

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
BIOLOĢIJAS FAKULTĀTE  
ZOOLOĢIJAS UN DZĪVNIEKU EKOLOĢIJAS KATEDRA

**LIEPU RAIBKODES *PHYLLONORYCTER ISSIKII*  
(LEPIDOPTERA, GRACILLARIIDAE) POPULĀCIJAS  
DINAMIKA UN TO IETEKMĒJOŠIE FAKTORI RĪGAS  
PILSĒTAS TERITORIJĀ**

Maģistra darbs

Darba autore: Margarita Biļdina  
Stud. apl. Nr.: mb10067  
Darba vadītājs: Asoc. prof., Dr. biol. Voldemārs Spuņģis

RĪGA 2015

## KOPSAVILKUMS

Liepu raibkode ir viena no svešzemju tauriņu sugām, kas izplatās Eiropā un nodara lielu kaitējumu liepu ģints kokiem. Latvijā publicētu datu par raibkodi nav, arī Eiropas mērogā nepieciešami papildus pētījumi. Darba mērķis ir izpētīt liepu raibkodes populācijas dinamiku, dzīves cikla īpatnības, telpisko sadalījumu un svarīgākos tos ietekmējošos faktoros.

Pētījums veikts Rīgā, ievācot atšķirīgus paraugus liepu raibkodes populācijas dinamikas un telpiskā sadalījuma koka vainagā un pilsētā noskaidrošanai. Iegūti arī dati par gaisa temperatūru, piesārņojumu un tauriņa parazītoīdiem. Kopumā ievāktas 8320 lapas, uz kurām konstatēti 10777 raibkodes alojumi.

Liepu raibkodei Rīgā sezonas laikā attīstās divas paaudzes. Tauriņa attīstību ietekmē gaisa temperatūra un parazītoīdi, tā mirstība ir samērā augsta. Telpiskais sadalījums koka vainagā un pilsētā ir nevienmērīgs. To galvenokārt ietekmē noēnojums un gaisa piesārņojums.

Atslēgvārdi: *Phyllonorycter issikii*, liepu raibkode, ekoloģija, populācijas dinamika.

## SUMMARY

Lime leafminer is one of the alien species of moths that is spreading in Europe and causes damage to trees of lime genus. There are no published data about leafminer in Latvia, also in European scale additional research is needed. The aim of this work is to investigate population dynamics of lime leafminer, specific features of life cycle, spatial distribution and main factors influencing them.

The research was done in Riga, collecting different samples for defining population dynamics of lime leafminer and its spatial distribution in tree crown and city. Data about air temperature, pollution and parasitoids of moth were also collected. Together 8320 leaves were collected, on which 10777 mines were counted.

In Riga lime leafminer develops in two generations. Moths development is influenced by air temperature and parasitoids, its mortality is quite high. Spatial distribution in tree crown and city is uneven. It is influenced mainly by shading and air pollution.

**Key words:** *Phyllonorycter issikii*, lime leafminer, ecology, population dynamics.

# SATURS

IEVADS .....	5
1. LITERATŪRAS APSKATS .....	6
1.1. Raibkožu dzimtas Gracillariidae sugu izplatīšanās Eiropā.....	6
1.2. Liepu raibkodes pamatareāls, tā izmaiņas un pašreizējā izplatība Eiropā.....	7
1.3. Liepu raibkodes attīstības stadiju morfoloģija .....	11
1.4. Liepu raibkodes bioloģija .....	15
1.5. Liepu raibkodes saimniekaugi un tiem nodarītais kaitējums .....	17
1.6. Liepu raibkodes ekoloģija .....	21
1.6.1. Liepu raibkodes apdzīvotie biotopi un to izvēli ietekmējošie faktori .....	21
1.6.2. Liepu raibkodes telpiskais izvietojums koka vainagā un to ietekmējošie faktori ..	24
1.6.3. Liepu raibkodes populācijas un to dinamiku ietekmējošie faktori .....	26
1.6.3.1. Liepu raibkodes populācijas un to dinamiku ietekmējošie abiotiskie faktori ..	27
1.6.3.2. Liepu raibkodes populācijas un to dinamiku ietekmējošie biotiskie faktori ...	28
2. MATERIĀLI UN METODES.....	34
2.1. Pētījumu vietas raksturojums un parauglaukumu dizains .....	34
2.2. Paraugu ievākšana un apstrāde .....	37
2.3. Liepu raibkodes attīstības stadiju īpatņu skaita novērtēšana .....	38
2.4. Datu apstrāde .....	40
3. REZULTĀTI .....	43
3.1. Liepu raibkodes populācijas dinamika un radīto bojājumu izmaiņas veģetācijas sezonas laikā..	43
3.2. Liepu raibkodes mirstība un populācijas dinamiku regulējošie faktori.....	49
3.3. Liepu raibkodes telpiskais sadalījums koka vainagā.....	54
3.4. Liepu raibkodes telpiskais sadalījums Rīgas pilsētas teritorijā .....	61
4. DISKUSIJA .....	65
4.1. Liepu raibkodes populācijas dinamika un radīto bojājumu izmaiņas veģetācijas sezonas laikā..	65
4.2. Liepu raibkodes mirstība un populācijas dinamiku regulējošie faktori.....	70
4.3. Liepu raibkodes telpiskais sadalījums koka vainagā un to ietekmējošie faktori .....	72
4.4. Liepu raibkodes telpiskais sadalījums Rīgas pilsētas teritorijā un to ietekmējošie faktori ....	76
4.5. Izpētes metožu un datu kvalitātes izvērtējums .....	77
SECINĀJUMI .....	80
PATEICĪBAS .....	81
LITERATŪRAS SARAKSTS .....	82
PIELIKUMI	

## IEVADS

Divdesmitā gadsimta laikā Eiropā izplatījušās vairākas svešzemju raibkožu dzimtas tauriņu sugas, viena no kurām ir liepu raibkode *Phyllonorycter issikii* (Šefrová 2002). Pirmo reizi konstatēta un aprakstīta Japānā (Kumata 1963), tā 20. gadsimta 80. gados introducēta Krievijas centrālajā daļā, no kurienes turpinājusi izplatību Eiropā (Noreika 1998, Šefrová 2002, Šefrová, Laštůvka 2005). Latvijā liepu raibkode pirmo reizi konstatēta 1997. gadā un īsā laika periodā izplatījusies visā teritorijā (Savenkov, Šulcs 2010). Raibkodes kāpuri būtiski bojā liepu ģints koku lapas, kas var radīt ekonomiskus zaudējumus un ievērojamu estētisko kaitējumu. Turklāt tuvā nākotnē prognozējama stabila tauriņa populāciju izveidošana visā to saimniekaugu sastopamības areālā (Doorenweerd *et al.* 2014, Izhevsky, Maslyakov 2010).

Rīgas apstādījumos divas dominējošās koku sugas pieder liepu ģintij (Nikodemus u.c. 2003), un lielas raibkodes populācijas var būtiski apdraudēt to vizuālo izskatu un vitalitāti, kas savukārt samazina koka spēju uzkrāt dažādus ķīmiskos savienojumus, lai attīrītu gaisu (Бухарина *u dp.* 2007). Šī iemesla dēļ liepu raibkodei jau iepriekš pievērsta uzmanība (Pašetova, Biļdina 2014), taču publicētu zinātnisku datu par liepu raibkodes populācijas dinamiku, to ietekmējošajiem faktoriem, ekoloģiskajām īpatnībām un telpisko izvietojumu Latvijā nav. Arī citur Eiropā nepieciešami pētījumi par faktoriem, kas limitē sugas izplatību (Doorenweerd *et al.* 2014). Iegūstot papildus informāciju par liepu raibkodes ekoloģiju, telpisko sadalījumu un populāciju ietekmējošajiem faktoriem, būtu iespējams noskaidrot, kā samazināt tauriņa ietekmi uz saimniekaugiem un saglabāt dzīvotspējīgus liepu stādījumus.

Darba mērķis ir izpētīt liepu raibkodes populācijas dinamiku, dzīves cikla īpatnības, telpisko sadalījumu un svarīgākos tos ietekmējošos faktoros.

Lai sasniegtu darba mērķi, izvirzīti vairāki uzdevumi:

1. ievākt liepu (*Tilia* sp.) lapu paraugus dažādās Rīgas pilsētas vietās, iegūt informāciju par abiotiskajiem faktoriem parauglaukumos;
2. raksturot liepu raibkodes populācijas sezonālo dinamiku;
3. noskaidrot liepu raibkodes telpisko sadalījumu koka vainagā un Rīgas pilsētā;
4. noskaidrot abiotisko faktoru (gaisa temperatūra, piesārņojuma līmenis) ietekmi uz liepu raibkodes populācijām;
5. noskaidrot biotisko faktoru (parazitoīdi) ietekmi uz liepu raibkodes populācijām.

Darba hipotēzes:

1. liepu raibkodei gada laikā Latvijā attīstās divas vai trīs paaudzes;
2. abiotiskie un biotiskie faktori liepu raibkodes populācijas ietekmē vāji;
3. tauriņa telpiskais sadalījums koka vainagā un Rīgas pilsētā ir nevienmērīgs.

# 1. LITERATŪRAS APSKATS

## 1.1. Raibkožu dzimtas Gracillariidae sugu izplatīšanās Eiropā

Divdesmitā gadsimta laikā, īpaši pēdējos 20 gados, Eiropā ir izplatījušās vairākas svešzemju tauriņu Lepidoptera kārtas sugas, kas pieder raibkožu Gracillariidae dzimtai un Lithocolletinae apakšdzimtai un veido alojumus uz koku lapām (Matošević 2007, Perny 2007, Šefrová 2002, 2003). Vietās ārpus to dabiskā areāla svešzemju bezmugurkaulnieki visbiežāk tiek introducēti. To izplatīšanos veicina starptautiskie kravu pārvadājumi – augi, to produkti un citi ar augiem saistīti materiāli (Ivinskis *et al.* 2009).

Ne visas svešzemju sugas reāli apdraud vietējo floru un faunu (Izhevsky, Maslyakov 2010). Lielākā daļa reti sasniedz lielu populācijas blīvumu un bieži netiek konstatēta ilgu laiku. Taču invazīvo sugu introdukcija un izplatīšanās var būt bīstama vietējām sugām un ekosistēmām. Pamatojoties uz nesenu koncepciju, bioloģiskā invāzija sastāv no trim fāzēm: nokļūšanas jaunā teritorijā ārpus dabiskā izplatības areāla, stabilizēšanās, kad suga šajā teritorijā izveido neatkarīgu populāciju, un ekspansijas, kad suga kolonizē jaunus biotopus, kas atbilst tās ekoloģiskajiem standartiem (Liebhold, Tobin 2008). Ja invazīvajai sugai daļēji vai pilnībā trūkst kādu stabilu mehānismu, lai kontrolētu tās populācijas jaunās teritorijās, tā var radīt ekonomiskus zaudējumus vai būt ar lielu ekoloģisku nozīmi, kas saistīta ar bioloģisko daudzveidību vai ekosistēmu funkcijām (Ermolaev, Zorin 2011b, Ivinskis *et al.* 2009, Izhevsky, Maslyakov 2010, Jurc 2012, Matošević 2007, Ureche 2006). Ekstrēmos gadījumos fitofāgo sugu invāzija var izraisīt pilnīgu vietējo augu sugu iznīcināšanu (Ermolaev, Zorin 2011b, Kenis *et al.* 2009).

No tauriņiem tieši alojumus veidojošajiem visbiežāk ir tendence kļūt invazīviem, viegli adaptēties un nostabilizēties jaunās teritorijās (Jurc 2012, Kurz *et al.* 2010). Pētījumos pierādīts, ka lielākā daļa jeb gandrīz 80% svešzemju tauriņu sugu Eiropā ir fitofāgas (Roques *et al.* 2010). Daži piemēri ir *Phyllonorycter robiniella* Clemens, *P. leucographella* Zeller, *P. platani* Staudinger un īpaši zirgkastaņu raibkode *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, kas strauji paplašinājuši savu areālu ārpus sākotnējām robežām (Jaworski 2009, Matošević 2007, Perny 2007).

Literatūrā bieži parādās jautājums, vai Lithocolletinae apakšdzimtas pārstāvjiem ir kādas specifiskas īpašības, salīdzinot tos ar citiem Microlepidoptera grupas sīktauriņiem, kas ļauj tiem veiksmīgi izplatīties lielos attālumos un kļūt invazīviem (Perny 2007, Šefrová 2002, 2003). Bieži introdukcija un tālāka izplatīšanās kādā reģionā ir tikai apstākļu sakritība. Taču H. Šefrová (2003) min vairākas šīs tauriņu apakšdzimtas īpatnības, kas ļauj tiem veiksmīgi paplašināt areālu:

1. Dažu sugu kāpuri iekūņojas lapās, un kūniņas var tikt transportētas cilvēka darbības rezultātā gan īsos, gan lielos attālumos kopā ar tām (piemēram, zirgkastaņu raibkode);
2. Dažas sugas pārziemo kā pieaugušie īpatņi dažādos dobumos vai šaurās nelielās spraugās, kas veidojas starp kravu konteineriem, kastēm utt., ko viegli pārvadāt ar dažāda veida transportu;
3. Ja kāda suga šādā veidā sasniedz jaunu teritoriju, kurā ir piemērots klimats un saimniekaugi, tās turpmāko izplatīšanos paātrina vējš, kam sugas ir adaptējušās.

Pieredze rāda, ka pēc pārnesei lielos attālumos šīs sugas ir spējīgas izplatīties visā kontinentā dažu gadu laikā, ja teritorijā ir piemēroti apstākļi (klimats, barības pieejamība, specializētu parazītu, parazītoīdu un plēsēju trūkums), un nodarīt ievērojamu kaitējumu (Izhevsky, Maslyakov 2010, Kurz *et al.* 2010). Turklāt tie var būt saistīti ne tikai ar cilvēka veidotiem biotopiem, kuros bieži stādītas svešzemju koku sugas, bet arī sākuši izplatīties vairāk vai mazāk dabiskā vidē (Roques *et al.* 2010).

Nelielā izmēra un neuzkrītošās krāsas dēļ šie tauriņi visbiežāk ir grūti pamanāmi, tos sarežģīti uzskaitīt (Deschka 1995). Līdz ar to populāciju lielums un nodarītais kaitējums lielākajai daļai raibkožu dzimtas tauriņu nav novērtēts un detalizēti izpētīts (Roques *et al.* 2010). Savukārt vairākām sugām, kurām labi zināma morfoloģija, bioloģija un invāzijas vēsture, bieži trūkst informācijas par populāciju dinamiku, to ietekmējošajiem faktoriem un kontroles iespējām. Taču šī informācija ir potenciāli svarīga, jo lielākā daļa aļoju veido uz dekoratīvajiem kokiem (Šefrová 2003).

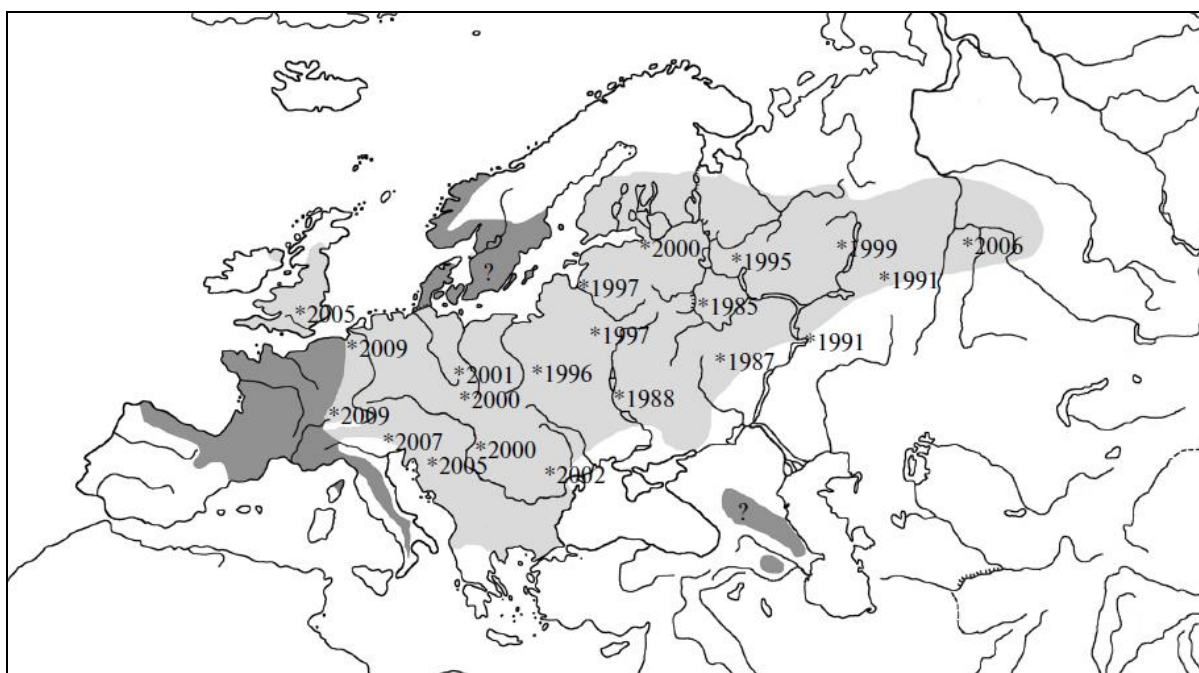
## **1.2. Liepu raibkodes pamatareāls, tā izmaiņas un pašreizējā izplatība Eiropā**

Liepu raibkode *Phyllonorycter issikii* Kumata 1963 ir viena no sugām, kas jau vairākas dekādes izplatās Eiropā no austrumiem uz rietumiem (Jurc 2012, Rodeland 2007, Segerer 2008, Šefrová 2002, Ureche 2006). Tā pieder tauriņu kārtas raibkožu dzimtai. Kopumā Eiropā ir 150 *Phyllonorycter* Hübner 1822 ģints sugas (Buszko 2013), Latvijā – 52 sugas (Savenkov, Šulcs 2010).

Pirmo reizi liepu raibkode konstatēta un aprakstīta 1963. gadā Japānā, galvenokārt no Hokkaido salas, bet vēlāk atklāta arī Honsyu un Kyusyu salā (Kumata 1963), kur izplatīta arī mūsdienās (Izhevsky, Maslyakov 2010). Vēlāk suga atrasta PSRS teritorijā Piejūras apgabala dienvidos un Korejā (Kumata *et al.* 1983). Šajās valstīs un reģionos tā uzskatāma par vietēju sugu (Jurc 2012). Taču kopš 20. gadsimta 80. gadiem reģistrētas atradnes arī no Krievijas centrālās daļas (Šefrová 2002, Леп 1997). Nav zināms konkrēts laiks, kad liepu raibkode

nonākusi šajā reģionā, taču tas visdrīzāk noticis laikā no 1980. līdz 1984. gadam (Ermolaev 2014). Suga noteikti nav bijusi konstatēta PSRS Eiropas daļā līdz 80. gadu sākumam, jo tajā laikā nav iekļauta šī reģiona sugu noteicēja raibkožu dzimtas sugu sarakstā (Кузнецов 1981). Taču jau 1985. gadā suga pirmo reizi konstatēta parkos Maskavā (Беднова, Белов 1999), savukārt Z. A. Yefremova un A. V. Mishchenko (2008) min, ka tauriņš pirmo reizi konstatēts Krievijas Eiropas daļā jau 1982. gadā. No turienes tas turpinājis izplatību vairākās citās pilsētās Krievijā un Ukrainā (Deschka 1995, Šefrová 2002).

Eiropā liepu raibkodei ilgstoši netika pievērsta papildus uzmanība (Šefrová 2002). Taču jau 20. gadsimta beigās konstatēts, ka notiek strauja sugas areāla paplašināšanās rietumu virzienā un prognozējama tās izplatīšanās arī Centrāleiropā un Rietumeiropā (Deschka 1995, Noreika 1998). Deviņdesmito gadu beigās suga sāka strauji kolonizēt Eiropas valstis (Huemer 2007). Sākotnēji tā atrasta Polijā, no kurienes turpinājusi migrāciju uz Lietuvu, Latviju, Baltkrieviju, Čehiju, Slovākiju, Austrijas un Ungārijas ziemeļiem (Noreika 1998, Šefrová 2002, Šefrová, Laštůvka 2005). Vēlāk liepu raibkode izplatījies arī citās Eiropas valstīs (1. attēls, 1. tabula). Mūsdienās tā nav atrodama tikai Spānijā, Norvēģijā un Zviedrijā (Ermolaev 2014).



1. attēls. Liepu raibkodes invāzijas gaita Eiropā. Apzīmējumi: Tumši pelēkā krāsa – saimniekaugu ģints izplatības areāls Eiropā; gaiši pelēkā krāsa – liepu raibkodes izplatības areāls (Ermolaev 2014).

Figure 1. Lime leafminer invasion in Europe. Markings: Dark gray colour – range of host plant genus in Europe, light gray colour – range of lime leafminer (Ermolaev 2014).

1. tabula  
Liepu raibkodes izplatīšanās hronoloģija Āzijā un Eiropas valstīs.

Table 1  
Chronology of spreading of lime leafminer in Asia and European countries.

<b>Gads Year</b>	<b>Valsts vai pilsēta Country or city</b>	<b>Literatūras avots Literature source</b>
1963	Japāna	Kumata 1963
1983	Koreja	Kumata <i>et al.</i> 1983
1985	Krievijas Eiropas daļa (Maskava)	Беднова, Белов 1999
1988	Ukraina	Mey 1991
1996	Polija	Šefrová 2002
1997	Latvija	Savenkov, Šulcs 2010
	Lietuva	Noreika 1998
1998	Baltkrievija	Šefrová 2002
2000	Austrija	Šefrová 2002
	Čehija	Šefrová, Laštůvka 2005
	Slovākija	Šefrová 2002
	Ungārija	Šefrová 2002
2001	Vācija	Graf <i>et al.</i> 2002
2002	Rumānija	Stolnicu, Ureche 2007, Ureche 2006
	Somija	Kullberg <i>et al.</i> 2002
2005	Horvātija	Matošević 2007
	Lielbritānija	Roques <i>et al.</i> 2010
2006	Slovēnija	Jurc 2012
2007	Itālija	Huemer 2007
2009	Beļģija	Gielis <i>et al.</i> 2009, Wullaert 2012
	Nīderlande	Doorenweerd <i>et al.</i> 2014, Gielis <i>et al.</i> 2009
	Šveice	Meier <i>et al.</i> 2010

Latvijā liepu raibkode pirmo reizi konstatēta 1997. gadā Skrīveros, trīs gadu laikā izplatījusies visā teritorijā un novērtēta kā ekspansīva suga. Pašlaik tā ir diezgan bieži sastopama (Savenkov, Šulcs 2010).

Liepu raibkodes nonākšanu tagadējās Krievijas teritorijā, kur tā sākotnēji atrasta Piejūras apgabalā, nevar uzskatīt par invāziju. Japānas ziemeļos un šajā reģionā ir līdzīga flora un fauna (Doorenweerd *et al.* 2014). Taču nav īsti skaidrs, kāpēc un kādā veidā liepu raibkode ir sākusi izplatīties un nonākusi Krievijas Eiropas daļā, turpinot sava areāla paplašināšanu šajā kontinentā (Graf *et al.* 2002, Izhevsky, Maslyakov 2010, Jaworski 2009).

Liepu raibkodes un citu radniecīgu tauriņu ķermeņa masa ir niecīga, salīdzinot to ar spārnu laukumu. Kājas, antenas un matiņi ļauj turēties gaisā, taču muskuļu masa ir pārāk maza, lai aktīvi lidotu – šādā veidā tie ir spējīgi izplatīties tikai dažu desmitu metru lielos attālumos. Līdz ar to šādu tauriņu galvenais izplatīšanās veids ir anemohorija jeb

pārvietošanās ar gaisa straumēm kā aeroplanktons (Deschka 1995, Ermolaev 2014, Ermolaev, Izboldina 2013, Huemer, Erlebach 2003, Matošević 2007, Meier *et al.* 2010, Šefrová 2002). Taču izplatīšanās ar vēja palīdzību ir lēna, atkarīga no vēja virziena un dabiskajām barjerām, ko veido augstas kalnu grēdas, piemēram, Karpati. Turklāt izplatīšanās ātrumu ietekmē gan tauriņa populācijas blīvums, gan tā saimniekaugu izplatība (Šefrová 2003).

Dažādos pētījumos parādās atšķirīgas hipotēzes, kas apskata iespējamību, vai liepu raibkode varēja nonākt Eiropā no Austrumāzijas, izplatoties šādā ceļā. Daži autori uzskata, ka pakāpeniska areāla paplašināšana, ienākot Eiropā cauri Sibīrijai, nav iespējama, jo liepu raibkodes barības augs – liepu *Tilia* ģints koki – Palearktiskas reģionā nav izplatīti vienmērīgi no austrumiem uz rietumiem (Doorenweerd *et al.* 2014, Šefrová 2002). Vienīgie dati par sugas sastopamību uz bērzu *Betula* ģints pārstāvjiem uzskatāmi par kļūdainiem (Kumata 1963). Taču tiek pieļauta iespēja, ka bērzi teorētiski varēja kalpot kā barības augs, izplatoties cauri Sibīrijai, bet tas nav pētīts sīkāk (Doorenweerd *et al.* 2014). Šādā gadījumā liepu raibkodes izplatīšanos varēja veicināt arī siltākas ziemas, kuru dēļ īpatņu mirstība bija mazāka (Kurz *et al.* 2010).

