Entomol., 37:141–172.
- Walther, G-R., Roques, A., Hulme, P. E., Sykes, M.T., Pyšek, P., Kühn, I., Zobel, M., Bacher, S., Dukát, Z. B., Bugmann, H., 2009: Alien species in a warmer world: risks and opportunities, Trends in Ecology & Evolution, 24:686–693.
- Wermelinger, B., 2011: La mineuse des feuilles du tilleul, 3/2011 Horticulture Romande p. 19.
- Yefremova, Z.A., A.V. Mishchenko, 2008: The Parasitoid Complex (Hymenoptera, Eulophidae) of the Leafminer *Phyllonorycter issikii* (Kumata) (Lepidoptera, Gracillariidae) from the Middle Volga Basin, Zoologicheskii Zhurnal, 87(2):189–196, Moskva.

Summary

From 2007 to 2008, a study of presence of the lime leafminer (*Phyllonorycter issikii*) in Slovenia and an attack of different species of the genus *Tilia* (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *T. tomentosa*, *T. sp.1*, *T. sp. 2*) in six ecological regions at 22 sites in urban areas was carried out. The aim of the study was to determine the extent of lime leafminer in Slovenia and investigate whether the localities, ecological region, hosts species and years affect the moth population density, the damage to the leaves, and the number and surface of mines in the leaves of different host plants. A total of 918 leaves were analysed; measuring the characteristics of leaves (average leaf area, total number of mines, the average size of mine) was done by scanning, and calculations with the program Digimizer 3.0.0.0., MedCalc Software. *Ph. issikii* is present throughout Slovenia. Damage to leaves and moth population density was greatest in the Pre-alpine, Pre-panonic and Alpine ecological regions; the largest mines were in the Pre-alpine, Alpine and Pre-panonic ecological regions. Among native limes, the most commonly damaged is *T. cordata* (91.47%), followed by *T. platyphyllos* (21.72%), then *T. tomentosa* (0.41%). By far the greatest damage was appearing on the hybrid lime *T. sp.1* (512.5%). Damage to the leaves in the period of investigation was high: 87.8% on average; in 2007, it amounted to 116.3% in 2008 to 66.5%. The surface of mines in the leaves was higher in 2007 year than in 2008 (39.3 mm² compared to 21.4 mm²).

According to the size (surface) of mines, the results showed that there were statistically significant differences between sites in relation to surface of mines on a leaf. The largest surfaces of mines were in the leaves at the locations 19 (Vrt oddeleka-Ljubljana), 20 (Pernica) and 21 (Ižakovci); there were significant differences between ecological regions in relation to the surface of mines on a leaf. Larger surfaces of mines were identified in the Pre-alpine region (92.2 mm²) and the Alpine region (59.6 mm²). There are significant differences between tree species in relation to surface of mines on a leaf; greater surfaces of mines were found on the leaves of *T. sp.1* (165.3 mm²); finally there are significant differences between years in relation to surface of mines of the leaves. Surface of mines were larger in 2007 compared to 2008.

There were significant differences between sites in relation to the number of mines on a leaf; sites 19 (Vrta oddeleka – Ljubljana) and 21 (Ižakovci) (5.1 and 3.9) stand out in this regard.

There were also significant differences between ecological regions in relation to the number of mines; the Pre-alpine region (2.9) is predominant. There were also significant differences between tree species in relation to the number of mines on a leaf; species 4 (*T. sp.1*) (5.13) stands out in this regard. Finally, there were significant differences between years in relation to the number of mines on a leaf. This number was higher in 2007.

Ph. issikii was discovered in Slovenia in 2006, but we assume that it appeared in Slovenia prior to 2006, considering the distribution of species throughout the country. Due to the relatively large amount damage to the host leaves, we believe that *Ph. issikii* is a significant pest species of the hosts from the genus *Tilia* in parks and trees in park-like forests in urban areas. This paper also gives recent data on the range and hosts of the lime leafminer; in Asia, it is indigenous in three countries, while in Europe it has expanded in 20 countries. In natural distribution, its hosts are local species of linden (*Tilia* spp.); in Europe its hosts are also linden hybrids, as well as exotic species of limes.

KEY WORDS: *Phyllonorycter issikii*; *Tilia* spp.; Europe; Slovenia