Tomēr lielākā daļa autoru uzskata, ka lielā attāluma dēļ dabiska liepu raibkodes izplatīšanās nenotika. Līdz ar to var secināt, ka Maskavā un citās pilsētās, kas atrodas Krievijas Eiropas daļā, suga visdrīzāk nejauši introducēta (Ermolaev, Motoshkova 2008, Izhevsky, Maslyakov 2010, Roques *et al.* 2010, Šefrová 2002, 2003). Šāda izplatīšanās antropogēnas darbības rezultātā ir lēcienveida, var rasties atsevišķas lokālas populācijas lielos attālumos no sugas dabiskā areāla (Šefrová 2003). Uzskata, ka ir iespējami divi liepu raibkodes nejaušas introducēšanas scenāriji:

1. Introdukcija ar liepu kokiem, kas ievesti no Tālajiem Austrumiem, jo visas *Phyllonorycter* ģints sugas ir spējīgas veiksmīgi izplatīties ar to saimniekaugiem;
2. Nonākšana Eiropas kontinentā ar dzelzceļa transportu, jo liepu raibkode pārziemo imago stadijā un var izmantot jebkāda veida patvērumu – šauras spraugas, dažādu objektu plaisas, dobumus, konteineru sienas, arī dzelzceļa vagonus (De Prins *et al.* 2013, Doorenweerd *et al.* 2014, Ermolaev, Motoshkova 2008, Izhevsky, Maslyakov 2010, Matošević 2007, Roques *et al.* 2010, Šefrová 2002, 2003).

Turpmāka ātra un pēkšņa liepu raibkodes izplatīšanās no austrumiem uz rietumiem sekoja pēc tam, kad suga sasniegusi un pārvarējusi dabisku barjeru – Karpatu kalnus gar to ziemeļu daļu (Doorenweerd *et al.* 2014, Šefrová 2002). Īpaši strauja izplatīšanās sākusies pēc 2000. gada (Roques *et al.* 2010). Nonākot Eiropā, liepu raibkode varēja izplatīties gan ar vēja palīdzību kā aeroplanktons, gan turpināt izplatību antropogēnās darbības rezultātā ar koku

stādiem (Graf *et al.* 2002, Šefrová 2003). Tomēr pastāv uzskats, ka pasīvais transports šajā gadījumā nav nozīmīgs, un suga galvenokārt izplatās dabiski (Huemer, Erlebach 2003).

Parasti sugu izplatīšanos negatīvi ietekmē dažādi faktori, kas samazina to populāciju blīvumu. Visbiežāk tas ir plašs oligofāgo parazītoīdu spektrs, klimatiskie faktori vai specifiskas prasības pret vidi, saimniekaugu ierobežotais areāls, kā arī ģeogrāfiskās barjeras (Šefrová 2003). Lai gan liepu raibkode introducēta Eiropas teritorijā tālu no tās dabiskā areāla, šie faktori tai ir samērā labvēlīgi. Eiropā ir gan piemērots klimats, gan barības augi, izplatīšanos veicina arī liepu plašais, nepārtrauktais areāls un ilglaicīgi augsts tauriņa populācijas blīvums. Turklāt liepu raibkodi tikai nedaudz ietekmē parazītoīdi, un zemās mirstības dēļ tā var veiksmīgi veidot stabilas populācijas jaunās teritorijās (Ermolaev 2014, Ermolaev, Izhboldina 2013, Matošević 2007, Šefrová 2003). Liepu raibkodes izplatīšanās ātrums ir novērtēts ar 100-110 kilometriem gadā, kas ir pat lielāks par zirgkastaņu raibkodes ātrumu (60-70 kilometri gadā) (Lehmann 2009, Šefrová 2003).

Vairāki autori salīdzina liepu raibkodes invāziju ar zirgkastaņu raibkodi, kas arī pārnesta lielos attālumos un rada nopietnus bojājumus. Bieži uzskata, ka liepu raibkodi nav tik liela potenciāla savairoties masveidā un apdraudēt liepu kokus. Iespējams, to var izskaidrot ar tauriņa dabisko ienākšanu Eiropas valstīs no Krievijas. Tādējādi tā populāciju vismaz nelielā apmērā kontrolē, piemēram, parazītoīdi, kas laika gaitā spējuši pielāgoties jaunajai sugai (Doorenweerd *et al.* 2014, Lehmann 2009, Perny 2007, Rodeland 2007, Segerer 2008, Šefrová 2003). 2003. gadā liepu raibkode iekļauta sarakstā par Eiropā potenciāli invazīvajām sugām, taču 2004. gadā no tā izņemta, jo netiek uzskatīta par būtisku kaitēkli reģionos, kur sastopama (EPPO 2004). Neskatoties uz to, liepu raibkode dažu gadu laikā pēc tās atklāšanas kādā valstī spēj izplatīties visā tās teritorijā, vietām veidojot augstu populācijas blīvumu (Ivinskis *et al.* 2009).

Paredzams, ka suga turpinās izplatīties un noteikti izveidos stabilas populācijas arī pārējās Eiropas valstīs, jo tai nepieciešams īss periods, lai naturalizētos (Doorenweerd *et al.* 2014, Jurc 2012, Perny 2007). Visu liepu ģints areālu liepu raibkode var kolonizēt tuvāko 10 gadu laikā. Turklāt jāņem vērā, ka tauriņš ir potenciāli bīstams arī liepām Ziemeļamerikā, un var kļūt invazīvs arī šajā kontinentā (Ermolaev 2014). Līdz ar to nepieciešami papildus pētījumi par faktoriem, kas limitē sugas izplatību (Doorenweerd *et al.* 2014).

### 1.3. Liepu raibkodes attīstības stadiju morfoloģija

Liepu raibkodes **olas** ir iegareni ovālas un nedaudz saplacinātas, krāsa variē no bāli dzeltenas līdz zaļganai. To izmēri ir 0,32-0,37 x 0,23-0,27 mm. Ārējais apvalks samērā ciets,

ar nelielu izaugumu, kas māfītei palīdz nofiksēt olu uz lapas (Jaworski 2009, Roques *et al.* 2010, Stolnicu, Ureche 2007, Šefrová 2002).

Liepu raibkodes **kāpuram** ir piecas attīstības stadijas (Šefrová 2002). Tāpat kā citiem *Phyllonorycter* ģints pārstāvjiem kāpura ķermenis ir cilindrisks, nedaudz saplacināts dorsoventrāli, ar labi attīstītām krūšu kājām (Kumata 1993). Ķermeņa priekšējā daļa balta, aizmugurējie segmenti dzelteni, kas atšķir to no citiem alojumiem veidojošo tauriņu kāpuriem (Lehmann 2009, Perny 2007, Roques *et al.* 2010). Precīza sugas identifikācija iespējama pēc kāpura hetotaksijas (Kumata 1993). Kāpuram pirmajā attīstības stadijā uz ķermeņa sariņu (*setae*) nav, taču galvas skropstiņas (*ciliae*) labi attīstītas un atrodas priekšpusē. Acis atrodas galvas kapsulas malās. Otrajā attīstības stadijā sariņi kāpuram atrodas gan uz vēdera, gan uz krūtīm. Galva ieņem gandrīz cilindrisku formu, skropstiņas un acis orientētas ventrāli (Stolnicu, Ureche 2007). Kāpura attīstības stadijas iespējams iedalīt pēc galvas kapsulu izmēriem un daļēji pēc ķermeņa garuma (2. tabula).

2. tabula

Liepu raibkodes kāpura attīstības stadiju galvas izmēri un ķermeņa garums (Šefrová 2002).

Table 2

Head size and body length of larval instars of lime leafminer (Šefrová 2002).

Attīstības stadija Instar	Galvas platums (mm) Head width (mm)	Galvas garums (mm) Head length (mm)	Ķermeņa garums (mm) Body length (mm)
I	0,14-0,16	0,10-0,13	0,40-0,70
II	0,18-0,21	0,16-0,20	0,70-1,10
III	0,25-0,28	0,24-0,28	1,10-2,10
IV	0,25-0,30	0,27-0,35	1,70-3,00
V	0,31-0,40	0,38-0,50	3,00-5,60

Liepu raibkodes **kūniņa** ir aptuveni piecus milimetrus gara. Tās galvas un krūšu daļa, kā arī krūšu izaugumi ir kastaņbrūni, vēders gaišākā krāsā, bieži iedzeltens. Galva ar cietu vairogu (*rostrum*), kas vēlāk palīdz pārplēst ekzūviju (kūniņas apvalku) un no tā atbrīvoties (Jaworski 2009, Perny 2007, Stolnicu, Ureche 2007).

Liepu raibkodes **imago** ir neliels, priekšspārnu garums 3,0-3,5 mm, izplestu spārnu platums 6,6-7,5 mm. Spārni relatīvi šauri, lancetiski, abi pāri ar gariem matiņiem. Vēdera dorsālā puse bāli iedzeltena, ventrālā – pelēkbrūna (Jaworski 2009, Jurc 2012, Kumata 1963, Noreika 1998, Roques *et al.* 2010, Stolnicu, Ureche 2007).

Imago krāsojumam raksturīgs sezonāls dimorfisms, izšķiramas vasaras un rudens formas. Tumšāks krāsojums rudenī palīdz imago vieglāk izvairīties no plēsēju uzmanības un

sekmīgāk pārziemot (Doorenweerd *et al.* 2014, Jaworski 2009, Kumata 1963, Roques *et al.* 2010, Stolnicu, Ureche 2007, Šefrová 2002, Wullaert 2012).

Taču pastāv teorija, ka abas formas nav divām dažādām paaudzēm piederošie īpatņi (Ermolaev, Izhboldina 2013). Šie autori uzskata, ka iepriekš publicētajos darbos (piemēram, Kumata 1963, Šefrová 2002) izdalītās vasaras un rudens formas nav saistītas ar noteiktiem gadalaikiem. Abi varianti sastopami abās paaudzēs, un to attiecība plaši variē, salīdzinot dažādu gadu datus un atšķirīgas paraugu ievākšanas vietas (Ermolaev, Izhboldina 2013, Клепиков 2005). Abu formu ķermeņa izmēri, salīdzinot viena dzimuma īpatņus, būtiski neatšķiras, lai gan vienas formas ietvaros tēviņu ķermeņa garums ir lielāks nekā mātītēm. Spārnu garums gaišās krāsas tauriņiem ir būtiski mazāks, un arī vienas formas ietvaros mātīšu spārnu garums ir mazāks nekā tēviņiem (Ermolaev, Izhboldina 2013).

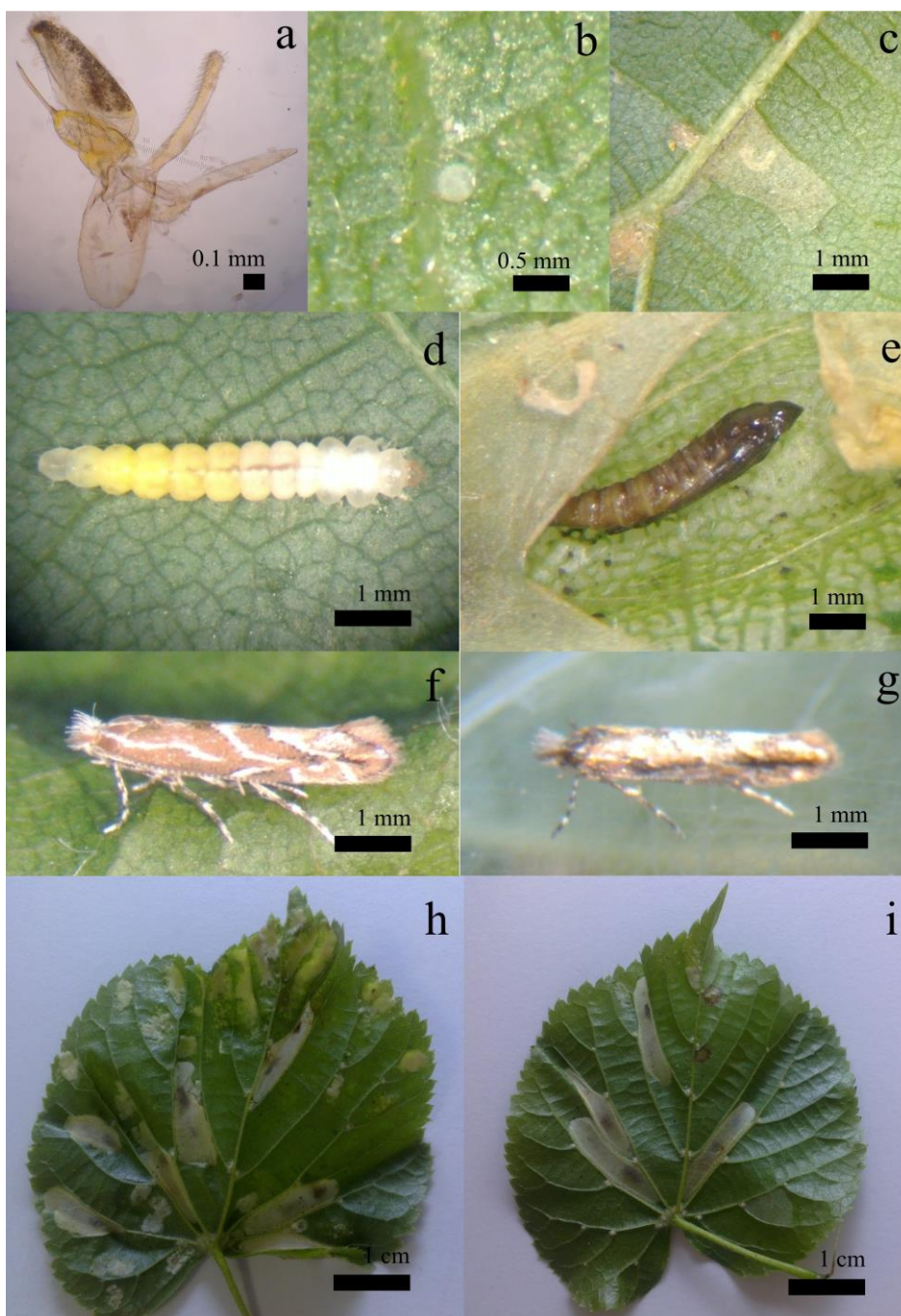
Vasaras formas imago galva balta, antenas baltas ar tumšu virspusi. Krūtis zeltaini oranžas, tādā pašā tonī kā priekšspārnu pamatkrāsa, ar trim šaurām, baltām līnijām. Kājas baltas, ar dažiem tumšākiem plankumiem. Priekšspārnu pamatkrāsa variē no oranžas un zeltainas līdz gaiši brūnai. Uz tiem labi saskatāms zīmējums ar baltām līnijām. Priekšspārnu malās nav tumšāku zvīņu, to matiņi bāli dzelteni. Pakaļspārni vara sarkani, ar bāli dzelteniem matiņiem (Doorenweerd *et al.* 2014, Jaworski 2009, Kumata 1963, Lehmann 2009, Perny 2007, Roques *et al.* 2010, Stolnicu, Ureche 2007, Wullaert 2012).

Rudens formas imago galva melna, ar metālisku spīdumu un baltām zvīņām centrā, reizēm pilnīgi balta. Antenas baltas, ar tumšu virspusi. Krūtis tumši brūnas, ar trim baltām līnijām, kas malās pakāpeniski izzūd. Priekšspārni tumšāki nekā vasaras formai, to pamatkrāsa pelēka vai pelēkbrūna. Uz spārniem baltas un melnas zvīņas, to ārējā mala tumša. Priekšspārnu matiņi pie pamatnes pelēki, galos gaiši brūni. Pakaļspārni gaišākā pelēkbrūnā vai pelēkā tonī, to matiņi iedzelteni vai gaiši pelēkbrūni (Doorenweerd *et al.* 2014, Jaworski 2009, Kumata 1963, Lehmann 2009, Noreika 1998, Perny 2007, Roques *et al.* 2010, Stolnicu, Ureche 2007, Wullaert 2012).

Liepu raibkodes **ģenitālijas** ir viegli atšķiramas no citām šīs ģints sugām (Doorenweerd *et al.* 2014). Tēviņu ģenitālijām raksturīga uzskatāma asimetrija. Labā valva plata, eliptiska vai olveida, visplatākā bazālajā trešdaļā, ar adatveida izaugumu apikālajā daļā un daudziem nelieliem sariņiem iekšmalā. Kreisā valva salīdzinoši šaura, sasniedz tikai trešdaļu vai ceturtdaļu no labās platuma, ar daudziem nelieliem sariņiem. Valvas malas paralēlas gandrīz visā garumā. *Tegument* gandrīz tikpat garš kā kreisā valva. *Vinculum* trijstūrveida, bez *saccus*. *Aedoeagus* tikpat garš kā labā valva, šaurs, cauruļveida, gandrīz taisns, ar lielu apikālu āķi. Mātītes ģenitālijas simetriskas. *Ductus bursae* garš, membrānveida,

*corpus bursae* bumbierveida, vāji sklerotizēts (Kumata 1963, Noreika 1998, Roques *et al.* 2010, Stolnicu, Ureche 2007).

Liepu raibkodes attīstības stadijas un tēviņa ģenitāliju uzbūve parādīta 2. attēlā.



2. attēls. Liepu raibkodes tēviņa ģenitāliju uzbūve un attīstības stadiju morfoloģija. Apzīmējumi: a – tēviņa ģenitālijas; b – ola; c – pirmās stadijas kāpurs; d – piektās stadijas kāpurs; e – kūniņa; f – vasaras formas imago; g – rudens formas imago; h un i – alojumi uz parastās liepas lapām. Nogriežņa garums kā norādīts. Foto: M. Biļdina.

Figure 2. Male genitalia and morphology of development stages of lime leafminer. Markings: a – male genitalia; b – egg; c – first instar larva; d – fifth instar larva; e – pupa; f – imago of aestival form; g – imago of autumnal form; h and i – mines on leaves of small-leaved lime. Scale bar as specified. Photo: M. Biļdina.

#### 1.4. Liepu raibkodes bioloģija

Liepu raibkodei gadā parasti attīstās divas paaudzes – gan pamatareālā (Kumata 1963), gan Krievijas Eiropas daļā (Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b, Kirichenko 2014, Yefremova *et al.* 2009, Yefremova, Mistchenko 2009, Клепиков 2005, Селиховкин, Тимофеева 2012), gan arī lielākajā daļā Eiropas valstu (Doorenweerd *et al.* 2014, Huemer, Erlebach 2003, Jaworski 2009, Jurc 2012, Matošević 2007, Noreika 1998, Roques *et al.* 2010, Šefrová 2002, Ureche 2006). Šāds paaudžu skaits ir lielākajai daļai *Phyllonorycter* ģints sugu (Matošević 2007, Mishchenko 2014). Daži autori uzskata, ka liepu raibkode spēj izveidot arī trešo paaudzi gadā, ja ir silts rudens, taču tā attīstību nepabeidz (Lehmann 2009, Mishchenko 2014, Perny 2007, Yefremova, Mishchenko 2008, 2010, 2012, Беднова, Белов 1999, Белов 2011). Literatūrā parādās arī informācija par četrām paaudzēm gadā (Lehmann 2009), taču tā maz ticama.

Liepu raibkodei pārziemo otrās paaudzes īpatņi imago stadijā (Doorenweerd *et al.* 2014, Huemer, Erlebach 2003, Jaworski 2009, Jurc 2012, Lehmann 2009, Matošević 2007, Noreika 1998, Roques *et al.* 2010, Šefrová 2002, Yefremova, Mistchenko 2009). Tā ir liela atšķirība no citām *Phyllonorycter* ģints sugām, kam visbiežāk ziemo kūniņas (Huemer, Erlebach 2003, Kurz *et al.* 2010, Perny 2007). Šāda īpatnība visdrīzāk rodas tādēļ, ka liepu lapu epiderma ir maiga un plāna, līdz ar to viegli saplīst un sadalās pēc lapu nokrišanas, neļaujot tauriņam veiksmīgi pārziemot kāpura vai kūniņas stadijā (Šefrová 2002). Taču tādā veidā liepu raibkodes īpatņi ir vairāk pakļauti zemām temperatūrām aukstās ziemās (Kurz *et al.* 2010). Pārziemošana notiek mizas rievās un plaisās, dobumos zem tās un citos līdzīgos patvērumos (Ermolaev 2014, Šefrová 2002).

Pārziemojošie imago parādās uz liepu stumbriem pavasarī, kad vidējā diennakts gaisa temperatūra pārsniedz +10°C. Atkarībā no konkrētā reģiona ģeogrāfiskā stāvokļa, tas var notikt aprīļa beigās, maija pirmajā dekādē vai maija vidū (Ermolaev 2014, Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b, Jaworski 2009, Jurc 2012, Perny 2007, Roques *et al.* 2010, Šefrová 2002, Yefremova *et al.* 2009, Yefremova, Mishchenko 2010, 2012, Беднова, Белов 1999).

Dažādos biotopos tauriņu parādīšanās laiks var atšķirties, piemēram, mežos tauriņa izlidošana notiek vēlāk (Беднова, Белов 1999). Arī ekstrēmi klimatiskie apstākļi, piemēram, auksts pavasaris, var būtiski mainīt liepu raibkodes izlidošanas laiku (Ermolaev 2014).

Pēc izlidošanas imago neilgu laiku pavada uz koku stumbriem (Беднова, Белов 1999). Krēslā tie lido, bet dienas laikā nav aktīvi (Клепиков 2005). Pēc tam raibkodes uz koku stumbriem kopulē un mātītes sāk dēt olas. Tās tiek novietotas pa vienai uz pilnībā attīstītas

lapas plātnes apakšējās puses, ļoti retos gadījumos augšpusē (Ermolaev 2014, Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b, Jaworski 2009, Jurc 2012, Mishchenko 2014, Šefrová 2002, Yefremova, Mishchenko 2010, 2012). Olas nofiksē ar *pedunculus* (Stolnicu, Ureche 2007). Mātīte vidēji dzīves laikā izdēj 18 olas, taču auglība var variēt no 8 līdz 38 olām (Беднова, Белов 1999).

Embrionālā attīstība ilgst no četrām līdz astoņām dienām (Roques *et al.* 2010, Šefrová 2002), dažos reģionos līdz pat divām nedēļām (Ermolaev 2014, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b, Jurc 2012). Visbiežāk maija beigās vai jūnija sākumā izšķiļas kāpurs, kas dzīves laikā četras reizes novelkas. Tas iekūņojas alojumā caurspīdīgā kokonā pēc 13-40 dienām, parasti jūnija vidū (Ermolaev 2014, Ermolaev, Zorin 2011b, Jaworski 2009, Jurc 2012, Roques *et al.* 2010, Šefrová 2002, Беднова, Белов 1999).

Kūniņas attīstības laiks dabā ir desmit līdz 15 dienas (Ermolaev 2014, Roques *et al.* 2010). Taču laboratorijas apstākļos noskaidrots, ka +25°C temperatūrā imago var izlidot jau pēc sešām dienām, bet +20°C temperatūrā – pēc astoņām, līdz ar to siltākā klimatā tas arī dabā var notikt ātrāk (Šefrová 2002). Vasaras paaudzes tauriņi izlido galvenokārt no maija beigām līdz jūnija beigām vai jūlija otrajai dekādei. Tie turpina lidot līdz jūlija beigām, papildus nebarojoties (Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b, Lehmann 2009, Šefrová 2002, Беднова, Белов 1999, Селиховкин, Тимофеева 2012).

Atsevišķi alojumi uz lapām konstatējami līdz pat jūlija beigām, taču nav skaidra to izcelsme. Iespējams, daži tauriņi olas dēj vēlāk, līdz ar to arī attīstību beidz vēlāk, dažiem var ieilgt attīstība, lai gan olas izdētas vienlaicīgi ar pārējām. Iespējams, veidojas vēl viena papildus vasaras paaudze, kas nav stabila (Kumata 1963, Šefrová 2002). Kopējais vasaras paaudzes attīstības laiks ir atkarīgs no klimatiskajiem apstākļiem, galvenokārt efektīvo temperatūru summas, un parasti ilgst no piecām līdz septiņām nedēļām (Ermolaev 2014, Šefrová 2002, Беднова, Белов 1999).

Alojumu skaita pēkšņa palielināšanās, kas norāda uz rudens paaudzes attīstības sākšanos, novērojama, sākot ar jūlija beigām (Šefrová 2002). Pirmie rudens formas pieaugušie indivīdi parādās augusta otrajā dekādē un parasti aktīvi lido līdz septembrim (Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Sidorova 2011, Ermolaev, Zorin 2011b, Jurc 2012, Noreika 1998, Roques *et al.* 2010, Šefrová 2002, Селиховкин, Тимофеева 2012). Atsevišķās vietās alojumi konstatējami līdz pat oktobra pirmajai dekādei un daži pieaugušie īpatņi izlido līdz oktobra beigām (Doorenweerd *et al.* 2014, Šefrová 2002). Kopējais rudens paaudzes attīstības laiks parasti ilgst no astoņām līdz 11 nedēļām (Šefrová 2002).

Veģetācijas sezonas beigās pieaugušie īpatņi pārvietojas uz patvērumiem uz koku stumbriem un mizas, kur pārziemo. Reizēm šīs paaudzes tauriņi auksta rudens (zemas

temperatūras) dēļ nespēj pabeigt attīstību (Ermolaev 2014, Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b).

### 1.5. Liepu raibkodes saimniekaugi un tiem nodarītais kaitējums

Liepu raibkode ir oligofāgs, kas attīstās uz dažādiem liepu ģints kokiem, īpaši neizvēloties kādu konkrētu sugu (Deschka 1995, Graf *et al.* 2002, Huemer 2007, Kovács *et al.* 2006, Meier *et al.* 2010, Roques *et al.* 2010, Stolnicu, Ureche 2007, Šefrová 2002, 2003). Tās dabiskajā areālā barības augi ir Maksimoviča liepa *Tilia maximowicziana* Shirasawa, Japānas liepa *T. japonica* Simonkai un *T. kiusiana* Makino et Shirasawa Japānā, Amūras liepa *T. amurensis* Ruprecht un Mandžūrijas liepa *T. mandshurica* Ruprecht et Maximowicz Korejā un Krievijas austrumu daļā (Kumata 1963, Kumata *et al.* 1983). Alojumi Japānā konstatēti arī uz platlapu bērza *Betula platyphylla* Sukaczew (Kumata 1963), bet šie dati jāapstiprina, jo tie, iespējams, ir kļūdaini (Ermolaev 2014, Noreika 1998). Ne turpmākajos šī autora (Kumata *et al.* 1983), ne arī citu autoru darbos barošanās uz bērza nav minēta (Ermolaev 2014).

Liepu raibkode ir vienīgā tauriņu suga Eiropā, kas barojas tikai uz liepu lapām (Kurz *et al.* 2010). Šajā kontinentā tā attīstās galvenokārt uz autohtonām sugām: parastās liepas *T. cordata* Miller un platlapu liepas *T. platyphyllos* Scopoli (Doorenweerd *et al.* 2014, Izhevsky, Maslyakov 2010, Jaworski 2009, Jurc 2012, Kurz *et al.* 2010, Lehmann 2009, Perny 2007, Roques *et al.* 2010, Stolnicu, Ureche 2007, Šefrová 2002). Sudraba liepa *T. tomentosa* Moench, kas plaši izplatīta Eiropas dienvidaustrumos, arī bieži ir saimniekaugs, piemēram, Horvātijā (Matošević 2007), Rumānijā (Stolnicu, Ureche 2007), Slovēnijā (Jurc 2012), kā arī Centrāleiropā (Izhevsky, Maslyakov 2010, Jaworski 2009, Perny 2007). Alojumi konstatēti arī uz dažādām introducētām liepu sugām un dabiskiem vai mākslīgi veidotiem hibrīdiem, ko izmanto kā krāšņumkokus: Amerikas liepas *T. americana* L., Krimas liepas *T. x euchlora* K.Koch, Eiropas liepas *T. x europaea* L., *T. x intermedia* DC., Sibīrijas liepas *T. sibirica* Bayer un Holandes liepas *T. x vulgaris* Hayne (Doorenweerd *et al.* 2014, Izhevsky, Maslyakov 2010, Jaworski 2009, Kirichenko 2014, Lehmann 2009, Perny 2007, Roques *et al.* 2010, Šefrová 2002, Кириченко, Баранчиков 2012). Interesanti ir tas, ka gandrīz visas citas invazīvās sugas apdzīvo introducētos kokus, bet liepu raibkode ir pielāgojusies autohtonām (vietējām) sugām, uz kurām visbiežāk arī konstatēta (Graf *et al.* 2002, Šefrová 2002). Turklāt tā biežāk izvēlas kokus ar kailām lapām (Ermolaev 2014). Latvijas kaimiņvalstī Lietuvā suga atrasta parastās liepas lapās (Noreika 1998).

Tāpat kā lielākajai daļai *Phyllonorycter* ģints sugu, arī liepu raibkodes kāpuri barojas ar parenhīmu starp lapas augšējo un apakšējo epidermu. Barošanās rezultātā lapas apakšpusē

veidojas samērā liels ovāls vai elipsveida alojums, kura krāsa variē no zaļas līdz gaiši brūnai. Lapa saliecas un būtiski deformējas, īpaši tad, ja alojumu uz tās ir daudz (Ermolaev 2014, Ermolaev, Zorin 2011b, Huemer, Erlebach 2003, Kumata 1963, Kumata *et al.* 1983, Kurz *et al.* 2010, Lehmann 2009, Noreika 1998, Perny 2007, Stolnicu, Ureche 2007, Ureche 2006, Wullaert 2012).

Tikko izšķīlies liepu raibkodes kāpurs pārplēš lapas epidermu un iekļūst mezofilā, kur sāk baroties un veidot alojumu. Sākotnēji tiek izveidota alojuma šaurā, serpentīnveida daļa (Ermolaev 2014, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b, Jurc 2012, Stolnicu, Ureche 2007, Беднова, Белов 1999). Pirmās un otrās attīstības stadijas kāpuru alojumi ir līdzīgi bālam, neregulāras formas laukumam, ko grūti saskatīt ar neapbruņotu aci. Pirmo stadiju kāpuri barojas ar šūnsulu, to alojums atrodas tieši zem epidermas (Jaworski 2009, Matošević 2007, Roques *et al.* 2010, Šefrová 2002, Wullaert 2012). Vēlāk tiek izveidota alojuma plankumveida daļa, kas pakāpeniski pieaug izmēros un aptver sākotnējo serpentīnveida daļu (Ermolaev 2014, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b). Trešās kāpura attīstības stadijas laikā alojums kļūst saskatāmāks un vieglāk pamanāms ar neapbruņotu aci, jo izmēros sasniedz jau 0,5-1,5 cm<sup>2</sup> (Šefrová 2002).

Starp trešo un ceturto kāpura attīstības stadiju notiek hipermetamorfoze, kuras laikā notiek lielas morfoloģiskas izmaiņas. Divas pēdējās kāpura attīstības stadijas jau barojas ar audiem. Ceturtās kāpura attīstības stadijas alojums izmaina lapas formu, tā saliecas, un alojumu var redzēt arī no lapas augšpusē. Šajā stadijā kāpurs barojas ar irdeno parenhīmu. Piektās attīstības stadijas kāpurs vietām bojā arī zedeņu parenhīmu, uz lapas plātnes augšējās virsmas alojuma vietā kļūst redzami bāli punkti (Jaworski 2009, Matošević 2007, Šefrová 2002, Wullaert 2012). Katras kāpura attīstības stadijas alojumu izmēri un attīstības ilgums parādīts 3. tabulā.

3. tabula  
Liepu raibkodes kāpuru attīstības stadiju alojumu izmēri un attīstības ilgums (Šefrová 2002).

Table 3  
Mine size and duration of development in individual larval instars of lime leafminer (Šefrová 2002).

<b>Kāpura attīstības stadija Larval instar</b>	<b>Alojums (mm) Mine (mm)</b>	<b>Dienas Days</b>
I	Tuneļveida (2-4)	2-7
II	Neliels plankums (5-8)	2-8
III	Plankums (8-15)	3-8
IV	Lapas saliekšanās (10-15)	3-8
V	Bez turpmākām izmaiņām	3-8
<b>Kopā / Total:</b>		<b>13-39</b>

Kāpura ekskrementi alojuma iekšpusē ir sakopoti nelielā kaudzītē, pretējā pusē barošanās virzienam. Tie labi saskatāmi pret gaismu (Ermolaev 2014, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b, Jaworski 2009, Kumata *et al.* 1983, Matošević 2007, Noreika 1998, Stolnicu, Ureche 2007, Wullaert 2012). Pēc ekskrementu sakopojuma kaudzītē liepu raibkodes alojumus var viegli atšķirt no citām līdzīgām sugām, piemēram, *Phyllonorycter messaniella* Zeller, kas Latvijā nav sastopama, bet citur Eiropā arī var veidot alojumus uz liepu lapām (Doorenweerd *et al.* 2014, Matošević 2007, Perny 2007, Savenkov, Šulcs 2010).

Visbiežāk uz vienas lapas ir viens vai divi alojumi. Taču reizēm to ir daudz vairāk, īpaši otrās tauriņa paaudzes attīstības laikā – vēlā vasarā vai agrā rudenī (Jaworski 2009, Segerer 2008, Stolnicu, Ureche 2007). Uz lielākās lapu daļas alojumu skaits ir no viena līdz 10, taču to skaits var sasniegt pat 25-26 uz vienas plātnes (Ermolaev, Motoshkova 2008, Izhevsky, Maslyakov 2010, Stolnicu, Ureche 2007, Wullaert 2012). Pētījumos pierādīts, ka lapu virsmas laukums būtiski pozitīvi korelē ar alojumu skaitu (Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b). Lielu tauriņa populāciju gadījumā var tikt bojāti līdz pat 90% lapu (Jurc 2012).

Alojumu izmēri atšķiras gan dažādos reģionos, gan atkarībā no to skaita uz vienas lapas plātnes. Katra alojuma vidējais izmērs, ja to uz lapas ir no viena līdz trim, ir  $1,25 \pm 0,01 \text{ cm}^2$ , bet var sasniegt arī  $3,9 \text{ cm}^2$ . Šādā gadījumā vidējais bojājuma laukums ir  $5,4 \pm 0,1\%$  lapas laukuma. Ja uz lapas ir 10-12 alojumi, bojājums var veidot  $17,0 \pm 0,3\%$  no lapas virsmas laukuma (Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b, Jurc 2012).

Pētījumos parādās divi dažādi viedokļi par raibkodes ietekmi uz liepām. Vairāki autori uzskata, ka koki netiek nopietni apdraudēti, jo barošanās intensitāte uz liepām ir neliela, tā neizraisa priekšlaicīgu lapu izžūšanu, nokrišanu vai koku atmiršanu pat vairākus gadus pēc invāzijas sākuma. Netiek radīti arī lieli estētiski zaudējumi, jo tauriņš galvenokārt izvēlas noēnotas kokaudzes, alojumi visbiežāk atrodami uz koku apakšējiem zariem vai jaunu koku lapām paaugā, turklāt neizraisa to krāsojuma maiņu, tādēļ nav uzskatāmi redzami (Doorenweerd *et al.* 2014, Kovács *et al.* 2006, Roques *et al.* 2010, Šefrová 2002, 2003). Ja alojumu skaits uz vienas lapas ir liels, tos visdrīzāk izveidojušas vairākas tauriņa paaudzes, un novērtēts, ka situācija būtiski nemainās arī vietās, kuras tauriņš apdzīvo jau ilgstoši, līdz ar to tuvākajā nākotnē nopietnas problēmas nav gaidāmas (Perny 2007). Turklāt liepu raibkode nenodara nekādu kaitējumu arī vietējām tauriņu sugām ar līdzīgu barošanos un visdrīzāk ir integrēta to sabiedrībā (Šefrová 2002, 2003).

Taču citi autori uzskata, ka liepu raibkode, lai gan neizraisa nopietnus ekonomiskos zaudējumus, ir nozīmīgs kaitēklis pilsētās, parkos un mežaudzēs. Liels alojumu skaits uz vienas lapas rada stipru tās plātnes deformāciju, tādā veidā radot estētisku kaitējumu, īpaši tad, ja tauriņš barojas uz kokiem, kuriem ir dekoratīvās funkcijas (Ermolaev, Motoshkova

2008, Izhevsky, Maslyakov 2010, Jurc 2012, Stolnicu, Ureche 2007, Селиховкин *u др.* 1996). Lai gan šīs sugas parādīšanās kādā reģionā ir mazāk pamanāma nekā citu tauriņu, piemēram, zirgkastaņu raibkodes, tā var būt pat ar lielāku nozīmi. Kāpuru barošanās radītie bojājumi nav tik labi redzami, jo atrodas lapu apakšpusē, taču liepu raibkode, atšķirībā no citām sugām, barojas uz plaši sastopamiem un apstādījumos bieži izmantotiem kokiem gan pilsētās, gan ciemos (Jaworski 2009). Liels tauriņa populācijas blīvums var izraisīt arī priekšlaicīgu lapu nobiršanu, zaru novīšanu un koku novājināšanos (Ermolaev, Zorin 2011b, Izhevsky, Maslyakov 2010, Беднова, Белов 1999, Мозолевская *u др.* 2000). Liepām tas var nodarīt būtisku kaitējumu, jo šie koki, atšķirībā no, piemēram, apsēm vai bērziem, sezonas laikā neveido papildus lapas (Ermolaev, Sidorova 2011).

I. V. Ermolaev un D. A. Zorin (2011b) veiktais pētījums parāda, ka liepu raibkodes kāpuru barošanās rezultātā var mainīties arī citi saimniekauga parametri, kas nav novērtējami vizuāli. Iespējams, tādēļ vairākos reģionos tauriņš netiek uzskatīts par nozīmīgu kaitēkli, jo tiek vērtēta tikai koku dekoratīvātes saglabāšanās (Doorenweerd *et al.* 2014, Kovács *et al.* 2006, Roques *et al.* 2010, Šefrová 2002).

Alojumu atrašanās uz lapas plātnes apakšējās daļas būtiski negatīvi ietekmē fotosintēzi (Ermolaev, Zorin 2011b, Mishchenko 2014, Белов 2011, Мищенко 2011), visdrīzāk tādēļ, ka tiek traucēta atvārsnīšu darbība, kas pārsvarā atrodas tieši šajā pusē (Welter 1989). Atvārsnīšu funkcijas traucējumi negatīvi ietekmē ūdens apmaiņu un samazina fotosintēzes aktivitāti (Mauriņa 1987). Tā rezultātā samazinās saimniekauga produktivitāte un vairošanās spēja (Ermolaev, Zorin 2011b). Fotosintēzi var negatīvi ietekmēt arī priekšlaicīga lapu nobiršana (Hespenheide 1991).

Visvairāk liepu raibkode rada bojājumus uz lapām periodā, kad koki intensīvi aug. Tauriņa populācijas blīvuma un līdz ar to bojājuma skaita palielināšanās būtiski negatīvi ietekmē jauno zaru garumu, pumpuru skaitu, kas uz tiem veidojas, un gadskārtu kopējo platumu, būtiski samazinot vasaras koksnes pieaugumu (Ermolaev, Zorin 2011b).

Liepu ziedēšanas periods ilgst aptuveni mēnesi, atkarībā no mikroklimata, individuālās variācijas, pakāpeniskas ziedu atvēršanās vainagā. Liepu raibkodes kāpuri lielāko daļu bojājumu veido periodā, kad notiek vainaglapu un putekšņlapu augšana, putekšņīcu, augļēņu un olšūnu veidošanās. Līdz ar to tauriņš negatīvi ietekmē arī koka reproduktīvos parametrus – konstatēta būtiska negatīva korelācija ar ziedu pušķīšu un atsevišķu ziedu skaitu uz vienu metru zara garuma, kopējo cukuru daudzumu ziedu nektārā un augļu masu (Ermolaev, Zorin 2011b). Minimālais alojumu skaits uz vienu koka lapu, kas būtiski ietekmē saimniekauga parametrus dažādos gados, var atšķirties (4. tabula).

4. tabula

Saimniekauga parametrus ietekmējošais minimālais liepu raibkodes alojumu skaits uz vienu koka lapu dažādos gados (Ermolaev 2014, Ermolaev, Zorin 2011b).

Table 4

Damage treshold of lime leafminer, mines per one leaf in different years (Ermolaev 2014, Ermolaev, Zorin 2011b).

<b>Koka parametri Tree characteristics</b>	<b>Raksturojošie lielumi Characteristic values</b>	<b>Minimālais alojumu skaits Minimum number of mines</b>
Koka produktivitāte	Jauno zaru garums	1-3
	Pumpuru skaits uz jaunajiem zariem	1-3
	Vasaras koksnes pieaugums	2-3
	Kopējais gadskārtas platums	2-3
Koka reproduktīvie parametri	Ziedu pušķīšu skaits uz vienu metru zara garuma	1-3
	Atsevišķu ziedu skaits uz vienu metru zara garuma	1-3
	Cukuru daudzums nektārā	1-3
	Augļu masa	1-4

## 1.6. Liepu raibkodes ekoloģija

### 1.6.1. Liepu raibkodes apdzīvotie biotopi un to izvēli ietekmējošie faktori

Tauriņi, kas veido alojumus uz koku lapām, izplatīti dažādos biotopos. Tie apdzīvo ne tikai vietas, kur vides apstākļi ir vislīdzīgākie dabiskajiem, bet arī kokus pilsētu apstādījumos – gan parkos, gan ielu malās (Белов 2011, 2012). Biotopu izvēle dažādām sugām un to attīstības stadijām atšķiras, jo tām ir dažādas prasības pret vidi. Gravīdas mātītes izvēlas tādas olu dēšanas vietas, kas piemērotas olu un pirmo attīstības stadiju kāpuru vajadzībām, jaunie kāpuri meklē labākos apstākļus savai un kūniņu attīstībai, savukārt pieaugušie īpatņi izvēlas biotopus, kas ir piemērotākie masveida migrācijām, areāla paplašināšanai nelielos mērogos vai diennakts aktivitātēm. Biotopa izvēle nav vienkārša, tā balstās uz vairākiem faktoriem, kuru ietekme pārklājas savā starpā. Pirmkārt, svarīga ir suga un tās attīstības stadija. Piemēram, kāpuri nespēj pārvietoties lielos attālumos, taču tiem ir pieejams patvērumš un barība. Otrkārt, biotopa izvēli ietekmē ārējie apstākļi, piemēram, mikroklimats (Willmer 1982). Alojumu veidojošo tauriņu telpisko izplatību ietekmē arī audzes sastāvs ar attiecīgajiem saimniekaugiem, tās vertikālā struktūra un vides piesārņojums (Белов 2011, 2012). Kopumā šīs tauriņu ekoloģiskās grupas izplatība biotopos ir vāji pētīta. Dažādās valstīs un reģionos vienas sugas pārstāvji bieži tiek reģistrēti vietās, kas ievērojami atšķiras pēc mikroklimata un citiem vides faktoriem (Ermolaev 2014).

Liepu raibkodes sākotnējā izplatības areāla robežās tās dabiskais biotops ir liepu meži (Roques *et al.* 2010). Arī Eiropā pirmie raibkodes novērojumi bijuši mežaudzēs (Šefrová

2002). Taču mūsdienās šajā reģionā tā sastopama visur, kur vien aug liepas – nelielās cilvēka veidotās mežaudzēs, dārzos, parkos, baznīcu un apdzīvotu vietu pagalmos, skvēros pilsētu centrā, alejās, kā arī dabiskās mežaudzēs un mežos ar platlapju piemistrojumu (Ermolaev, Motoshkova 2008, Lehmann 2009, Matošević 2007, Perny 2007, Roques *et al.* 2010, Беднова, Белов 1999, Клепиков 2005). Liepu raibkodes izplatība ir nevienmērīga, vietām tās populācijas blīvums var būt augsts, savukārt citur – zems (Šefrová 2002, Клепиков 2005).

Dažādu autoru darbos minētie biotopi, kas vislabāk piemēroti liepu raibkodei, atšķiras. Daži autori konstatējuši, ka tauriņam piemērotākie apstākļi ir mežos ar daudzveidīgu koku sugu sastāvu un paaugā vai pamežā esošām liepām. Lielākais īpatņu skaits sastopams mežos ar slēgtu koku vainagu, piemēram, liepu audzēs un egļu mežos uz jaunām liepām, jo tauriņš izvēlas noēnotas vietas. Vidējais alojumu blīvums uz lapas pieaug, palielinoties audzes blīvumam un līdz ar to arī noēnojumam. Būtisks bojājumu apjoms var būt arī dabiskās liepu tīraudzēs pilsētas tuvumā (Ermolaev 2014, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011a). Savukārt citi autori kā biotopus ar labvēlīgākajiem apstākļiem raibkodei min liepu stādījumus mežaparkos un parkos. Nepiemērotas vietas, kurās tauriņa populācijas blīvums ir zems, ir liepu stādījumi uz ielām vai daudzveidīga sastāva koku audzes, kurās liepas piemistrojums ir neliels (Беднова, Белов 1999). Taču kopumā liepu raibkode var būt sastopama visās liepu audzēs, neatkarīgi no to vecuma, fizioloģiskā stāvokļa (piemēram, piesārņojuma, zaru apgriešanas) un izcelsmes (Ermolaev, Motoshkova 2008).

Pilsētās koku stādījumi visbiežāk ir mozaīka no dažāda sugu sastāva, vecuma un tipa audzēm. Visbūtiskākie šajos apstākļos ir dažādi nelabvēlīgi antropogēnas izcelsmes faktori, kas ietekmē sugu sezonālo ciklu, izdzīvotību un barības specializēšanos (Мозолевская 2012). Viens no galvenajiem faktoriem ir gaisu piesārņojošās vielas, kas var izmainīt augsnes parametrus, barības augu kvalitāti, kā arī fitofāgu un entomofāgu sabiedrības (Führer 1985).

Liepu raibkodes pētījumos, kas saistīti ar pilsētām, piesārņojums minēts kā būtiskākais to ietekmējošais faktors, taču konkrētu ķīmisko vielu, izņemot smagos metālus, ietekme uz šo sugu nav analizēta. Tomēr noskaidrots, ka tauriņa izplatība pilsētās atkarīga no attāluma līdz piesārņojuma avotam – uz liepām, kas atrodas tālāk no lielceļiem, alojumu skaits ir būtiski lielāks nekā uz tiem, kas aug tieši ceļu malās. Līdzīga tendence novērojama arī pilsētas perifērijā, salīdzinot ar tās centru. Tas saistīts ar dažādu ķīmisko vielu, īpaši smago metālu (cinka, vara, dzelzs, alvas un mangāna) koncentrācijas atšķirībām koku lapās un augsnē, kas ir būtiski lielākas pilsētas centrā un ceļu tuvumā (Ermolaev, Sidorova 2012).

Fitofāgo organismu reakcija uz piesārņojumu ir dažāda, atkarībā no ķīmisko vielu dabas, koncentrācijas un kukaiņa orgāniem, ko tās ietekmē. E. Führer (1985) dažādas fitofāgu sugas iedala trīs kategorijās, atkarībā no to reakcijas uz piesārņojumu:

1. Sugas, kam ir priekšrocības, ja piesārņojuma koncentrācijas lielas, un tās bieži savairojas masveidā šādos apstākļos. Šīm sugām var būt augsta tolerance pret gaisu piesārņojošām vielām vai slēpts dzīvesveids, kas palīdz no piesārņojuma izvairīties, iespējami ieguvumi, samazinoties koka rezistencei, kā arī pret piesārņojumu jutīgo konkurentu izzušanas dēļ;
2. Sugas, kuru sastopamība ievērojami samazinās tiešā piesārņojuma avota tuvumā, bet optimālie apstākļi ir vidējā vai zemā piesārņojošās vielas koncentrācijā. Šīs sugas var būt tolerantas pret piesārņojumu un ar atklātu dzīvesveidu vai arī tādas, kas ir jutīgas, bet to dzīvesveids slēpts, barības kvalitāte ir optimāla, ja piesārņojuma līmenis ir vidējs vai zems, un dabisko ienaidnieku izzušana notiek jau zemā piesārņojošās vielas koncentrācijā;
3. Sugas, kas var būt sastopamas antropogēni ietekmētos biotopos, taču izzūd piesārņotās vietās, arī tad, ja vielu koncentrācija ir zema. Šīm sugām ir augsts jutīgums pret piesārņojošām vielām, vai arī to saimniekauga kvalitātē notiek būtiskas izmaiņas jau neliela piesārņojuma apstākļos.

Liepu raibkodes izplatība pilsētās atbilst neadaptīvajam variantam, proti, tās sastopamības biežums samazinās, palielinoties piesārņojumam. Dažādu piesārņojošo vielu koncentrācijas palielināšanās ietekmē gan augstākos trofiskos līmeņus, piemēram, parazītus un plēsējus, gan arī izmaina saimniekauga stāvokli (Ermolaev, Sidorova 2012).

Parasti piesārņojuma ietekmē samazinās koka dzīvotspēja, paātrinās tā novecošana, koks ir vairāk pakļauts stresa faktoriem, piemēram, sausumam un zemām temperatūrām, notiek izmaiņas metabolismā (Führer 1985). Taču liepas ir izturīgas gan pret gaisu piesārņojošām vielām, gan pret nelabvēlīgiem vides apstākļiem (Бухарина *u др.* 2007). Pētījumos nav apskatīta šo koku dzīvotspējas samazināšanās pilsētu centros, taču noskaidrots, ka lielāka piesārņojuma apstākļos liepām ir mazākas un biežākas lapas ar blīvāku dzīslojumu, kā arī retāki vainagi ar mazāku noēnotu lapu skaitu, salīdzinot ar tām, kas aug parkos (Фролов, Горышина 1982). Piesārņojuma dēļ liepās notiek arī bioķīmiskas izmaiņas. Lai gan aļojumus veidojošos bezmugurkaulniekus apdraud tikai tās vielas, kas iekļūst auga audos, nevis nogulsņējas uz tā virsmām, liepu raibkodes barības kvalitāte samazinās tajā esošo sulfātu, fluorīdu un dažādu smago metālu, piemēram, kadmija dēļ (Führer 1985). Plēsēju un parazītu ietekme uz liepu raibkodi ir neliela pat tiem ekoloģiski labvēlīgās vietās, piemēram, pilsētu nomalēs, tādēļ to skaita un ietekmes samazināšanās piesārņotos apstākļos nav būtiska. Līdz ar to liepu raibkodes populācijas blīvuma būtisku samazināšanos pilsētu centros var izskaidrot galvenokārt ar zemāku barības kvalitāti augsta piesārņojuma apstākļos (Ermolaev, Sidorova 2012).

## 1.6.2. Liepu raibkodes telpiskais izvietojums koka vainagā un to ietekmējošie faktori

Alojumus veidojošo tauriņu izplatība ir atšķirīga ne tikai dažādos biotopos, bet arī saimniekaugu vainagos. Olas dējošo mātišu uzvedība ietekmē pēcnācēju, kas attīstās koka lapu audos, atrašanās vietu un līdz ar to arī izdzīvotību (Auerbach *et al.* 1995, Auerbach, Simberloff 1989, Kozlov, Koricheva 1991). Ekoloģiskie apstākļi, saimniekauga fizioloģiskie parametri un aizsargmehānismi atšķiras starp atsevišķiem kokiem, augstuma līmeņiem virs zemes tajos, zariem un pat individuālām lapām. Līdz ar to mātišu uzvedību ietekmē gan abiotiskie faktori, īpaši mikroklimats, gan augu fizioloģija. Dažādas sugas var izvēlēties vainaga augšējo vai lielākajā daļā gadījumu apakšējo daļu, atkarībā no to prasībām pēc saules vai ēnas. Dažām sugām labvēlīgākās vietas ir tās, kas pasargātas no vēja, galvenokārt koka centrālajā daļā tuvāk stumbram. Vēl viena sugu grupa izvēlas atsevišķas lapas, atkarībā no to vecuma (Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011a, Hespeneide 1991).

Liepu raibkodes alojumu skaits ir cieši saistīts ar noēnojuma palielināšanos (Ermolaev, Zorin 2011a). Tauriņš visbiežāk izvēlas saimniekaugus, kas sastopami noēnotās vietās, piemēram, paaugā vai kāda cita koka vai mākslīga objekta ēnā (Jaworski 2009, Perny 2007, Rodeland 2007, Roques *et al.* 2010, Šefrová 2002). Ja attiecīgais biotops ir atklāts, raibkode biežāk sastopama uz sazarotiem kokiem, kuros ir tai piemēroti noēnojuma apstākļi, un izvairās no saules apgaismotām daļām (Šefrová 2002).

Viena koka mērogā alojumu skaits būtiski palielinās vertikālā virzienā no galotnes uz tā pamatni, jo raibkode visbiežāk apdzīvo liepu zarus vainaga apakšējā trešdaļā divu līdz trīs metru augstumā virs zemes, kur noēnojums ir lielāks (Ermolaev 2014, Ermolaev, Zorin 2011a, Huemer, Erlebach 2003, Jaworski 2009, Kovács *et al.* 2006, Беднова, Белов 1999, Мищенко 2014). Piemēram, I. V. Ermolaev un D. A. Zorin (2011a) pētījumā konstatēts, ka, analizējot vizuāli līdzīgas zaru daļas vienā koka pusē, vairāk kā 60% visu alojumu atradās vainaga apakšējā trešdaļā, bet augšējā – mazāk kā 10%. Savukārt O. V. Bednova un D. A. Belov (Беднова, Белов 1999) konstatējuši, ka vainaga apakšējā trešdaļā atrodas gandrīz 90% no visiem alojumiem kokā. Līdzīgas izmaiņas alojumu skaitā parādās arī virzienā no zaru galiem uz to pamatni tuvāk stumbram, jo arī šajā gadījumā palielinās noēnojums (Ermolaev 2014, Ermolaev, Zorin 2011a, Huemer, Erlebach 2003). Šāda tendence novērojama aptuveni 75% koku, ko apdzīvo liepu raibkode (Ermolaev, Zorin 2011a).

Tomēr pētījumi parāda, ka nevienmērīgs liepu raibkodes telpiskais izvietojums koka vainagā raksturīgs tikai uz tām liepām, kas ir augstākas par 14 metriem (Ermolaev, Zorin 2011a). Alojumu atrašanās vieta uz jaunajiem dzinumiem, kas attīstās pie liepu stumbriem vai celmiem, būtiski atšķiras no to izvietojuma normāli augošos kokos (Kozlov, Koricheva 1991).

Atšķirīgs liepu raibkodes telpiskais izvietojums ir arī uz jauniem kokiem. Liepām līdz piecu metru augstumam tas ir vienmērīgs, jo barības resursi ir izvietoti gandrīz neatkarīgi no zaru orientācijas un audzes blīvuma koku nelielā izmēra un relatīvi vienādā vainaga apgaismojuma dēļ (Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011a). Taču atsevišķos gadījumos vienmērīgs liepu raibkodes alojumu izvietojums, neatkarīgi no orientācijas, vietas vainagā (iekšpusē vai ārpusē) un tauriņa populācijas blīvuma, var būt arī liela izmēra kokiem (Ermolaev, Motoshkova 2008, Беднова, Белов 1999).

Arī alojumu novietojums uz atsevišķām lapām dažādām tauriņu sugām atšķiras, jo katra lapa nodrošina atšķirīgus ekoloģiskos apstākļus, ko nosaka gan tās morfoloģija, gan abiotiskie faktori un mikroklimats. Šīs atšķirības būtiski ietekmē tauriņu uzvedību, dējot olas. Dažādām sugām var būt svarīgs lapas vecums, ekspozīcija, izmērs, dzīslējums, iepriekšējais fitofāgu radītais bojājumu apjoms un citi faktori (Auerbach, Simberloff 1989, Ermolaev, Motoshkova 2008, Hespeneheide 1991, Баранчиков, Ермолаев 1998).

Visbiežāk olas tiek dētas uz lielāka izmēra lapām, lai gan šis faktors izskaidro tikai nelielu daļu no alojumu blīvuma variācijas (Auerbach, Simberloff 1989). Lielākā alojumus veidojošo tauriņu sugu daļa šim mērķim izvēlas lapas plātnes apakšējo virsmu, daļa – augšējo, bet mazāk kā 10% tauriņu sugu vienādi bieži dēj olas uz abām (Reavey, Gaston 1991). Veselas lapas, salīdzinot ar citu fitofāgo kukaiņu vai cilvēka bojātajām, izvēlas lielāks mātīšu skaits, jo tajās ir augstāks proteīnu saturs un mazāka parazitoīdu ietekme (Faeth 1986).

Pētījumos pierādīts, ka alojumus veidojošie tauriņi ne tikai meklē noteikta veida lapas, bet arī spēj atšķirt, vai uz tām ir jau izdētas olas. Palielinoties fitofāga populācijas blīvumam, pieaug arī saimniekauga atbildes reakcija, piemēram, priekšlaicīgas lapu nobiršanas risks, un rodas konkurence starp vienas sugas indivīdiem. Lai inducētu pēc iespējas mazāku saimniekauga atbildes reakciju, liela populācijas blīvuma gadījumā mātītes uz vienas lapas plātnes olas izvieto vienmērīgi. Divu alojumu gadījumā tie pārsvarā novietoti galvenās dzīslas pretējās pusēs, un arī lielākam alojumu skaitam atrašanās vieta uz lapas nav nejauša, bet gan pēc iespējas tālāk vienam no otra (Auerbach, Simberloff 1989, Ermolaev, Motoshkova 2008).

Šīs parādības iespējamais izskaidrojums ir jau izmantoto lapas plātnes reģionu marķēšana kādā veidā, ko olas dējošie īpatņi var atpazīt. Visdrīzāk šie marķieri ir infoķīmiski, un tos izdala mātīšu ģenitālie dziedzeri. To sekrēcija un uztveršana ļauj tauriņiem izvēlēties vēl neapdzīvotas lapas vai to reģionus, inducējot mazāku saimniekauga atbildes reakciju, samazināt iespējamās negatīvās konkurences sekas, kā arī nodrošināt maksimālu pēcnācēju izplatīšanos un to izvairīšanos no entomofāgiem (Ermolaev, Motoshkova 2008, Vet, Dicke 1992). No alojumu lokalizācijas vietas uz lapas ir atkarīga arī kāpuru izdzīvotība. Mātītes vispirms dēj olas optimālās lapas plātnes vietās, tad suboptimālās, bet liela populācijas

blīvuma gadījumā tiek aizpildītas arī citas, mazāk piemērotas. Turklāt šādu infoķīmisku marķieru eksistence var arī izskaidrot būtisko pozitīvo korelāciju starp lapas izmēru un olu skaitu, kas uz tās tiek izdēts (Auerbach, Simberloff 1989, Ermolaev, Motoshkova 2008, Kozlov, Koricheva 1991).

Liepu raibkodes alojumi gandrīz visos gadījumos ir novietoti lapas apakšpusē, visbiežāk starp tās centrālo un citām lielākajām dzīslām (Noreika 1998, Rodeland 2007, Roques *et al.* 2010, Stolnicu, Ureche 2007, Šefrová 2002). Pieaugot populācijas blīvumam, tauriņš var veidot alojumus arī lapas virspusē (Ermolaev, Motoshkova 2008, Jurc 2012, Šefrová 2002). Lielākajā daļā gadījumu tauriņš izvēlas jaunas lapas (Segerer 2008).

Ja uz lapas ir tikai viens alojums, tas visbiežāk novietots lapas vidusdaļā un bazālajā trešdaļā, bet lapas perifērija tiek izmantota būtiski retāk (Ermolaev, Motoshkova 2008, Kozlov, Koricheva 1991). Lielāka alojumu skaita gadījumā tie tāpat kā citām tauriņu sugām tiek vienmērīgi izvietoti pa visu lapas plātņi, arī tās perifērijā un subapikālajā daļā, lai inducētu pēc iespējas mazāku saimniekauga atbildes reakciju un samazinātu iekšsugas konkurenci, palīdzot lielākam pēcnācēju skaitam sasniegt imago stadiju un izvairīties no dabiskajiem ienaidniekiem (Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011a, Jurc 2012, Stolnicu, Ureche 2007). Kopējais alojumu skaits uz lapas būtiski korelē ar tās virsmas laukumu (Ermolaev, Zorin 2011a).

### **1.6.3. Liepu raibkodes populācijas un to dinamiku ietekmējošie faktori**

Liepu raibkodes populācijas dinamika, galvenokārt zemā tauriņa mirstība, ļauj strauji pieaugt tās populācijas blīvumam (Ermolaev 2014, Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Sidorova 2011, 2012). Pētījumos noskaidrots, ka atkarībā no sezonas un reģiona tauriņa izdzīvojušo īpatņu daudzums var variēt no 50% līdz vairāk kā 80%, turklāt tas ir lielāks pirmās paaudzes īpatņiem. Procentuālā mirstība uz dažādām liepu sugām būtiski neatšķiras (Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Izboldina 2013, Kirichenko 2014). Tikai vienā Z. A. Yefremova un citu autoru (2009) pētījumā liepu raibkodes mirstība pārsniedza 70% un uzskatāma par augstu.

Jebkuram kukainim paplašinot savu areālu, pēc neilga laika posma tā populācija samazinās, jo to sāk kontrolēt dažādi abiotiskie un biotiskie faktori, kas ne vienmēr konkrētām sugām ir detalizēti izpētīti (Segerer 2008). Arī liepu raibkodes populācijas blīvums sākotnēji pieaug, bet vēlāk to sāka kontrolēt vietējie abiotiskie un biotiskie faktori, piemēram, plēsēji un parazitoīdi (Šefrová 2002).

Visbiežāk alojumus veidojošo tauriņu kāpuriem un kūniņām mirstību izraisa laika apstākļi, sēņu infekcijas, plēsēji, piemēram, atsevišķas putnu sugas, kā arī parazitoīdi (Askew,

Shaw 1979a, 1979b, Auerbach *et al.* 1995). Būtisku kāpuru mirstību var radīt arī no fizikālā vai ķīmiskā viedokļa nepiemēroti barības resursi un augu pastāvīgās vai inducētās fitoķīmiskās aizsargreakcijas (Faeth 1986, Marino *et al.* 1993). Populācijas dinamiku ietekmē arī saimniekauga fenoloģija, visbiežāk pēdējām attīstības stadijām, kas attīstās alojumā – daudzām sugām būtisks mirstības cēlonis ir priekšlaicīga lapu nobiršana. Lielāko alojumus veidojošo tauriņu daļu būtiski ietekmē tieša un netieša iekšsugas konkurence, savukārt mirstībai, ko izraisa konkurence ar citiem fitofāgiem, parasti nav lielas ietekmes uz to populācijas dinamiku (Auerbach *et al.* 1995).

Visbiežāk pētījumos tiek apskatīti liepu raibkodes kāpuru un kūniņu mirstības cēloņi. Alojumus veidojošo tauriņu olas ir nelielas un to mirstība novērtēta tikai dažām sugām, arī pieaugušo īpatņu mirstības cēloņi dokumentēti reti. Mirstības cēloņus var klasificēt kā acīmredzamus, piemēram, parazitisms un plēsonība, un neskaidrus, ko visbiežāk saista ar saimniekauga rezistenci (Auerbach *et al.* 1995). Pētījumos par liepu raibkodes mirstību kā būtiskāko tās cēloni parasti apskata parazitoīdu ietekmi, taču reģistrēti arī gadījumi, kad tauriņa populācija lokāli izzudusi ekstrēmu abiotisko faktoru dēļ (Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Sidorova 2011). Bieži lielākā kāpuru un kūniņu mirstība (līdz 40%) ir nenoskaidrotu apstākļu dēļ (Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Izhboldina 2013).

### **1.6.3.1. Liepu raibkodes populācijas un to dinamiku ietekmējošie abiotiskie faktori**

No abiotiskajiem faktoriem liepu raibkodi tāpat kā citus alojumus veidojošos tauriņus visvairāk ietekmē mikroklimats. No fizioloģiskā viedokļa jebkuram neliela izmēra poikilotermam sauszemes dzīvniekam svarīgākie klimatiskie faktori ir temperatūra un mitruma daudzums (relatīvais mitrums) gaisā, taču tos ietekmē vēl divi citi faktori – saules radiācija un vējš. Augu audos dzīvojošie kukaiņi ir atkarīgi no to saimnieka regulācijas mehānismiem – temperatūru ietekmē saimniekauga transpirācijas intensitāte, savukārt mitruma bilanci – šūnsulas koncentrācija (Segerer 2008, Willmer 1982).

Labvēlīgi klimatiskie apstākļi, tādi kā augsta gaisa temperatūra laikā, kad lielākā daļa liepu raibkodes populācijas ir kāpuru un kūniņu stadijās, var paātrināt to attīstību un saīsināt paaudzes attīstības laiku. Arī tauriņa olu dēšana pavasarī var sākties agrāk, ja temperatūra ir augstāka. Savukārt nepiemērotu apstākļu gadījumā tauriņa populācijas blīvums ievērojami samazinās. Ekstrēmi klimatiskie faktori, piemēram, ļoti karsts un sauss laiks, var izraisīt pat pilnīgu liepu raibkodes izzušanu noteiktos reģionos (Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Sidorova 2011, Segerer 2008, Ермолаев, Зорин 2013). Līdzīgi ir arī ar aukstu laiku ziemā, jo bieži dažādos biotopos ir sastopami tikai jauni liepu koki ar līdzenu un samērā plānu mizu, bet

tādi, kam miza rievaina un der raibkodes pārziemošanai, sastopami reti. Šādos gadījumos liela daļa īpatņu var iet bojā, jo tie nav pietiekami pasargāti no sala (Jaworski 2009, Селиховкин, Тимофеева 2012). Taču aukstās ziemās iet bojā arī vērā ņemams ziemojošo liepu raibkodes parazītoīdu skaits, tādēļ atsevišķos gadījumos efekts var būt pozitīvs (Ermolaev *et al.* 2011).

### 1.6.3.2. Liepu raibkodes populācijas un to dinamiku ietekmējošie biotiskie faktori

Viens no biotiskajiem faktoriem, ko bieži min kā iemeslu nenoskaidrotai liepu raibkodes mirstībai, ir saimniekauga rezistences mehānismi (Auerbach *et al.* 1995). Lielākajai augu daļai audi jau sākotnēji satur dažādas ķīmiskas vielas, kas ir toksiskas un darbojas kā aizsarglīdzeklis pret fitofāgiem (Douglas 2009). Taču pētījumos noskaidrots, ka eksistē arī inducētas koka atbildes reakcijas, kas tiek ierosinātas, fitofāgam barojoties un radot bojājumus uz lapām (Haukioja 1991). Alojumu veidošanas laikā mainās koka bioķīmiskie parametri – parasti tās ir kvalitatīvas un kvantitatīvas izmaiņas primāro un sekundāro metabolītu sastāvā (Faeth 1986, Marino *et al.* 1993, Баранчиков, Ермолаев 1998). Sekundārie metabolīti atbild par auga rezistenci, daži ir toksiski fitofāgiem un samazina to izdzīvotību, daži var samazināt barības kvalitāti (Ermolaev, Zorin 2008, Haukioja 1991).

Saimniekaugs var arī samazināt liepu raibkodes populāciju blīvumu, izraisot priekšlaicīgu to lapu nobiršanu, uz kurām ir alojumi (Баранчиков, Ермолаев 1998). Šī iemesla dēļ bieži tiek traucēta vai pārtraukta tauriņa otrās paaudzes attīstība rudenī (Ермолаев, Зорин 2013).

Svarīgs biotiskais faktors, kas ietekmē liepu raibkodi, ir arī sēņu izraisītās saslimšanas un citi patogēni (Jaworski 2009, Pečiulytė, Kačergius 2012). Lai gan tauriņa kāpuri un kūniņas alojumu iekšpusē ir labāk pasargāti no plēsējiem un dažādiem mikroorganismiem, tajos ir augstāks mitrums un stabilāka temperatūra, līdz ar to piemērotāki apstākļi patogēnu attīstībai, salīdzinot ar lapas virsmu. Entomopatogēnās sēnes iekļūst alojumos cauri atvērumiem, ko veido kāpuri pēc izšķilšanās no olas, un optimālos apstākļos vairāk kā pusei no tauriņa populācijas var būt mikozes simptomi (Pečiulytė, Kačergius 2012). Lai gan sēņu slimību ierosinātāji ir sastopami samērā bieži, tie neizraisa lielu mirstību arī tajos gadījumos, kad tauriņa populācijas blīvums ir liels (Auerbach *et al.* 1995).

Literatūrā ir maz informācijas par patogēno sēņu un citu mikroorganismu sugām, kas saistītas ar liepu raibkodi. D. Pečiulytė un A. Kačergius (2012) min, ka visbiežāk uz tauriņa kāpuriem sastopamas *Lecanicillium* ģints sugas, kam seko *Trichothecium roseum* (Pers.) Link un *Isaria fumosorosea* Wize. Uz liepu raibkodes kāpuriem un imago konstatēto patogēno sēņu sugas apkopotas 1. pielikumā.

Salīdzinot ar citiem liepu raibkodes mirstību izraisošajiem faktoriem, parazitoīdi ir pētīti visplašāk (piem., Ermolaev 2014, Ermolaev *et al.* 2011, Yefremova, Mishchenko 2008, 2010, 2012, Yefremova, Mistchenko 2009), jo alojumus veidojošie kukaiņi ir ar visbagātāko parazitoīdu faunu, salīdzinot ar citām ekoloģiskajām grupām, kuru attīstības stadijas alojumus neveido (Auerbach *et al.* 1995, Баранчиков, Ермолаев 1998). Lielākā daļa autoru, kas salīdzina liepu raibkodi ar citu bīstamu invazīvu sugu – zirgkastaņu raibkodi, salīdzinoši augsto parazītismu min kā galveno iemeslu, kādēļ liepu raibkode nenodara tikpat lielu kaitējumu (Huemer 2007, Lehmann 2009, Rodeland 2007, Ureche 2006).

Alojumus veidojošajiem kukaiņiem, tajā skaitā tauriņiem, reti novēroti gadījumi, kad dabisko ienaidnieku darbības dēļ iet bojā to olas. Olu nelielā izmēra dēļ ir tikai dažas parazitoīdu sugas, kas pielāgojušās, lai uz tām barotos. Līdz ar to gandrīz visi pētījumi par alojumus veidojošo kukaiņu mirstību kā būtisku iemeslu tai min tikai parazītismu uz kāpuriem un kūniņām (Auerbach *et al.* 1995, Мищенко 2014). Parazitoīdi nogalina saimnieku, dējot olas uz tā ķermeņa virsmas vai iekšpusē, kam seko parazitoīda kāpura, kā arī pieauguša īpatņa barošanās uz saimnieka (Hespenheide 1991).

Parazitoīdi atrod saimnieku, uztverot ķīmiskas izcelsmes informāciju, kas rodas fitofāga barošanās un citu fizioloģisku darbību rezultātā – no ekskrementiem, kutikulas, ekzūvijiem, siekalu dziedzeru sekrētiem, feromoniem, ķermeņa zvīņām, hemolimfas. Tās sugas, kas izmanto saimnieka stadijas, kas nebarojas, piemēram, kūniņas, atrod tās, balstoties uz ķīmisku informāciju par citām stadijām, kas apdzīvo tās pašas auga daļas (Vet, Dicke 1992).

Informācija par pirmajiem liepu raibkodes parazitoīdiem apkopota neilgi pēc tam, kad šī tauriņa suga atklāta. Sākotnēji Japānā konstatētas divas parazitoīdu sugas no spožlapseņu Chalcidoidea virsdzimtas – *Sympiesis laevifrons* Kamijo un *S. sericeicornis* Nees (Kamijo 1965). Vēlāk parazitoīdu sugu saraksts liepu raibkodes dabiskajā areālā papildināts ar citām spožlapseņu, kā arī jātniecīņu Ichneumonoidea virsdzimtas sugām (Hirao, Murakami 2008, Ikeda 1996, Kamijo 1977, 1986, Kamijo, Ikeda 1997).

Eiropā un Krievijas rietumu daļā liepu raibkodei ir izveidojies savs parazitoīdu komplekss, jo tai specializējušies parazitoīdi dabiskajā izplatības areālā nepārceļoja kopā ar tauriņu, tam savu areālu paplašinot (Kirichenko 2014, Mey 1991, Yefremova, Mishchenko 2008). Eiropā ir liels skaits autohtonu *Phyllonorycter* ģints sugu, uz kurām attīstās liels polifāgu parazitoīdu sugu skaits, galvenokārt no Eulophidae dzimtas. Tie var viegli pielāgoties šai tauriņa sugai un spēj to izmantot, lai attīstītos (Ermolaev *et al.* 2011, Kirichenko 2014, Lehmann 2009, Matošević 2007, Mey 1991, Rodeland 2007, Yefremova, Mishchenko 2008, 2010, Yefremova, Mistchenko 2009). Eulophidae dzimtas pārstāvjiem tā ir bieži raksturīga parādība, jo visbiežāk parazitoīdi atrod jaunu saimnieku starp taksonomiski

radniecīgiem kukaiņiem, kam ir līdzīgas ekoloģiskās īpašības, piemēram, viens saimniekaugs, barošanās niša vai izteikta aktivitāte vienas un tās pašas sezonas laikā (Godfray *et al.* 1995, Yefremova, Mishchenko 2009). Tādā veidā parazītoīdi, kas spēj ātri adaptēties, veido stabilu sabiedrību un ir efektīva metode, kas regulē tauriņa sastopamības biežumu un populācijas blīvumu (Mey 1991, Roques *et al.* 2010).

Pirmo reizi informācija par liepu raibkodes parazītoīdu sugām Eiropā publicēta divdesmitā gadsimta beigās, kad Kijevā reģistrētas sešas to sugas (Mey 1991). Sākotnēji parazītisma intensitāte novērtēta kā neliela, kas nespēj ierobežot tauriņa populāciju, jo vietējie parazītoīdi vēl nav pielāgojušās jaunajam saimniekorganismam (Levente *et al.* 2014, Mey 1991). Vēlāk parazītisms uz liepu raibkodes kāpuriem un kūniņām sasniedzis 10-20%, bet daži autori min, ka mūsdienās līdz pat 50% alojumu var būt ar kādu no parazītoīda attīstības stadijām, reizēm to daudzums sasniedz 90% (Lehmann 2009, Roques *et al.* 2010, Šefrová 2002, Yefremova, Mishchenko 2008). Dažos reģionos, piemēram, Krievijā, liepu raibkodes kāpuru un kūniņu parazītoīdu izraisītā mirstība joprojām tiek vērtēta kā zema un nepārsniedz 12,5%, neatkarīgi no saimniekauga (Ermolaev *et al.* 2011, Kirichenko 2014). Taču arī tajos gadījumos, kad mirstība ir augstāka, tauriņa populācija var saglabāties pietiekami liela, lai nodarītu būtisku kaitējumu liepām (Yefremova, Mishchenko 2008).

Uz liepu raibkodes reģistrēto parazītoīdu sugas visā tauriņa izplatības areālā apkopotas 2. pielikumā. Visas raibkodes parazītoīdu sugas ir plēvspārņu Hymenoptera kārtas pārstāvji, no kuriem lielākā daļa pieder spožlapseņu virsdzimtai (Yefremova, Mishchenko 2008). W. Mey (1991) kā pirmos tauriņa parazītoīdus Eiropā konstatējis *Chrysocharis laomedon* Walker, *Cirrospilus elegantissimus* Westwood, *C. pictus* Nees, *Minotetrastichus frontalis* Nees, *Sympiesis gordius* Walker un *S. sericeicornis*. Mūsdienās visbiežāk sastopamās sugas ir *Chrysocharis laomedon*, *Hyssopus geniculatus* Hartig, *Minotetrastichus frontalis*, *Pnigalio soemius* Walker, *Sympiesis gordius* un *S. sericeicornis*, bet citas tauriņu būtiski neietekmē (Ermolaev *et al.* 2011, Rumen 2009, Yefremova, Mishchenko 2008, Мищенко 2014).

Lielākā liepu raibkodes parazītoīdu daļa pieder Eulophidae dzimtai. Visi šīs dzimtas pārstāvji ir parazītoīdi, kas barojas ar citu kukaiņu kāpura vai kūniņas stadijām, visbiežāk tādām, kas attīstās auga audos (alojumos, saritinātās lapās) (Yefremova, Mishchenko 2009). Pēc pārošanās parazītoīda mātīte aktīvi meklē tauriņa kāpurus un kūniņas, kas atrodas alojuma iekšpusē, un ar antenu palīdzību nosaka to atrašanās vietu zem epidermas. Caurdurot ar dējekli lapas virsmu, tās paralizē saimnieku un dēj nelielas olas 0,5 mm diametrā uz tā kāpura vai kūniņas ādas. Pēc 24 stundām līdz trim dienām atkarībā no sugas no olām izšķiļas kāpuri, kuru izmēri nepārsniedz divus milimetrus. Vēlāk parazītoīds iekūņojas alojumā un pēc 12-14 dienām no olu dēšanas brīža izlido (Yefremova, Mishchenko 2012, Мищенко 2011, 2014).

Parazitoīdi atšķiras pēc to barošanās stratēģijām. Mātītes var dēt tikai vienu olu (solitārs parazītisms) vai arī vairākas (grupveida parazītisms). Parasti to skaits variē no trim līdz septiņām un ir lielāks, ja saimnieks atrodas vēlākā preimaginālā attīstības stadijā un tā izmēri ir lielāki (Мищенко 2011). Lielākā liepu raibkodes parazitoīdu daļa, piemēram, *Pnigalio* ģints pārstāvji un *Elachertus inunctus* Nees ir solidāra. No dominantajām sugām, kas saistītas ar šo tauriņu, grupveida parazītisms raksturīgs tikai *Minotetrastichus frontalis* un *Hyssopus geniculatus* (Ermolaev *et al.* 2011, Yefremova, Mishchenko 2008, Yefremova, Mistchenko 2009, Мищенко 2014).

Plēvspārņi, kas saistīti ar liepu raibkodi, var būt ektoparazīti, kas attīstās uz saimnieka ķermeņa virsmas, vai endoparazīti, kas barojas tā audos. Abām grupām ir dažāda uzvedība un stratēģija – ektoparazīti ļauj saimniekam attīstīties, savukārt endoparazīti tā attīstību būtiski aizkavē (Yefremova, Mishchenko 2008, 2012, Yefremova, Mistchenko 2009). Ektoparazīti piestiprinās pie tauriņa kāpura ķermeņa virsmas ar mandibulām un sūc hemolimfu, tiem visbiežāk ir papildus piedēkļi vai matiņi, kas ļauj gan nofiksēties uz saimnieka, gan aktīvi pārvietoties pa tā ķermeņa virsmu un mainīt atrašanās vietu, kāpuram augot un novelkoties (Мищенко 2011, 2014). Ektoparazītu, kas attīstās uz liepu raibkodes, parasti ir vairāk. Visbiežāk to skaits ir divas reizes lielāks nekā endoparazītiem, bet var to pārsniegt arī sešas reizes. No dominantajām sugām endoparazītisms raksturīgs *Chrysocharis laomedon*, bet ektoparazīti ir, piemēram, *Cirrospilus*, *Pnigalio* un *Sympiesis* ģinšu pārstāvji (Ermolaev *et al.* 2011, Yefremova, Mishchenko 2008, 2010, Yefremova, Mistchenko 2009, Мищенко 2014).

Neskatoties uz atšķirīgajām attīstības stratēģijām, vides apstākļi (temperatūra un mitrums) alojuma iekšpusē ir vienādi visiem parazitoīdiem, tādēļ tiem ir līdzīgas galvenās īpašības. Šī iemesla dēļ, piemēram, *Chrysocharis laomedon* spēj mainīt attīstības stratēģiju, sākot baroties uz liepu raibkodes kāpura vai kūniņas ķermeņa virsmas, respektīvi, kļūt par ektoparazītu. Alojuma parazitoīds neriskē ar dehidratāciju, taču tādā veidā ļauj tauriņa kāpuram ilgāk attīstīties, nodrošinot sev barības resursus ilgākam laikam. Atsevišķos gadījumos suga sākumā barojas uz liepu raibkodes kāpura ķermeņa virsmas, bet, saimniekam novājinoties, iekļūst tā iekšpusē un barojas ar iekšējiem orgāniem (Yefremova, Mishchenko 2012, Мищенко 2014).

Ar liepu raibkodi saistītajām parazitoīdu sugām konstatēts arī hiperparazītisms. Piemēram, *Chrysocharis laomedon* īpatņi var attīstīties uz *Pnigalio soemius* kāpuriem, bet *Minotetrastichus frontalis* – uz *Sympiesis gordius* vai *Apanteles* ģints jātnieciņiem. Šajā gadījumā tas nekaitē liepu raibkodei, bet gan samazina otra parazitoīda ietekmi uz to. Atsevišķos gadījumos *Chrysocharis laomedon* var sākt attīstību uz cita parazitoīda, bet pabeigt to, barojoties ar liepu raibkodes kāpuru. Multiparazītisms ir rets, jo parazitoīdu



var būt arī mīkstblakts *Megacoelum infusum* Herrich-Schäffer (Heteroptera, Miridae) (Ermolaev *et al.* 2011).

Citi bezmugurkaulnieki var būt sastopami liepu raibkodes alojumos, izmantojot tos kā īslaicīgas paslēptuves nelabvēlīgu apstākļu gadījumā, taču nenodara acīmredzamu kaitējumu tauriņa kāpuriem vai kūniņām. Līdz 35% alojumu sastopamas tīklērces no Tetranychidae dzimtas, visbiežāk parastā tīklērce *Tetranychus urticae* Koch (Prostigmata, Tetranychidae), kas pēc tam var pārziemot nobirušajās lapās. Tripšu *Drepanothrips* sp. (Thysanoptera, Thripidae) kāpuri arī izmanto tauriņa alojumus kā patvērumu, to iekšpusē barojoties ar saimniekauga šūnsulu. Liepu raibkodes ekskrementus, kāpuru ekzūvijus, kā arī mirušos kāpurus un kūniņas izmanto zoosaprotrofī vaboļu (Coleoptera) kāpuri (Мищенко 2011).

Liepu raibkodes populācijas lielumu var samazināt arī putni (Jaworski 2009). To ietekmes intensitāte plaši variē starp dažādām sezonām un reģioniem, kā arī ir atkarīga no fitofāga populācijas blīvuma – plēsonības līmenis ar to korelē pozitīvi. *Phyllonorycter* ģints pārstāvjiem var uzbrukt nelieli putni, tādi kā lielā zīlīte *Parus major* L. un pelēkā zīlīte *P. montanus* Conr. (Баранчиков, Ермолаев 1998).

## 2. MATERIĀLI UN METODES

### 2.1. Pētījumu vietas raksturojums un parauglaukumu dizains

Pētījums veikts Latvijā, Rīgas pilsētas teritorijā. Paraugi dažādiem mērķiem ievākti dažādās pilsētas vietās, arī pētāmo koku izvēle atšķiras. Populācijas dinamikas un tauriņa telpiskā sadalījuma vainagā izpētei izmantots mazāks koku skaits un tie izvēlēti mērķtiecīgi. Telpiskā sadalījuma Rīgas pilsētā izpētei izmantots lielāks koku skaits un stratificēti randomizēta pieeja.

Liepu raibkodes populācijas dinamikas noskaidrošanai izvēlēti pieci viens otram blakus augoši parastās liepas koki Mežaparkā, Ķīsezera ielā. Liepu raibkodes telpiskā sadalījuma noteikšanai koku vainagā izvēlētas piecas citas blakus augošas parastās liepas Ķīsezera ielā. Šim mērķim izvēlēti koki ar vienmērīgu lapotni no zemes (jaunie dzinumī) līdz vairāku metru augstumam. Liepu atrašanās vietu koordinātes (LKS-92) dotas 5. tabulā, to atrašanās vieta kartē parādīta 3. attēlā.

5. tabula

Koku koordinātes (LKS-92) liepu raibkodes populācijas dinamikas un telpiskā sadalījuma koka vainagā noteikšanai.

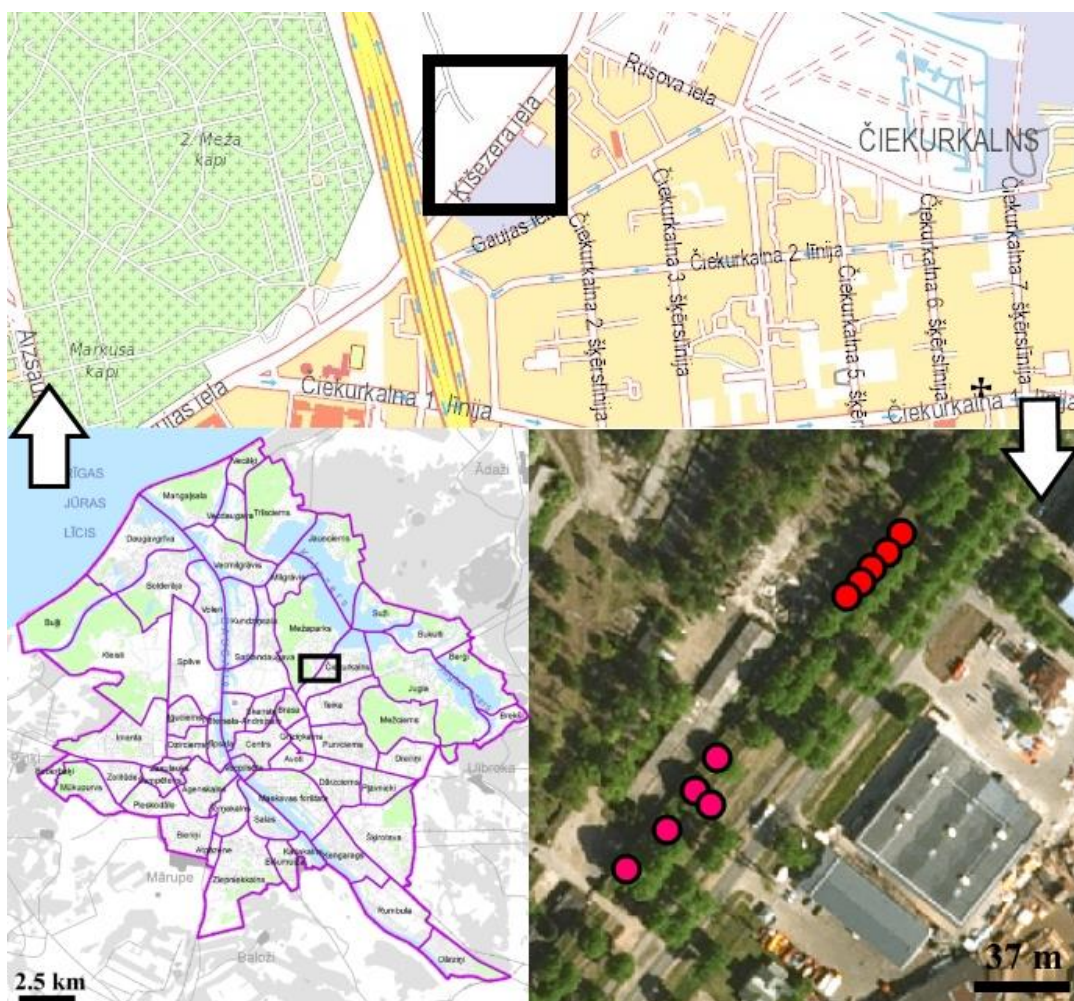
Table 5

Tree coordinates (LKS-92) for defining population dynamics and spatial distribution of lime leafminer in tree crown.

Koki populācijas dinamikas noteikšanai Trees for defining population dynamics			Koki telpiskā sadalījuma noteikšanai Trees for defining spatial distribution		
Koka nr. Tree no.	Koordinātes Coordinates		Koka nr. Tree no.	Koordinātes Coordinates	
1.	X: 509924	Y: 6316115	1.	X: 509809	Y: 6315975
2.	X: 509917	Y: 6316109	2.	X: 509824	Y: 6315993
3.	X: 509911	Y: 6316102	3.	X: 509837	Y: 6316009
4.	X: 509906	Y: 6316095	4.	X: 509845	Y: 6316002
5.	X: 509902	Y: 6316092	5.	X: 509847	Y: 6316024

Liepu raibkodes telpiskā sadalījuma noskaidrošanai Rīgas teritorijā pilsēta sadalīta trīs zonās, balstoties uz informāciju par slāpekļa dioksīda (NO<sub>2</sub>) piesārņojuma vidējo koncentrāciju 2007. gadā (3. pielikums). Piesārņojums ir viens no būtiskākajiem ekoloģiskajiem faktoriem, kas ietekmē liepu raibkodi pilsētās – gan tās populācijas dinamiku, gan koku īpašības, no kā fitofāgi ir cieši atkarīgi, gan parazītoīdus (Ermolaev, Sidorova 2012, Führer 1985). Lai gan izmantota informācija tikai par konkrēto piesārņojošo vielu, kartē labi

nodalāms pilsētas centrs un lielākās ielas, kur arī citu piesārņojošo vielu koncentrācijas ir augstākas (3. pielikums).



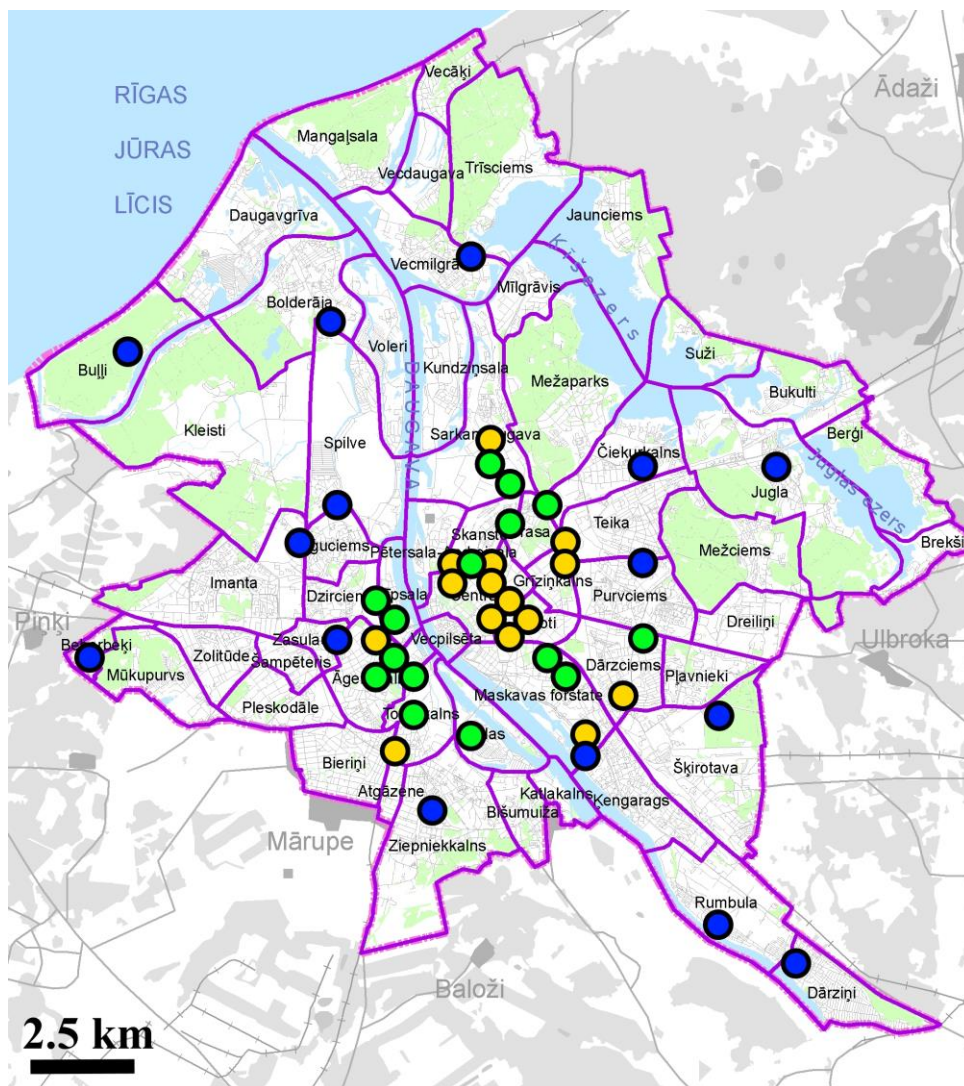
3. attēls. Pētāmā teritorija un liepu koku novietojums kartē (pēc <http://balticmaps.eu> un <http://rdpad.lv/apkaimes>). Ar sarkanu apzīmēti koki liepu raibkodes populācijas dinamikas noteikšanai, ar violetu – liepu raibkodes telpiskā sadalījuma koku vainagā noteikšanai.

Figure 3. Researched territory and location of lime trees on the map (according to <http://balticmaps.eu> and <http://rdpad.lv/apkaimes>). Trees for defining population dynamics of lime leafminer are marked red, for defining spatial distribution of lime leafminer in tree crown – violet.

Balstoties uz LKS-92 koordināšu sistēmu, kartē iezīmēts režģis, kura vertikālās līnijas atbilda X koordinātēm ik pēc 100 metriem (sākot no X: 496000 līdz X: 519500), bet horizontālās – Y koordinātēm ik pēc 100 metriem (sākot no Y: 6302000 līdz Y: 6326500). Līniju krustpunktiem noteikta to atrašanās vieta: ārpus Rīgas teritorijas (1393 punkti), uz salas, slēgtā vai citādi nepieejamā teritorijā (10 punkti), ūdenstilpē (192 punkti) vai kādā no NO<sub>2</sub> piesārņojuma zonām (1005 punkti). Zonas izdalītas, balstoties uz Rīgas domes noteikumiem par gaisa piesārņojuma teritoriālo zonējumu (RD noteikumi 2006): NO<sub>2</sub> gaisa piesārņojuma III zona (vidējā gada koncentrācija <30 μg/m<sup>3</sup>) (824 punkti), NO<sub>2</sub> gaisa

piesārņojuma II zona ( $30-40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (104 punkti),  $\text{NO}_2$  gaisa piesārņojuma I zona ( $40-60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (77 punkti) (3. pielikums).

Katrā  $\text{NO}_2$  gaisa piesārņojuma zonā nejauši izlozēti 15 punkti. Tajos izvēlēti pieci punktam vistuvāk esošie pieejamie liepu koki. To sugas netika noteiktas, jo liepu raibkode ir oligofāgs, kas barojas uz visiem liepu ģints kokiem, nevis izvēlas konkrētu to sugu (Deschka 1995, Graf *et al.* 2002, Huemer 2007, Kovács *et al.* 2006, Meier *et al.* 2010, Roques *et al.* 2010, Stolnicu, Ureche 2007, Šefrová 2002, 2003). Ja 300 metru rādiusā tik liels koku skaits nebija atrodamas, paraugi ievākti no visām šajā attālumā esošajām liepām. Izlozēto punktu atrašanās vieta kartē parādīta 4. attēlā, koordinātes (LKS-92) dotas 4. pielikumā.



4. attēls. Pētāmā teritorija un izlozēto punktu novietojums kartē (pēc <http://www.rdpad.lv/apkaimes/> datiem). Ar dzeltenu apzīmēti punkti  $\text{NO}_2$  piesārņojuma I zonā, ar zaļu – II zonā, ar zilu – III zonā.

Figure 4. Researched territory and location of chosen points on the map (according to <http://www.rdpad.lv/apkaimes/>). Points in  $\text{NO}_2$  pollution zone I are marked yellow, in zone II – green, in zone III – blue.

## 2.2. Paraugu ievākšana un apstrāde

Liepu raibkodes populācijas dinamikas noskaidrošanai 2014. gadā katru nedēļu, sākot no lapu plaukšanas sākuma 28. aprīlī līdz to nokrišanai 20. oktobrī no izvēlētajiem kokiem ievākti lapu paraugi. Liepu raibkodes pētījumos pārsvarā izmanto vienu pieeju. No izvēlētajiem kokiem līdz divu metru augstumam ievāc konkrētu lapu skaitu – 100 lapas. Lai izvairītos no dažādu faktoru, piemēram, noēnojuma ietekmes, lapas parasti ievāc no visām četrām debespusēm (Ermolaev, Izhboldina 2013, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Sidorova 2012, Ermolaev, Zorin 2011a). Šajā pētījumā no katra no pieciem kokiem aptuveni divu metru augstumā ievāktas 20 lapas, pa piecām no katras puses – ziemeļiem, rietumiem, dienvidiem un austrumiem. Kopā katru nedēļu ievāktas 100 lapas.

Imago konstatēšanai visos piecos kokos izvietotas līmes lamatas – caurspīdīgas 10 x 15 cm lielas plēves, kas no abām pusēm aplātas ar neizzūstošu līmi. Katrā kokā izvietotas divas lamatas – austrumu un rietumu pusē. Tās iesietas auklās koku lapotnē 2,5 m augstumā un eksponētas no 2014. gada 12. maija līdz 27. oktobrim. Ik pēc astoņām nedēļām lamatas nomainītas.

Tauriņa telpiskā sadalījuma vainagā noteikšanai no izvēlētajiem kokiem paraugi ievākti 2014. gada 1. septembrī. Lapas ievāktas pa piecām no katra koka katras puses katrā no vairākiem līmeņiem: vainaga ārpusē, sākot no zemes (0 metri) līdz četru metru augstumam ik pa 0,5 metriem (kopā deviņi līmeņi) un sešu metru augstumā, vainaga iekšpusē pie koka stumbra viena un divu metru augstumā. Kopā katrā līmenī ievāktas 100 liepu lapas. No ceturtā koka vistuvāk Ķīšežera ielai lapas ievāktas arī astoņu metru augstumā vainaga ārpusē, lai pārbaudītu liepu raibkodes attīstības stadiju klātesamību arī lielākā augstumā.

Tauriņa telpiskā sadalījuma Rīgā noteikšanai ievākti lapu paraugi no kokiem izlozētajos punktos. Katrā punktā ievāktas 100 liepu lapas. Ja punktā bija piecas liepas, lapas ievāktas pa piecām no katra koka katras puses – ziemeļiem, rietumiem, dienvidiem un austrumiem. Ja punktā koku bija mazāk, lapas ievāktas sekojoši:

1. Četriem kokiem lapas ievāktas pa septiņām no katra koka ziemeļu puses un pa sešām no pārējām pusēm;
2. Trim kokiem lapas ievāktas pa deviņām no katra koka ziemeļu puses un pa astoņām no pārējām pusēm;
3. Diviem kokiem lapas ievāktas pa 12 no katra koka ziemeļu un dienvidu puses un pa 13 no rietumu un austrumu puses;
4. Vienam kokam lapas ievāktas pa 25 no katras koka puses.

Datumi, kuros veikta paraugu ievākšana attiecīgajos punktos, apkopoti 6. tabulā.

6. tabula

Datumi, kuros veikta paraugu ievākšana izlozētajos punktos Rīgas pilsētā 2014. gadā. Ar I, II un III apzīmēti punkti attiecīgajās gaisa piesārņojuma zonās (3. pielikums).

Table 6

Dates of sampling in selected points in Riga in 2014. Points in respective pollution zones are marked with I, II and III (appendix 3).

Datums Date	Punktu apzīmējumi Point names
16.09.	I-75, II-73, II-89
17.09.	I-11, I-19, I-37, II-38
18.09.	III-175, III-190
19.09.	I-42, II-46, II-52, II-67, II-72, II-83, III-430, III-475, III-602
20.09.	I-1, I-8, I-16, II-8, II-12, II-29, III-390, III-395, III-508
22.09.	II-21
23.09.	I-12, I-21, I-30, I-39, I-47
24.09.	III-611
25.09.	I-60, III-685
26.09.	I-73, II-63, II-69, II-77, III-703, III-805, III-814
27.09.	III-113, III-748

Lapu paraugi liepu raibkodes populācijas dinamikas noskaidrošanai uzglabāti plastikāta maisiņos istabas temperatūrā un izskatīti diennakts laikā pēc to ievākšanas. Uz lapām konstatētie alojumi atzīmēti ar marķieri. Pēc tam lapas ievietotas Petri platēs un pēc divām nedēļām apskatītas atkārtoti, lai uzskaitītu visus jaunus alojumus, kas radušies, no dzīvajām olām izšķīlušies kāpuriem. Divu nedēļu laika periods izvēlēts tādēļ, ka literatūrā tas minēts kā ilgākais laiks, kurā var notikt embrionālā attīstība (Ermolaev 2014, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b, Jurc 2012). Pārējie lapu paraugi uzglabāti plastikāta maisiņos ledusskapī +4°C temperatūrā, lai apturētu liepu raibkodes dažādu stadiju īpatņu attīstību, un izskatīti trīs dienu laikā. Pēc tam visas lapas herbarizētas, lai vajadzības gadījumā būtu iespējama to virsmas un alojumu laukuma noteikšana.

Informācija par faktisko gaisa temperatūru Rīgā visā pētījuma periodā iegūta no Latvijas vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra arhīva (LVĢMC 2014).

### 2.3. Liepu raibkodes attīstības stadiju īpatņu skaita novērtēšana

Liepu raibkodes attīstības stadiju un alojumu konstatēšanai visas lapas apskatītas no abām pusēm, izmantojot binokulāru Zeiss Stemi SV 11. Uzskaitītas visas konstatētās dzīvās olas, kāpuri, kūniņas un tukšie alojumi, no kuriem imago izlidojuši.

Par dzīvām olām uzskatītas tās, kas bija ovālas, zaļganā krāsā (Šefrová 2002) un no kurām divu nedēļu laikā pēc lapu ievākšanas izšķīlušies kāpuri, kas izveidojuši jaunus

alojumus. Nedzīvās olas netika uzskaitītas, jo to nelielā izmēra, iespējamo bojājumu un paraugu apjoma dēļ rezultāti nebūtu objektīvi. Datiem telpiskā sadalījuma koku vainagā un Rīgas pilsētā noskaidrošanai olu stadija netika uzskaitīta. Tā kā tauriņa otrajai paaudzei jau augusta vidū parādās pirmie pieaugušie indivīdi (Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b, Jurc 2012, Noreika 1998, Roques *et al.* 2010, Šefrová 2002), olu šajā laikā ir maz un to skaits nav objektīvs rādītājs.

Esošajiem liepu raibkodes alojumiem ar preparējamo adatu uzmanīgi atplēsta lapas epiderma, lai noteiktu, vai alojumā esošais īpatnis ir kāpura vai kūniņas stadijā. Kāpuri sīkāk iedalīti jaunos (I-III attīstības stadija) un pieaugušos (IV-V attīstības stadija). Iedalījums veikts, balstoties uz kāpura izmēriem un alojuma izskatu, kas atšķiras, kāpuram barojoties ar šūnsulu vai ar audiem (Šefrová 2002).

Lapām, kas ievāktas tauriņa populācijas dinamikas noteikšanai, atsevišķi uzskaitīti dzīvie un nedzīvie kāpuri un kūniņas. Par nedzīviem uzskatīti īpatņi, kas bija nekustīgi arī pēc pieskaršanās tiem ar preparējamo adatu, kā arī tie, kuru alojumos konstatēti parazitoīdi. Šiem lapu paraugiem uzskaitīta arī alojumos esošo liepu raibkodes parazitoīdu klātbūtne. Pētījumi rāda, ka mirušiem liepu raibkodes kāpuriem un kūniņām ir sarežģīti noteikt, vai tajās ir bijuši parazitoīdi, kas no alojuma jau izlidojuši. Līdz ar to ieteicams izmantot tikai reāli novērotos īpatņus, kas ir arī visbiežāk izmantotā metode liepu raibkodes parazitoīdu uzskaitē (Levente *et al.* 2014, Тимофеева 2014). Parazitoīdi netika noteikti līdz sugai, noteikta tikai to dzimta, kopējais īpatņu skaits un attīstības stadija – kāpurs vai kūniņa. Ja parazitoīds alojumā netika konstatēts, uzskatīts, ka kāpuri vai kūniņas mirušas nenoskaidrota cēloņa dēļ. Šādi īpatņi visbiežāk ir sažuvuši, sapuvuši vai ar tumšiem pēdējiem segmentiem (Тимофеева 2014).

Pie alojumiem, no kuriem izlidojis liepu raibkodes īpatnis, pieskaitīti tukšie atbilstoša izmēra (Šefrová 2002) alojumi bez kāpura vai kūniņas atliekām tajos. Lielākajai daļai šādu alojumu klāt palicis tauriņa kūniņas ekzūvijs, bet tas var būt arī nokritis (Тимофеева 2014).

Līmes lamatas apskatītas no abām pusēm, izmantojot binokulāru Zeiss Stemi SV 11. Visi konstatētie raibkožu dzimtas tauriņi atlasīti uz filtrpapīra, to sugas noteiktas pēc ģenitāliju uzbūves. Ģenitāliju apskatīšanai imago vēderi ievietoti 10% kālija hidroksīda (KOH) šķīdumā un uzkarstēti līdz vārīšanās temperatūrai. Pēc tam tie ievietoti glicerīnā, kur no tiem iegūtas ģenitālijas un izveidoti to pagaidu mikropreparāti. Šī metode bieži tiek pielietota dažādu tauriņu, tajā skaitā liepu raibkodes, ģenitāliju preparātu izveidošanai (Noreika 1998). Iegūtie preparāti apskatīti mikroskopā Olympus CX31. Liepu raibkodes tēviņu ģenitālijas noteiktas, izmantojot attiecīgo literatūru (Kumata 1963, Noreika 1998).

## 2.4. Datu apstrāde

Empīrisko datu ievadīšanai un apstrādei izmantota programma Microsoft Excel 2010. Populācijas dinamikas datiem aprēķināts kopējais un vidējais dzīvo un nedzīvo liepu raibkodes īpatņu skaits pa attīstības stadijām, kā arī nedēļām veģetācijas sezonas laikā un paaudzēm, kopējais un vidējais bojāto lapu skaits un īpatsvars procentos, kopējais un vidējais alojumu skaits pa tauriņa paaudzēm un nedēļām, tauriņa kopējā un vidējā procentuālā mirstība parazītoīdu un citu cēloņu dēļ pa stadijām un nedēļām. Vidējais dzīvo īpatņu un alojumu skaits uz vienas lapas aprēķināts atsevišķi tikai bojātajām lapām un visām 100 lapām, kas katru nedēļu ievāktas, lai konstatētu, vai lielāka populācijas blīvuma gadījumā palielinās alojumu skaits uz jau bojātām lapām vai arī kopējais bojāto lapu skaits.

Procentuālā mirstība katrai liepu raibkodes attīstības stadijai aprēķināta, izdalot nedzīvo īpatņu skaitu ar kopējo un izsakot to procentos. Procentuālā katras attīstības stadijas mirstība no visas liepu raibkodes populācijas aprēķināta, sareizinot atsevišķās stadijas procentuālo mirstību ar šīs stadijas īpatsvaru populācijā (konkrētās stadijas īpatņu skaits izdalīts ar kopējo ievākto īpatņu skaitu, izteikts procentos).

Datiem par vidējo īpatņu, alojumu, lapu skaitu un tauriņa mirstību aprēķināta arī standartnovirze (*standart deviation*) un standartklūda (*standart error*). Aprēķini veikti, izmantojot attiecīgās formulas (McDonald 2009). Microsoft Excel 2010 izveidoti arī attēli par vidējo liepu raibkodes dzīvo īpatņu un alojumu skaitu uz lapām, kā arī procentuālo mirstību tauriņa stadijām un pa nedēļām.

Datiem par telpisko sadalījumu koka vainagā aprēķināts kopējais liepu raibkodes īpatņu skaits pa stadijām dažādos augstuma līmeņos vainaga ārpusē un iekšpusē un visās četrās debespusēs, kā arī vidējais alojumu skaits uz vienas lapas – atsevišķi tikai bojātajām vai visām 100 lapām, kas ievāktas katrā līmenī. Datiem par procentuālo bojāto lapu skaitu visos līmeņos vainaga ārpusē un alojumu skaitu uz lapām atsevišķos līmeņos un debespusēs aprēķināta standartnovirze un standartklūda pēc attiecīgajām formulām (McDonald 2009). Microsoft Excel 2010 izveidoti arī attēli par vidējo liepu raibkodes alojumu skaitu uz lapām katrā līmenī, kā arī dažādu stadiju īpatņu, to kopējo skaitu un bojāto lapu skaitu vainaga iekšpusē un ārpusē viena un divu metru augstumā un visās četrās debespusēs. Dati, kas iegūti astoņu metru augstumā tikai no viena koka, izmantoti tikai attēlos, bet no citiem aprēķiniem izslēgti.

Datiem par telpisko sadalījumu Rīgas teritorijā Microsoft Excel 2010 aprēķināts kopējais un vidējais dažādu liepu raibkodes attīstības stadiju īpatņu skaits, bojāto lapu skaits un vidējais liepu raibkodes alojumu skaits uz 100 lapām, kas ievāktas katrā punktā. Datiem

par vidējo īpatņu skaitu katrā stadijā un kopā, vidējo bojāto lapu un alojumu skaitu katrā zonā aprēķināta standartnovirze un standartklūda.

Programmā R v.3.0.1 pārbaudīta visu datu atbilstība normālajam sadalījumam, izmantojot Šapiro testu (*Shapiro-Wilk normality test*). Tā kā dati neatbilda normālajam sadalījumam, turpmākajā to apstrādē izmantotas neparametriskās metodes un testi.

Populācijas dinamikas datiem R v.3.0.1 veikta korelācijas analīze katras stadijas dzīvo un nedzīvo īpatņu skaitam, kā arī kāpuru un kūniņu procentuālajai mirstībai ar vidējo diennakts gaisa temperatūru iepriekšējā nedēļā. Izmantots Spīrmana (*Spearman*) rangu korelācijas koeficients ( $\rho$ ), jo ne visi dati atbilda normālajam sadalījumam. Korelācija uzskatīta par ciešu, ja  $\rho > 0,8$ , vidēji ciešu, ja  $0,5 < \rho < 0,8$ , par vāju, ja  $\rho < 0,5$ . Korelācijas analīzē, izmantojot dzīvo un nedzīvo īpatņu skaitu,  $n = 26$ , kas atbilst nedēļu skaitam, kurās ievākti paraugi (no 28. aprīļa līdz 20. oktobrim). Korelācijas analīzē, izmantojot procentuālo mirstību,  $n = 20$ , kas atbilst nedēļu skaitam, sākot no datuma, kurā uzskaitīti pirmie liepu raibkodes kāpuri un kūniņas, līdz sezonas beigām (no 9. jūnija līdz 20. oktobrim).

Lai noskaidrotu atšķirību būtiskumu liepu raibkodes īpatņu procentuālajai mirstībai stadijā un populācijā starp I-III stadijas kāpuriem, IV-V stadijas kāpuriem un kūniņām, R v.3.0.1 veikts Kruskal-Wallis tests (*Kruskal-Wallis test*). Tā ir bieži izmantota neparametriska metode vairāku paraugkopu salīdzināšanai (McDonald 2009, Zar 1999). Tā kā šajā pētījumā tauriņa pirmās un otrās paaudzes attīstības laiks pārklājās minimāli, tās analizētas atsevišķi, izdalot noteiktus laika periodus, kas nodefinēti rezultātu sadaļā. Atšķirību būtiskums starp abām paaudzēm noskaidrots, veicot Vilksona testu neatkarīgām paraugkopām (*Wilcoxon Rank-Sum test*). Šī metode ir neparametriska un der divu paraugkopu salīdzināšanai (McDonald 2009, Zar 1999). Atšķirības noskaidrotas dzīvo liepu raibkožu kopējam un atsevišķu stadiju īpatņu un alojumu skaitam, vidējam dzīvo īpatņu un alojumu skaitam uz bojātajām un visām ievāktajām lapām, kā arī bojātajam lapu skaitam pa nedēļām. R v.3.0.1 izveidoti arī attēli par kopējo dažādu stadiju liepu raibkodes īpatņu skaitu, kopējo alojumu un bojāto lapu skaitu pa nedēļām, parazitoīdu un citu faktoru radīto mirstību, kā arī parazitoīdu kāpuru un kūniņu skaitu pa nedēļām.

Datiem par telpisko sadalījumu koka vainagā veikta korelācijas analīze bojāto lapu skaitam un liepu raibkodes dažādu stadiju īpatņu un to kopējam skaitam ar augstumu virs zemes. Izmantots Spīrmana rangu korelācijas koeficients, korelācija uzskatīta par ciešu, ja  $\rho > 0,8$ , vidēji ciešu, ja  $0,5 < \rho < 0,8$ , par vāju, ja  $\rho < 0,5$ ;  $n = 10$ , kas atbilst vainaga līmeņu skaitam, kuros ievākti paraugi no visiem pieciem kokiem.

Lai noskaidrotu atšķirību būtiskumu starp vainaga līmeņiem un debespusēm atsevišķām liepu raibkodes attīstības stadijām un kopējam alojumu skaitam, izmantots Kruskal-Wallis tests. Atšķirību būtiskums starp vainaga iekšpusi un ārpusi noskaidrots, veicot Vilksona testu neatkarīgām paraugkopām. Analīzē izmantoti dati par atsevišķām liepu raibkodes attīstības stadijām, kā arī kopējo īpatņu skaitu viena un divu metru augstumā, kā arī abos līmeņos ievāktajiem datiem kopā. Programmā R v.3.0.1 izveidoti arī attēli par liepu raibkodes īpatņu skaitu atsevišķās attīstības stadijās un alojumu skaitu kopā, kā arī bojāto lapu skaitu dažādos līmeņos. Astoņu metru augstumā iegūtie dati izmantoti tikai atsevišķos attēlos, bet no citiem aprēķiniem izslēgti.

Datiem par telpisko sadalījumu Rīgas teritorijā izmantots Vilksona tests, ar kuru noskaidrots atšķirību būtiskums starp NO<sub>2</sub> piesārņojuma zonām pa pāriem pēc dažādu stadiju liepu raibkodes īpatņu, bojāto lapu un vidējā alojumu skaita uz vienu lapu. Programmā R v.3.0.1 izveidoti arī boxplot grafiki, lai vizualizētu dažādu stadiju īpatņu, bojāto lapu un vidējā alojumu skaita uz vienu lapu atšķirības starp NO<sub>2</sub> piesārņojuma zonām.

### 3. REZULTĀTI

#### 3.1. Liepu raibkodes populācijas dinamika un radīto bojājumu izmaiņas veģetācijas sezonas laikā

Liepu raibkodes populācijas dinamikas noskaidrošanai veģetācijas sezonas laikā no 28. aprīļa līdz 20. oktobrim ievāktas 2600 lapas. No tām uz 1068 lapām konstatēta kāda no liepu raibkodes attīstības stadijām vai tukši alojumi, no kuriem izlidojis pieaudzis īpatnis. Pētījuma laikā konstatēti 2919 liepu raibkodes īpatņi: 220 dzīvas olas, 1722 I-III stadijas kāpuri, 718 IV-V stadijas kāpuri un 259 kūniņas. Uzskaitīts arī 251 tukšs alojums. Viens alojums (0,0315% gadījumu) konstatēts uz lapas plātnes augšējās virsmas.

Liepu raibkodes attīstības stadiju sastopamība atsevišķu mēnešu dekādēs apkopota 7. tabulā. Pirmās dzīvās liepu raibkodes olas uz lapām konstatētas maija trešajā dekādē. Šai tauriņa paaudzei I-III attīstības stadijas kāpuri netika konstatēti. Divu pēdējo attīstības stadiju kāpuri, kūniņas, kā arī pirmie tukšie alojumi, no kuriem izlidojuši pieaugušie īpatņi, konstatēti jūnija pirmajā dekādē. Otro reizi dzīvas liepu raibkodes olas konstatētas jūlija vidū un atrodamas līdz pat septembra pirmajai dekādei. Dzīvas kūniņas atrastas līdz pat oktobra otrajai dekādei, kad liepas nometa lapas (7. tabula).

7. tabula

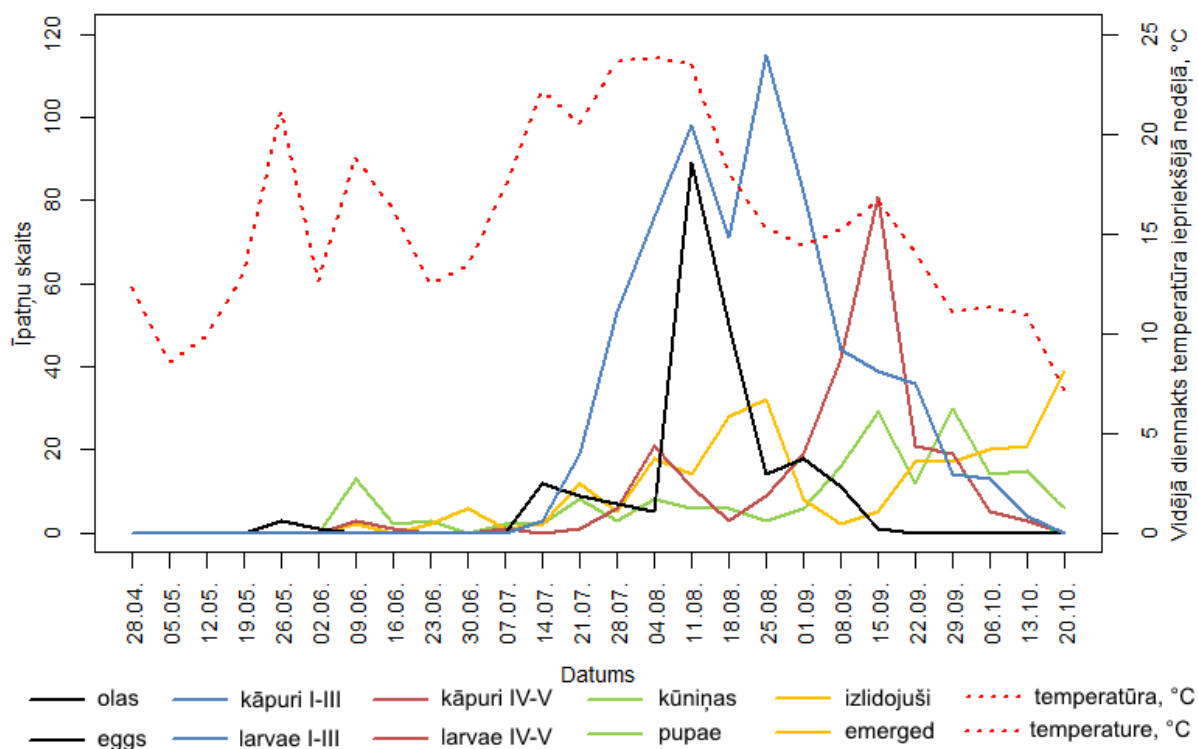
Liepu raibkodes visu attīstības stadiju dzīvo īpatņu klātesamība uz liepu lapām un izlidojušie īpatņi Rīgā, Mežaparkā 2014. gadā.

Table 7

Presence of live individuals of all development stages and emerged individuals of lime leafminer in Riga, Mežaparks in 2014.

	Mēnesis, dekāde / Month, decade																							
	Aprīlis April			Maijs May			Jūnijs June			Jūlijs July			Augusts August			Septembris September			Oktobris October					
	II	III		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
Izplaukušas lapas Leaves		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Olas Eggs						x	x				x	x	x	x	x	x	x							
Kāpuri I-III Larvae I-III											x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Kāpuri IV-V Larvae IV-V							x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x					
Kūniņas Pupae							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Izlidojuši Emerged							x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				

Kopējais dzīvo un izlidojušo liepu raibkodes īpatņu skaits pa nedēļām parādīts 5. attēlā. Visām līknēm vērojama neliela īpatņu skaita palielināšanās laikā no maija līdz jūnija beigām, tā kritums un tam sekojošs liels īpatņu skaits veģetācijas sezonas otrajā pusē (5. attēls).



5. attēls. Liepu raibkodes populācijas dinamika veģetācijas sezonā Rīgā, Mežaparkā 2014. gadā. Attēlā parādīts kopējais dzīvo īpatņu skaits pa attīstības stadijām, izlidojušo īpatņu skaits un vidējā diennakts temperatūra iepriekšējā nedēļā.

Figure 5. Population dynamics of lime leafminer in vegetation season in Riga, Mežaparks in 2014. Figure shows total number of live individuals of different development stages, number of emerged individuals and mean daily temperature in previous week.

Pamatojoties uz pētījumā iegūtajiem datiem par liepu raibkodes populācijas dinamiku (7. tabula, 5. attēls), tauriņam izdalītas divas paaudzes. Dzīvo īpatņu skaits atšķīrās tauriņa pirmajā un otrajā paaudzē. Pirmās paaudzes (laikā no 26. maija līdz 30. jūnijam) attīstības laikā maksimālais konstatētais dzīvo īpatņu skaits bija 16. Otrajai paaudzei (no 7. jūlija līdz 20. oktobrim) tikai I-III kāpuru stadijas dzīvo īpatņu skaits 25. augustā sasniedza 115. Savukārt maksimālais kopējais dzīvo īpatņu skaits nedēļās laikā bija 11. augustā, kad tas sasniedza 204 īpatņus (5. attēls).

Kopējais dzīvo īpatņu skaits nedēļas laikā starp abām paaudzēm atšķīrās būtiski (Wilcoxon p-value = 0,00285). Vidēji pirmajā paaudzē nedēļas laikā konstatēti  $5,2000 \pm 2,7276$  dzīvi īpatņi, savukārt otrajā –  $80,8125 \pm 14,9659$ . Vislielākā maksimālā skaita atšķirība starp paaudzēm attēlā vērojama sākotnējo attīstības stadiju īpatņiem – olām un kāpuriem, kamēr kūniņu un izlidojušo īpatņu skaits ir līdzīgāks (5. attēls). Taču statistiski

būtiskas skaita atšķirības nedēļas laikā starp paaudzēm ir visu atsevišķu attīstības stadiju īpatņiem, izņemot olas (8. tabula).

8. tabula

Vidējais liepu raibkodes attīstības stadiju dzīvo īpatņu skaits nedēļas laikā abās paaudzēs ( $\pm$  standartkļūda) un skaita atšķirību būtiskums starp abām paaudzēm Rīgā, Mežaparkā 2014. gadā. Izceltie parametri atšķiras būtiski (\* p-value < 0,05, \*\* p-value < 0,01).

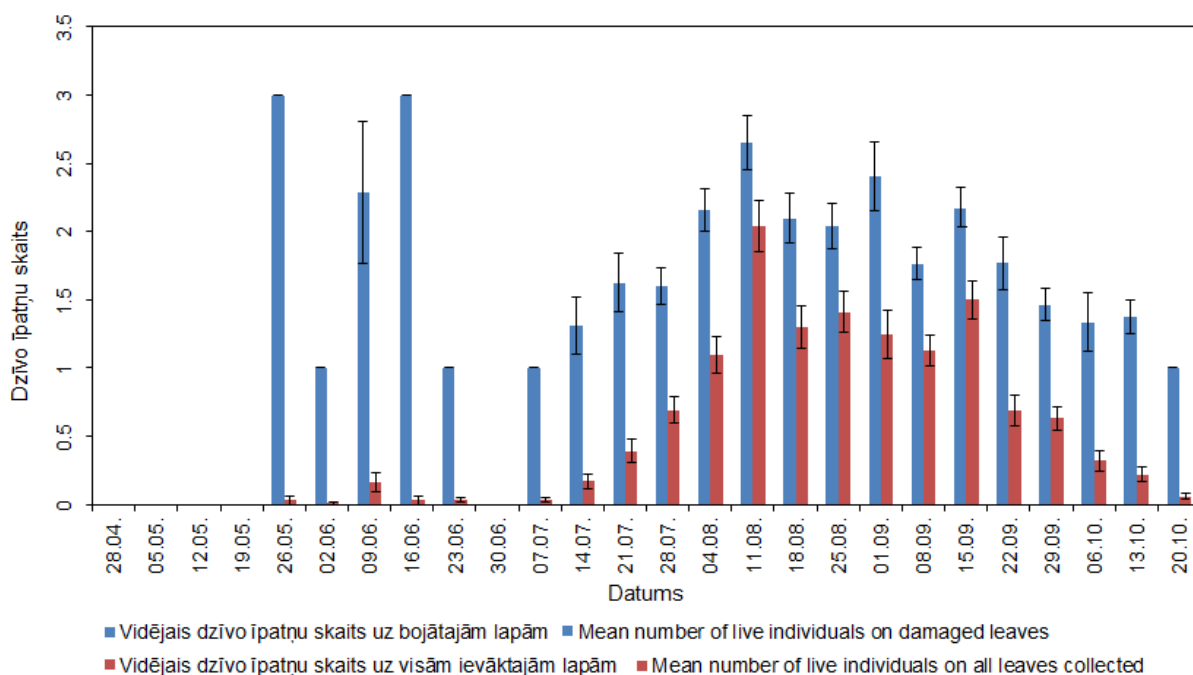
Table 8

Mean number of live individuals of different development stages of lime leafminer in a week in both generations ( $\pm$  standart error) and significance of differences in numbers between both generations in Riga, Mežaparks in 2014. Marked parameters differ significantly (\* p-value < 0,05, \*\* p-value < 0,01).

Attīstības stadija Development stage	Vidējais īpatņu skaits Mean number of individuals		Wilcoxon p-value
	1. paaudze 1st generation	2. paaudze 2nd generation	
Olas Eggs	0,6667 $\pm$ 0,4944	13,5000 $\pm$ 5,9323	0,08844
Kāpuri I-III Larvae I-III	0	41,6875 $\pm$ 9,3268	<b>0,00172**</b>
Kāpuri IV-V Larvae IV-V	0,6667 $\pm$ 0,4944	15,1250 $\pm$ 5,2248	<b>0,00803**</b>
Kūniņas Pupae	3,0000 $\pm$ 2,0656	10,3750 $\pm$ 2,1773	<b>0,01588*</b>
Izlidojuši Emerged	1,6667 $\pm$ 0,9545	15,0625 $\pm$ 2,8173	<b>0,00436**</b>

Arī vidējais dzīvo liepu raibkodes īpatņu skaits uz vienas lapas atšķīrās starp tauriņa paaudzēm. Ņemot vērā visas katru nedēļu ievāktās lapas (arī tās, uz kurām alojumu nebija), pirmajai paaudzei dzīvo īpatņu skaits nepārsniedza vidēji 0,2 īpatņus uz vienu lapu. Otrās paaudzes maksimālās sastopamības laikā no augusta sākuma līdz septembra vidum dzīvo īpatņu skaits stabili pārsniedza vienu īpatni uz lapu (6. attēls).

Ņemot vērā tikai tās lapas, uz kurām konstatēti alojumi, vidējais dzīvo īpatņu skaits uz tām abās paaudzēs lielākajā daļā gadījumu pārsniedza 1,5 īpatņus uz vienu lapu (6. attēls).



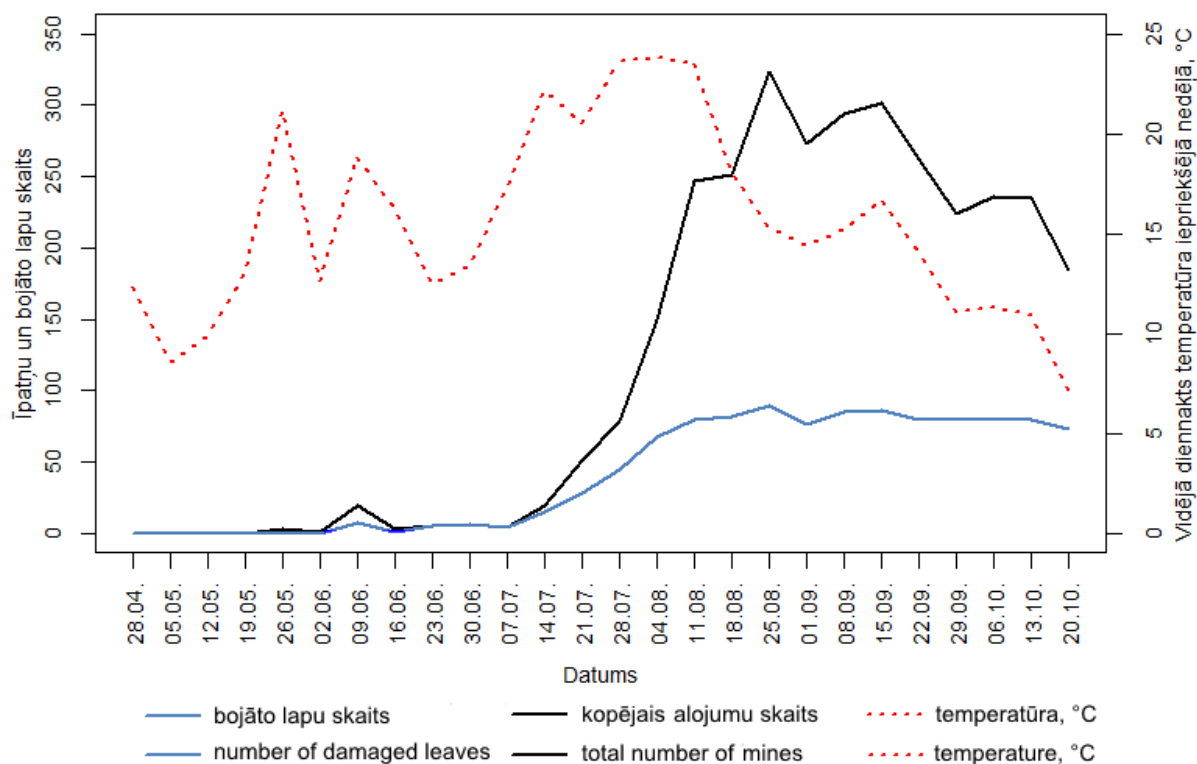
6. attēls. Vidējais liepu raibkodes dzīvo īpatņu skaits uz bojātajām lapām un visām ievāktajām lapām pa nedēļām veģetācijas sezonā, Rīgā, Mežaparkā 2014. gadā ( $\pm$  standartkļūda).

Figure 6. Mean number of live individuals of lime leafminer on damaged leaves and all leaves collected in a week in vegetation season in Riga, Mežaparks in 2014 ( $\pm$  standard error).

Atšķirība starp vidējo dzīvo īpatņu skaitu, ņemot vērā visas katru nedēļu ievāktās 100 lapas, bija būtiska starp abām tauriņa paaudzēm (Wilcoxon p-value < 2,2e-16). Pirmajai paaudzei dzīvo īpatņu skaits uz katru ievākto lapu vidēji bija  $0,0520 \pm 0,0166$ , otrajai –  $0,8081 \pm 0,0322$  īpatņi. Salīdzinot vidējo dzīvo liepu raibkodes īpatņu skaitu tikai uz bojātajām lapām, tas starp abām paaudzēm atšķiras nebūtiski (Wilcoxon p-value = 0,78710). Pirmajai paaudzei dzīvo īpatņu skaits uz katru bojāto lapu vidēji bija  $2,0000 \pm 0,3397$ , savukārt otrajai –  $1,9740 \pm 0,0516$  īpatņi.

Koku vainagos izvietotajās līmes lamatās sezonas laikā konstatēti divi liepu raibkodes pieaugušie īpatņi – pa vienam laika periodā no 7. jūlija līdz 31. augustam un no 1. septembra līdz 20. oktobrim. Šie dati turpmākajos aprēķinos netika izmantoti nelielā īpatņu skaita dēļ.

Visas sezonas laikā no 28. aprīļa līdz 20. oktobrim liepu raibkodes bojātās lapas veidoja vidēji  $41,0769 \pm 7,4085\%$  no kopējā ievākto lapu skaita. Bojājumu skaits ievērojami pieauga sezonas laikā. Kopējā alojumu skaita un bojāto lapu skaita izmaiņas pa nedēļām parādītas 7. attēlā.



7. attēls. Kopējais liepu raibkodes alojumu skaits un bojāto lapu skaits pa nedēļām veģetācijas sezonā Rīgā, Mežaparkā 2014. gadā.

Figure 7. Total number of lime leafminer mines and damaged leaves in a week in vegetation season in Riga, Mežaparks in 2014.

Kopējais liepu raibkodes alojumu skaits pa nedēļām (ieskaitot tukšos alojumus, tos, kuros konstatēti dzīvi vai nedzīvi īpatņi, kā arī olas, no kurām izšķīlušies kāpuri veidos papildus alojumus) arī norādīja uz divu paaudžu attīstību sezonas laikā. Pirmās paaudzes (laikā no 26. maija līdz 30. jūnijam) kopējais maksimālais alojumu skaits, kas uzskaitīts vienā paraugu ievākšanas reizē, bija 19, kamēr otrajai paaudzei (no 7. jūlija līdz 20. oktobrim) – 323 alojumi (7. attēls).

Kopējais liepu raibkodes alojumu skaits nedēļā, atsevišķi analizējot iepriekšminētos laika periodus, kuros attīstās abas paaudzes, starp tām atšķīrās būtiski (Wilcoxon p-value = 0,00117). Pirmās paaudzes tauriņiem nedēļas laikā uzskaitīti vidēji  $6,1667 \pm 2,6635$  alojumi, savukārt otrās –  $195,8125 \pm 25,9770$ . Visu atsevišķo tauriņa attīstības stadiju veidoto alojumu skaits abās paaudzēs atšķīrās būtiski, izņemot potenciālo alojumu skaitu, ko veidotu no konstatētajām olām izšķīlušies kāpuri (9. tabula).

Vidējais liepu raibkodes alojumu skaits, ko veidojušas atsevišķas attīstības stadijas, potenciālais alojumu skaits, ko veidotu no olām izšķīlušies kāpuri nedēļas laikā abās paaudzēs ( $\pm$  standartkļūda) un skaita atšķirību būtiskums starp abām paaudzēm Rīgā, Mežaparkā 2014. gadā. Izceltie parametri atšķiras būtiski (\* p-value < 0,05, \*\* p-value < 0,01, \*\*\* p-value < 0,001).

Table 9

Mean number of mines made by different development stages of lime leafminer, potential number of mines that would be made by larvae hatched from eggs in a week in both generations ( $\pm$  standart error) and significance of differences in numbers between both generations in Riga, Mežaparks in 2014. Marked parameters differ significantly (\* p-value < 0,05, \*\* p-value < 0,01, \*\*\* p-value < 0,001).

Attīstības stadija Development stage	Vidējais alojumu skaits Mean number of mines		Wilcoxon p-value
	1. paaudze 1st generation	2. paaudze 2nd generation	
Olas Eggs	0,6667 $\pm$ 0,4944	13,5000 $\pm$ 5,9323	0,08844
Kāpuri I-III Larvae I-III	0	107,6250 $\pm$ 16,8562	<b>0,00086***</b>
Kāpuri IV-V Larvae IV-V	0,6667 $\pm$ 0,4944	44,6250 $\pm$ 9,7932	<b>0,00263**</b>
Kūniņas Pupae	3,1667 $\pm$ 2,2274	15,0000 $\pm$ 3,1185	<b>0,01193*</b>
Izlidojuši Emerged	1,6667 $\pm$ 0,9545	15,0625 $\pm$ 2,8173	<b>0,00436**</b>

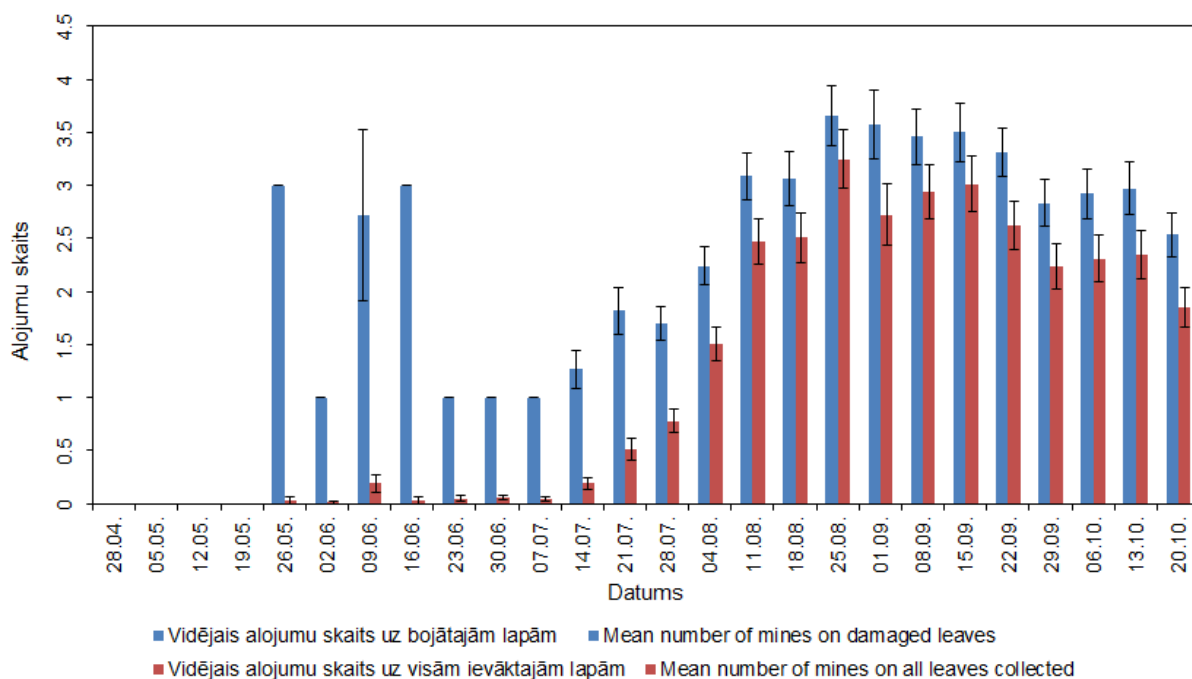
Liepu raibkodes bojāto lapu kopējais skaits pirmās paaudzes attīstības laikā (no 26. maija līdz 30. jūnijam) bija neliels un nepārsniedza septiņas lapas no 100. Sākoties straujam īpatņu skaita pieaugumam, attīstoties otrajai paaudzei (no 7. jūlija līdz 20. oktobrim), strauji pieauga arī bojāto lapu skaits. Sasniedzot aptuveni 80 bojāto lapu robežu no 100, tas palika aptuveni nemainīgs (7. attēls).

Pirmās liepu raibkodes paaudzes attīstības laikā vidējais bojāto lapu skaits nedēļā bija 3,5000  $\pm$  1,1475, savukārt otrajai paaudzei – 65,4375  $\pm$  6,7453. Bojāto lapu skaits nedēļā starp abām paaudzēm atšķīrās būtiski (Wilcoxon p-value = 0,00101).

Atšķirības starp liepu raibkodes paaudzēm redzamas arī kopējā alojumu skaitā uz vienu lapu (8. attēls). Ņemot vērā visas katru nedēļu ievāktās lapas (arī tās, uz kurām alojumu nebija), pirmās paaudzes veidoto alojumu skaits nedēļā nepārsniedza 0,2 alojumus uz vienu lapu. Otrās paaudzes maksimālās sastopamības laikā augustā un septembrī tas bija tuvs vai pat pārsniedza 2,5 alojumus uz lapu (8. attēls).

Ņemot vērā tikai tās lapas, uz kurām konstatēti alojumi, pirmā tauriņa paaudze visbiežāk veidoja vienu alojumu uz lapu, bet atsevišķos gadījumos to bija vairāk. Otrajā

paaudzē alojumu skaits ievērojami pieaug. Sākot ar augusta otro dekādi, tas pārsniedza trīs alojumus uz lapu (8. attēls).



8. attēls. Vidējais liepu raibkodes alojumu skaits uz bojātajām lapām un visām ievāktajām lapām pa nedēļām veģetācijas sezonā, Rīgā, Mežaparkā 2014. gadā ( $\pm$  standartklūda).

Figure 8. Mean number of mines of lime leafminer on damaged leaves and all leaves collected in a week in vegetation season in Riga, Mežaparks in 2014 ( $\pm$  standard error).

Atšķirība starp vidējo alojumu skaitu uz vienu lapu, ņemot vērā visas katru nedēļu ievāktās 100 lapas, starp abām tauriņa paaudzēm bija būtiska (Wilcoxon p-value = 0,00117). Pirmā paaudze vidēji veidoja  $0,0617 \pm 0,0266$  alojumus uz vienu lapu, savukārt otrā –  $1,9581 \pm 0,2598$ . Salīdzinot vidējo liepu raibkodes alojumu skaitu pa nedēļām tikai uz bojātajām lapām, tas starp abām paaudzēm atšķīrās nebūtiski (Wilcoxon p-value = 0,10380). Pirmā paaudze vidēji veidoja  $1,9524 \pm 0,4280$  alojumus uz vienu bojāto lapu, otrā –  $2,6875 \pm 0,2100$ .

Kopumā liepu raibkodes attīstība Mežaparkā, Ķīšezera ielā 2014. gadā notika divās paaudzēs no maija beigām līdz oktobra vidum. Otrās paaudzes attīstības laikā konstatēts būtiski lielāks tauriņa īpatņu dažādās attīstības stadijās un bojāto lapu skaits, savukārt vidējais alojumu skaits uz vienu lapu būtiski neatšķīrās.

### 3.2. Liepu raibkodes mirstība un populācijas dinamiku regulējošie faktori

Pētījuma laikā dzīvie un nedzīvie īpatņi atsevišķi uzskaitīti liepu raibkodes kāpuru un kūniņu stadijām. To skaits un mirstība sezonas laikā apkopota 10. tabulā.

Vislielākā procentuālā mirstība novērota kāpuru stadijām, kūniņu mirstība bija divreiz mazāka (10. tabula). Atšķirības procentuālajā mirstībā starp liepu raibkodes attīstības stadijām laikā no kāpuru un kūniņu konstatēšanas pirmo reizi 9. jūnijā līdz sezonas beigām 20. oktobrī bija nebūtiskas (Kruskal-Wallis p-value = 0,19140, chi-squared = 3,3072).

10. tabula  
Liepu raibkodes dzīvo, nedzīvo un kopējais kāpuru un kūniņu skaits un procentuālā mirstība atsevišķām attīstības stadijām Rīgā, Mežaparkā 2014. gadā.

Table 10  
Live, dead and total number of larvae and pupae of lime leafminer and mortality of different development stages in Riga, Mežaparks in 2014.

Attīstības stadija Stage of development	Dzīvi Live	Miruši Dead	Kopā In total	Mirstība stadijai, % Mortality of stage, %
Kāpuri I-III Larvae I-III	667	1055	1722	61,2660
Kāpuri IV-V Larvae IV-V	246	472	718	65,7382
Kūniņas Pupae	184	75	259	28,9575
<b>Kopā: In total:</b>	<b>1097</b>	<b>1602</b>	<b>2699</b>	<b>59,3553</b>

Ņemot vērā visus pētījuma laikā konstatētos liepu raibkodes īpatņus, ieskaitot olas un izlidojušos, I-III stadijas kāpuru mirstība veidoja 36,1425% no kopējās populācijas mirstības, IV-V stadijas kāpuru mirstība – 16,1699%, savukārt kūniņu – tikai 2,5694%. Atšķirības procentuālajā mirstībā no populācijas starp stadijām bija būtiskas (Kruskal-Wallis p-value = 0,02144, chi-squared = 7,6850).

Apskatot vidējās diennakts gaisa temperatūras izmaiņas un liepu raibkodes populācijas dinamiku, konstatēts, ka pirmās dzīvās tauriņa olas parādījās pēc tam, kad diennakts vidējā temperatūra iepriekšējā nedēļā pārsniedza +10°C un vairs nepazeminājās zem šīs robežas (5. attēls). Veicot korelācijas analīzi visu liepu raibkodes attīstības stadiju īpatņu skaitam ar vidējo diennakts gaisa temperatūru iepriekšējā nedēļā, atsevišķi izdalot dzīvus un nedzīvus kāpurus un kūniņas, konstatētas vairākas būtiskas korelācijas. Dzīvo īpatņu skaita un temperatūras korelācijas koeficienti un to būtiskums apkopots 11. tabulā.

Olu skaitam un I-III attīstības stadijas kāpuru skaitam bija būtiska vidēji cieša pozitīva korelācija ar temperatūru. IV-V attīstības stadiju kāpuru skaitam tā bija nebūtiska, taču parādījās tendence, ka, palielinoties temperatūrai, palielinās arī šo kāpuru skaits. Kūniņu skaits ar gaisa temperatūru būtiski nekorelēja (11. tabula). Arī citu parametru (nedzīvā un

kopējā īpatņu skaita, bojāto lapu un vidējā alojumu skaita uz tām) korelācijas ar temperatūru bija nebūtiskas, tādēļ darbā netiek atsevišķi parādītas.

11. tabula

Korelācijas koeficienti un to būtiskums atsevišķu attīstības stadiju liepu raibkodes dzīvo īpatņu skaitam nedēļas laikā ar iepriekšējās nedēļas vidējo diennakts temperatūru Rīgā, Mežaparkā 2014. gadā. Izceltās korelācijas ir būtiskas (\* p-value < 0,05, \*\* p-value < 0,01, \*\*\* p-value < 0,001).

Table 11

Correlation coefficients and their significance between live number of individuals of different development stages of lime leafminer in a week and mean daily temperature in previous week in Riga, Mežaparks in 2014. Marked correlations are significant (\* p-value < 0,05, \*\* p-value < 0,01, \*\*\* p-value < 0,001).

Attīstības stadija Stage of development	rho	p-value
Olas Eggs	<b>0,65492</b>	<b>0,00028***</b>
Kāpuri I-III Larvae I-III	<b>0,45423</b>	<b>0,01975*</b>
Kāpuri IV-V Larvae IV-V	0,34096	0,08828
Kūniņas Pupae	0,09317	0,65080

Kāpuriem un kūniņām, kam atsevišķi izdalīti dzīvie un nedzīvie īpatņi, to procentuālā mirstība atsevišķai stadijai konkrētajā nedēļā negatīvi būtiski korelēja ar iepriekšējās nedēļas vidējo diennakts temperatūru. I-III attīstības stadijas kāpuru procentuālajai mirstībai novērojama būtiska cieši negatīva korelācija ar temperatūru, IV-V attīstības stadijas kāpuru un kūniņu procentuālajai mirstībai – būtiska vidēji cieša negatīva korelācija (12. tabula).

12. tabula

Korelācijas koeficienti un to būtiskums procentuālajai atsevišķu attīstības stadiju liepu raibkodes īpatņu mirstībai nedēļas laikā ar iepriekšējās nedēļas vidējo diennakts temperatūru Rīgā, Mežaparkā 2014. gadā. Visas korelācijas ir būtiskas (\*\* p-value < 0,01, \*\*\* p-value < 0,001).

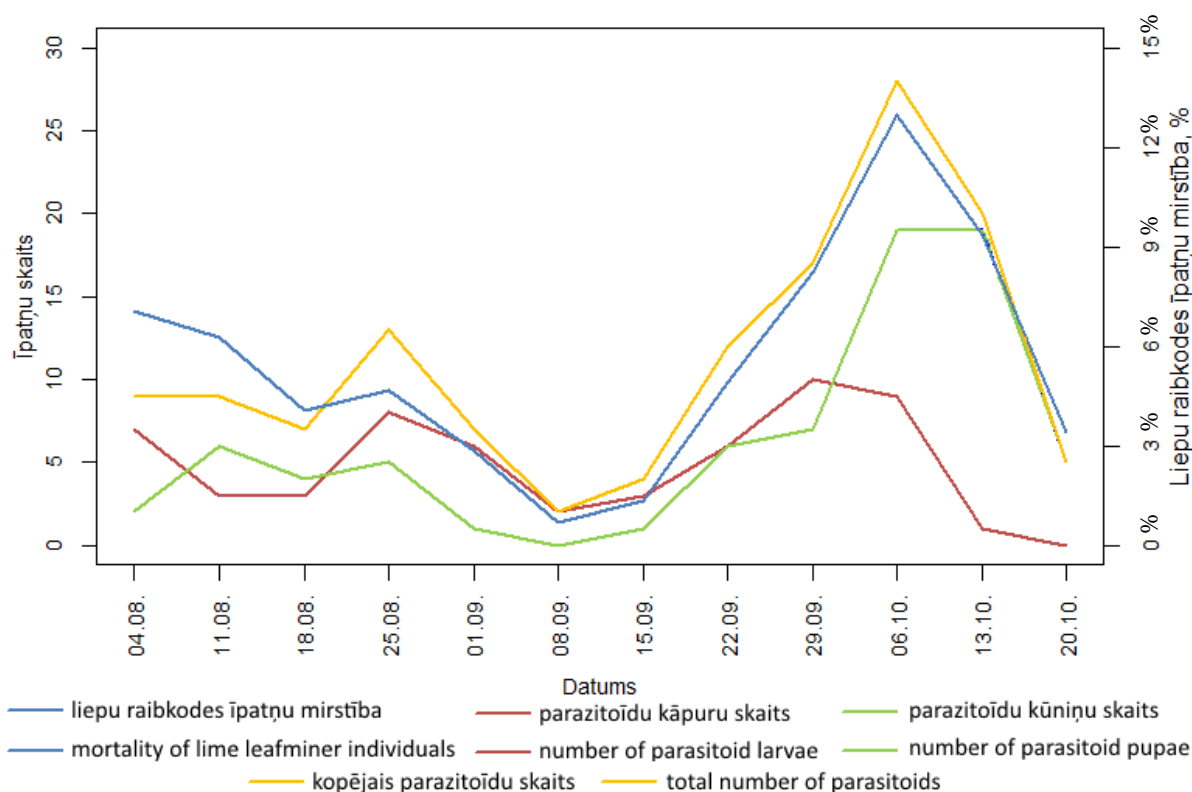
Table 12

Correlation coefficients and their significance between mortality of different development stages of lime leafminer in a week and mean daily temperature in previous week in Riga, Mežaparks in 2014. All correlations are significant (\*\* p-value < 0,01, \*\*\* p-value < 0,001).

Attīstības stadija Stage of development	rho	p-value
Kāpuri I-III Larvae I-III	-0,90357	< 2,2e-16***
Kāpuri IV-V Larvae IV-V	-0,76433	0,00035***
Kūniņas Pupae	-0,58472	0,00855**

No biotiskajiem faktoriem, kas var ietekmēt liepu raibkodes īpatņu skaitu, pētījumā apskatīti parazītoīdi. Līdz 4. augustam netika konstatēts neviens parazītoīdu īpatnis, tie parādījās tikai liepu raibkodes otrās paaudzes attīstības laikā (9. attēls).

Kopā pētījuma laikā liepu raibkodes alojumos konstatēti 133 parazītoīdu īpatņi kāpuru vai kūniņu stadijās. Maksimālais to skaits novērots oktobra sākumā – 28 īpatņi 6. oktobrī un 20 īpatņi 13. oktobrī. Laikā no 4. augusta līdz 20. oktobrim, kad parazītoīdi konstatēti, to radītā vidējā liepu raibkodes īpatņu mirstība bija  $5,4851 \pm 1,0134\%$ . Liepu raibkodes īpatņu mirstības izmaiņas parazītoīdu ietekmē procentos pa nedēļām, kā arī parazītoīdu atsevišķu attīstības stadiju un kopējais īpatņu skaits parādīts 9. attēlā.



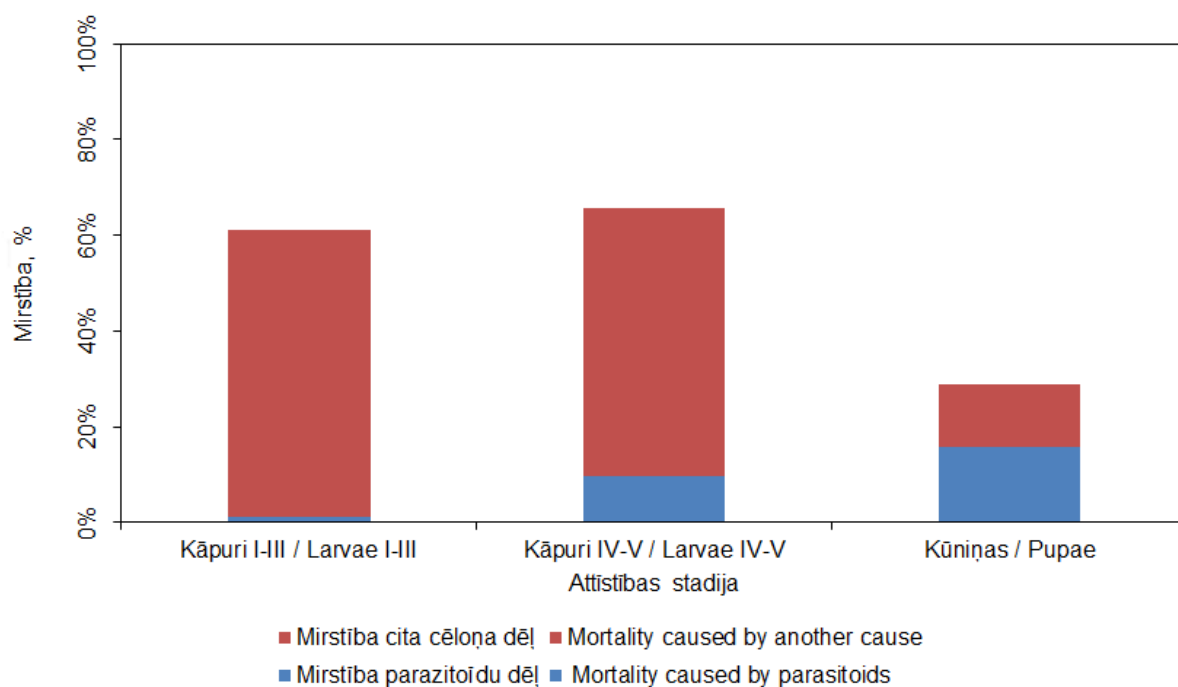
9. attēls. Liepu raibkodes parazītoīdu izraisīta īpatņu mirstība procentos, parazītoīdu kāpuru, kūniņu un kopējais skaits pa nedēļām Rīgā, Mežaparkā 2014. gadā.

Figure 9. Mortality percentage of lime leafminer individuals caused by parasitoids, number of parasitoid larvae, pupae and in total in a week in Riga, Mežaparks in 2014.

Parazītoīdu radītā liepu raibkodes mirstība atšķīrās gan dažādām tauriņa stadijām, gan arī veģetācijas sezonas laikā (9. attēls). 10. attēlā redzams, ka kopējā parazītoīdu radītā procentuālā mirstība pieauga līdz ar katru nākamo liepu raibkodes attīstības stadiju.

Parazītoīdu radītā I-III stadijas kāpuru mirstība, sākot ar datumu, kad tie pirmo reizi parādījušies (no 4. augusta līdz 20. oktobrim) vidēji bija  $1,0948 \pm 0,4367\%$ . Parazītoīdu radīta

IV-V stadijas kāpuru vidējā mirstība bija  $12,2352 \pm 2,7419\%$ , savukārt kūniņu –  $14,7157 \pm 4,4021\%$ . Šīs atšķirības starp stadijām bija būtiskas (Kruskal-Wallis p-value = 0,00493, chi-squared = 10,6267).

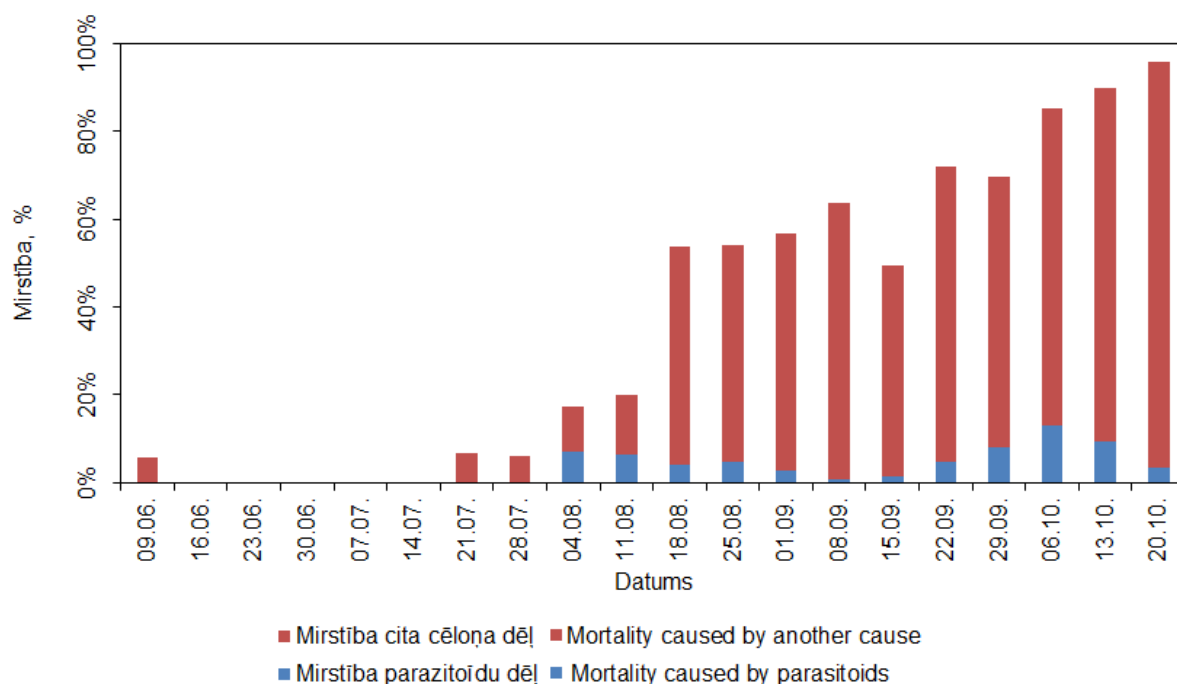


10. attēls. Vidējā liepu raibkodes parazītoīdu un citu cēloņu izraisīta dažādu attīstības stadiju īpatņu mirstība procentos veģetācijas sezonas laikā Rīgā, Mežaparkā 2014. gadā.

Figure 10. Mean mortality percentage of lime leafminer individuals of different development stages caused by parasitoids and another causes in Riga, Mežaparks in 2014.

11. attēlā redzams, ka liepu raibkodes īpatņu mirstība veģetācijas sezonas laikā ievērojami palielinājās. Līdz jūlija beigām (28. jūlijam) konstatētajiem īpatņiem, kas piederēja pirmajai paaudzei un otrās paaudzes attīstības sākuma stadijām, vidējā mirstība bija  $2,3262 \pm 1,1377\%$ .

No 4. augusta līdz 20. oktobrim vidējā liepu raibkodes mirstība bija  $60,6200 \pm 7,0985\%$ . Vidējā parazītoīdu radītā liepu raibkodes mirstība šajā laikā bija  $5,4851 \pm 1,0134\%$ . Parazītoīdu radītajai mirstībai bija vērojams periodiskums, tā nepalielinājās vienmērīgi sezonas laikā. Savukārt citu faktoru izraisītā mirstība pieauga pakāpeniski (11. attēls).



11. attēls. Liepu raibkodes parazītoīdu un citu cēloņu izraisīta mirstība procentos pa nedēļām veģetācijas sezonas laikā Rīgā, Mežaparkā 2014. gadā.

Figure 11. Mortality percentage of lime leafminer individuals caused by parasitoids and another causes in a week in Riga, Mežaparks in 2014.

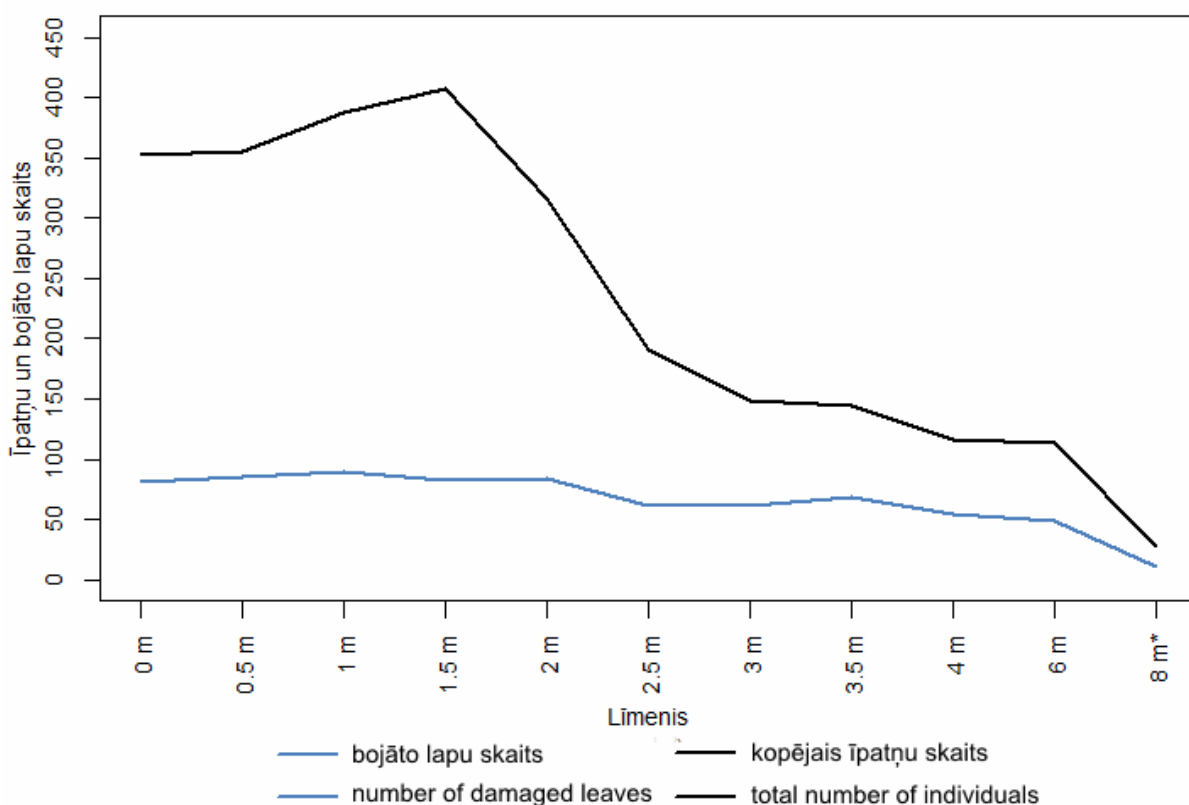
Kopumā vislielākā liepu raibkodes mirstība konstatēta kāpuriem. Starp tauriņa attīstības stadijām tā atšķirās nebūtiski, taču procentuālās mirstības no populācijas atšķirības bija būtiskas. No abiotiskajiem faktoriem liepu raibkodi ietekmēja temperatūra, īpaši sākotnējās attīstības stadijās. No biotiskajiem faktoriem būtisku mirstību radīja parazītoīdi, kuru ietekme palielinājās līdz ar katru nākamo tauriņa attīstības stadiju.

### 3.3. Liepu raibkodes telpiskais sadalījums koka vainagā

Liepu raibkodes telpiskā sadalījuma koka vainagā noskaidrošanai ievāktas 1000 lapas vainaga ārpusē un 200 lapas vainaga iekšpusē pie koka stumbra. 718 lapas vainaga ārpusē bija ar liepu raibkodes alojumiem. Līmeņos līdz sešu metru augstumam kopā vainaga ārpusē konstatēti 2533 alojumi – 2007 I-III stadijas kāpuru, 360 IV-V stadijas kāpuru, 112 kūniņu un 54 izlidojušu īpatņu alojumi. Maksimālais alojumu skaits uz vienas lapas bija 23. Astoņu metru augstumā, kur 20 lapas ievāktas tikai no viena koka, 11 no tām bija ar liepu raibkodes alojumiem – 26 I-III stadijas kāpuru un pa vienam – kūniņu un izlidojušu īpatņu alojumi. Divi alojumi uz lapām vainaga ārpusē (0,0790% no kopējā skaita) konstatēti uz lapas plātnes augšējās virsmas.

Vainaga iekšpusē pie koka stumbra ar alojumiem bija 179 lapas jeb 89,5000% no to kopējā skaita. Uz lapām konstatēti 869 liepu raibkodes alojumi – 799 I-III stadijas kāpuru, 43 IV-V stadijas kāpuru, 9 kūniņu un 18 izlidojušu īpatņu alojumi. Maksimālais alojumu skaits uz vienas lapas bija 27.

Kopējais alojumu skaits un bojāto lapu skaits katrā līmenī koka vainaga ārpusē parādīts 12. attēlā. Visos līmeņos kopā bojātās lapas vidēji veidoja  $71,8000 \pm 4,6207\%$  no kopējā ievāktu lapu skaita. Bojāto lapu skaits bija mazāks tajos līmeņos, kas atradās augstāk virs zemes. Līdzīga tendence parādās arī kopējam liepu raibkodes alojumu skaitam (12. attēls).



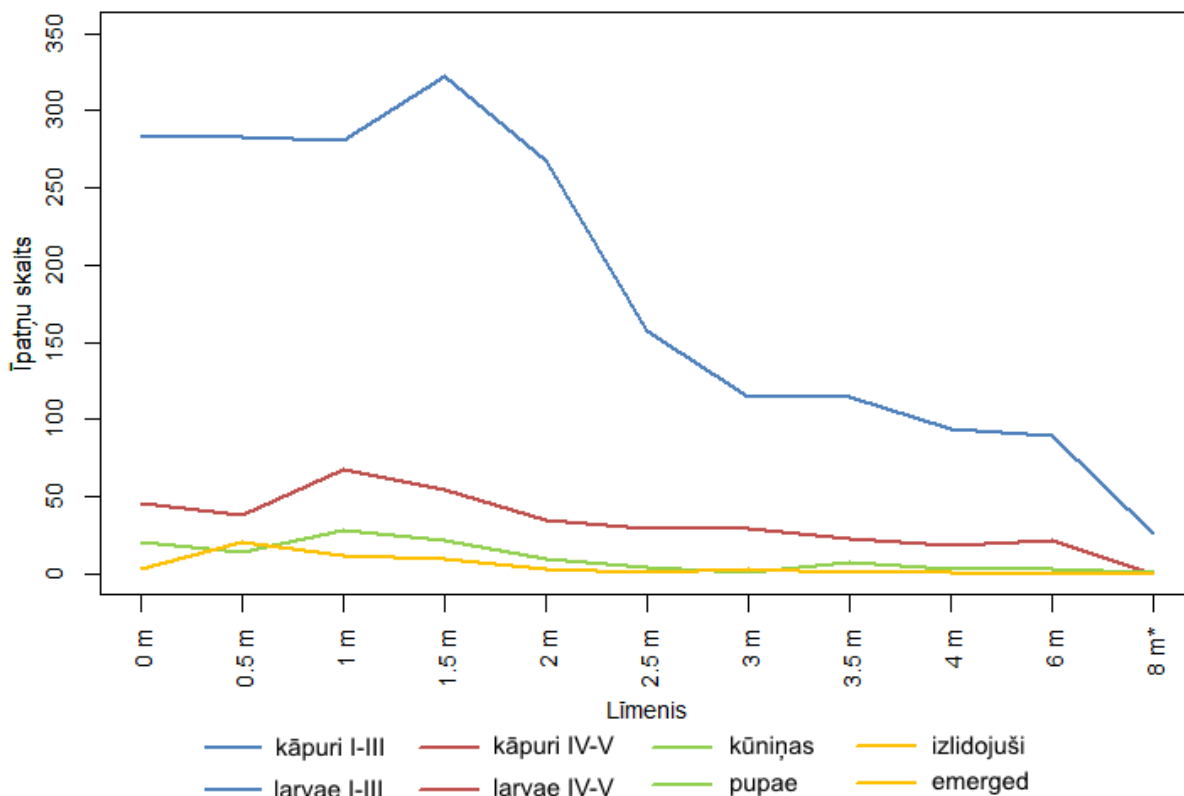
12. attēls. Kopējais liepu raibkodes alojumu skaits un bojāto lapu skaits pa līmeņiem Rīgā, Mežaparkā 2014. gada septembrī. Astoņu metru līmenī ievākts mazāks lapu skaits.

Figure 12. Total number of lime leafminer mines and damaged leaves in levels in Riga, Mežaparks in September 2014. In eight meters level less leaves are collected.

Vislielākais kopējais īpatņu skaits bija 1,5 metru augstumā, pēc tam tas strauji samazinājās (12. attēls). Kopējais īpatņu skaits būtiski cieši negatīvi korelēja ar augstumu virs zemes ( $\rho = -0,87879$ ,  $p\text{-value} = 0,00198$ ).

Bojāto lapu skaits līmeņos bija līdzīgāks (12. attēls). Taču arī šim lielumam bija būtiska cieši negatīva korelācija ar augstumu virs zemes ( $\rho = -0,81818$ ,  $p\text{-value} = 0,00681$ ).

Atsevišķi izdalītās konstatētās liepu raibkodes attīstības stadijas un to veidoto alojumu kopējais skaits katrā līmenī parādīts 13. attēlā. I-III stadijas kāpuru skaits bija vislielākais 1,5 metru augstumā, IV-V stadijas kāpuru un kūniņu skaits – viena metra augstumā, izlidojušo īpatņu – 0,5 metru augstumā (13. attēls).



13. attēls. Liepu raibkodes atsevišķu attīstības stadiju un to veidoto alojumu kopējais skaits pa līmeņiem Rīgā, Mežaparkā 2014. gada septembrī. Astoņu metru līmenī ievākts mazāks lapu skaits.

Figure 13. Total number of different development stages of lime leafminer and number of mines made by them in levels in Riga, Mežaparks in September 2014. In eight meters level less leaves are collected.

Visu attīstības stadiju īpatņu skaits būtiski cieši negatīvi korelēja ar augstumu virs zemes. Korelācijas koeficienti un to būtiskums apkopoti 13. tabulā. Būtiskas atšķirības dažādu stadiju liepu raibkodes īpatņu un to veidoto alojumu skaitā starp līmeņiem arī konstatētas visos gadījumos (13. tabula).

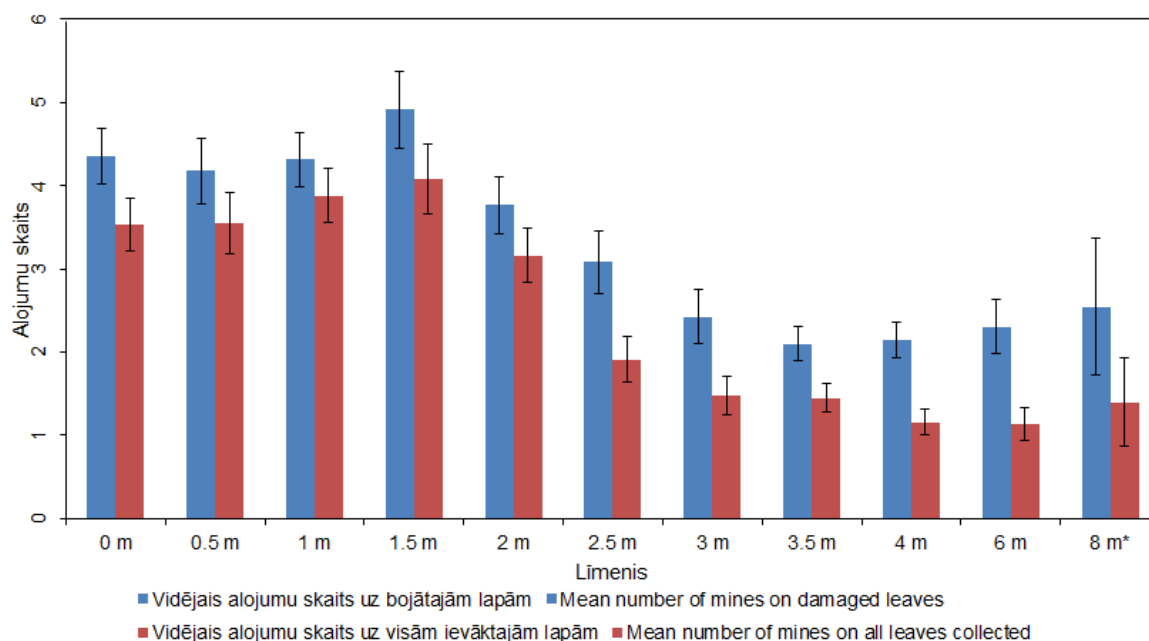
Atšķirības starp koka līmeņiem redzamas arī liepu raibkodes alojumu skaitā uz vienu lapu. Zemākajos līmeņos līdz 1,5 metru augstumam alojumu skaits uz bojātajām lapām pārsniedza četrus alojumus uz vienu lapu, bet vidēji uz visām ievāktajām lapām – trīs alojumus. Augstākajos līmeņos uz bojātajām lapām bija mazāk par trim alojumiem (14. attēls).

Korelācijas koeficienti un to būtiskums atsevišķu attīstības stadiju liepu raibkodes īpatņu skaitam ar augstumu virs zemes un dažādu stadiju liepu raibkodes īpatņu un to veidoto alojumu kopējā skaita atšķirību starp līmeņiem būtiskums Rīgā, Mežaparkā 2014. gada septembrī. Visas korelācijas un atšķirības ir būtiskas (\*\* p-value < 0,01, \*\*\* p-value < 0,001).

Table 13

Correlation coefficients and their significance between number of individuals of different development stages of lime leafminer and height above ground and significance of differences in total number of different development stages of lime leafminer and mines made by them between levels in Riga, Mežaparks in September 2014. All correlations and differences are significant (\*\* p-value < 0,01, \*\*\* p-value < 0,001).

Attīstības stadija Stage of development	Korelācija ar augstumu Correlation with height		Atšķirības starp līmeņiem Differences between levels	
	rho	p-value	Kruskal-Wallis chi-squared	Kruskal-Wallis p-value
Kāpuri I-III Larvae I-III	-0,92727	0,00013***	137,4213	< 2,2e-16***
Kāpuri IV-V Larvae IV-V	-0,88754	0,00061***	31,1323	0,00028***
Kūniņas Pupae	-0,80244	0,00521**	56,0672	7,62e-09***
Izlidojuši Emerged	-0,82634	0,00321**	25,8479	0,00216**
Alojumi kopā Mines in total	-0,87879	0,00198**	173,3499	< 2,2e-16***

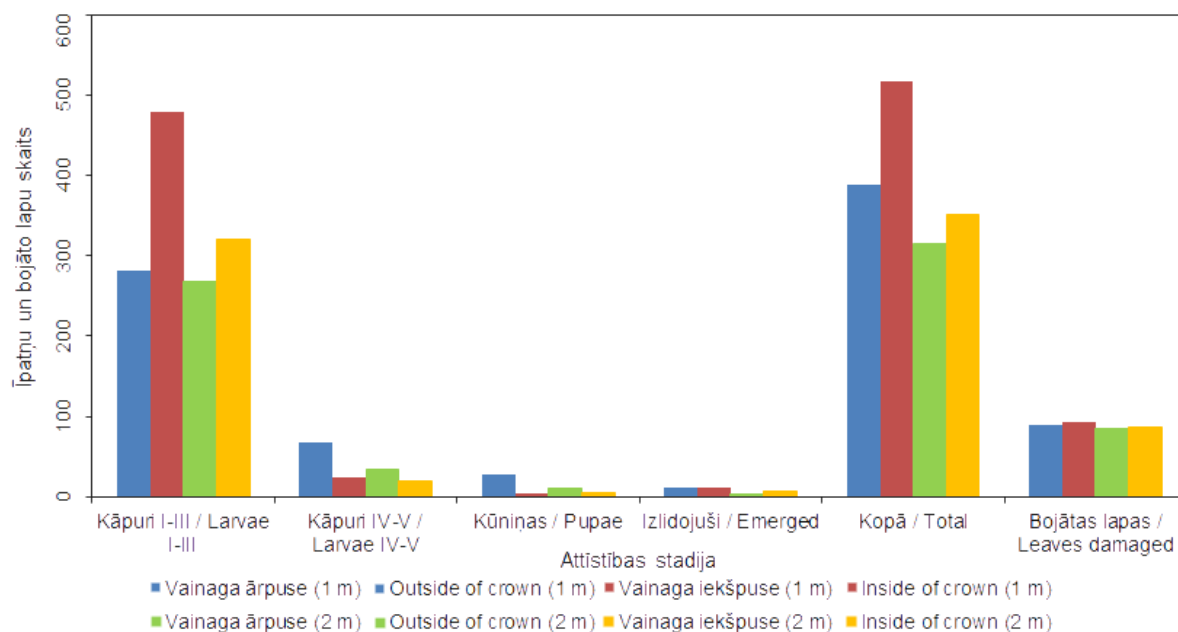


14. attēls. Vidējais liepu raibkodes alojumu skaits uz bojātajām lapām un visām ievāktajām lapām pa līmeņiem Rīgā, Mežaparkā 2014. gada septembrī ( $\pm$  standartklūda). Astoņu metru līmenī ievākts mazāks lapu skaits.

Figure 14. Mean number of mines of lime leafminer on damaged leaves and all leaves collected in levels in Riga, Mežaparks in September 2014 ( $\pm$  standart error). In eight meters level less leaves are collected.

Salīdzinot liepu raibkodes īpatņu skaitu dažādās attīstības stadijās, to kopējo skaitu un bojāto lapu skaitu starp vainaga iekšpusi un ārpusi, parādās vairākas atšķirības (15. attēls).

I-III stadijas kāpuru, kopējais īpatņu un bojāto lapu skaits abos augstuma līmeņos bija lielāks vainaga iekšpusē, turklāt šī atšķirība bija lielāka viena metra augstumā virs zemes. Pārējām tauriņa stadijām vainaga ārpusē īpatņu skaits bija lielāks (15. attēls).



15. attēls. Liepu raibkodes atsevišķu attīstības stadiju, kopējā īpatņu skaita un to veidoto alojumu kopējais skaits koka vainaga iekšpusē un ārpusē viena un divu metru augstumā Rīgā, Mežaparkā 2014. gada septembrī.

Figure 15. Number of different development stages of lime leafminer, total number of individuals and mines made by them in inside and outside of tree crown in one and two meters height in Riga, Mežaparks in September 2014.

Viena metra augstumā starp koka vainaga iekšpusi un ārpusi būtiski atšķīrās visu attīstības stadiju īpatņu skaits, izņemot izlidojušos. Savukārt divu metru augstumā būtiska nebija neviena atšķirība. Neskatoties uz to, abos augstuma līmeņos kopumā atšķirības starp vainaga iekšpusi un ārpusi visu attīstības stadiju īpatņu skaitā, izņemot izlidojušos, bija būtiskas (14. tabula).

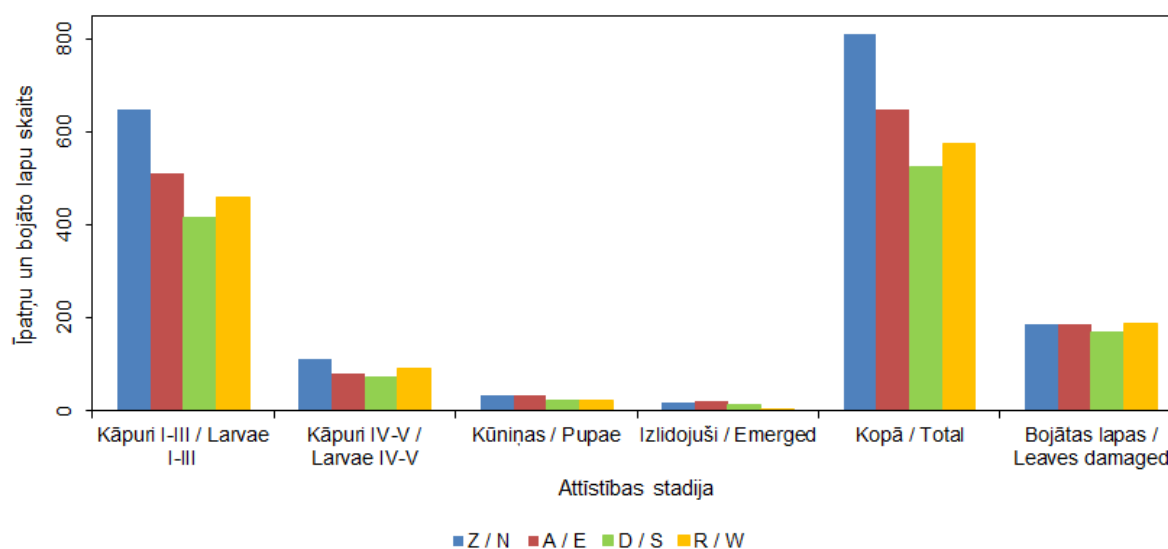
Dažādu attīstības stadiju liepu raibkodes īpatņu un to kopējā skaita atšķirību starp koka vainaga iekšpusi un ārpusi viena un divu metru augstumā būtiskums Rīgā, Mežaparkā 2014. gada septembrī. Izceltie parametri atšķiras būtiski (\* Wilcoxon p-value < 0,05, \*\* p-value < 0,01, \*\*\* p-value < 0,001).

Table 14

Significance of differences in number of individuals of different development stages and total number of individuals of lime leafminer between inside and outside of tree crown in one and two meters height in Riga, Mežaparks in September 2014. Marked parameters differ significantly (\* Wilcoxon p-value < 0,05, \*\* p-value < 0,01, \*\*\* p-value < 0,001).

Attīstības stadija Stage of development	Augstums virs zemes / Height above ground		
	1 metrs / 1 meter	2 metri / 2 meters	Kopā / In total
Kāpuri I-III Larvae I-III	<b>0,00051***</b>	0,15530	<b>0,00059***</b>
Kāpuri IV-V Larvae IV-V	<b>0,00058***</b>	0,16460	<b>0,00046***</b>
Kūniņas Pupae	<b>3,11e-05***</b>	0,10350	<b>1,75e-05***</b>
Izlidojuši Emerged	0,81560	0,46720	0,54650
Kopā In total	<b>0,04976*</b>	0,34160	<b>0,04727*</b>

Salīdzinot liepu raibkodes īpatņu skaitu dažādās attīstības stadijās, to kopējo skaitu un bojāto lapu skaitu vainagā starp debespusēm, arī parādījās vairākas atšķirības (16. attēls).



16. attēls. Liepu raibkodes atsevišķu attīstības stadiju, kopējā īpatņu skaita un to veidoto alojumu kopējais skaits koka vainagā atšķirīgās debespusēs Rīgā, Mežaparkā 2014. gada septembrī.

Figure 16. Number of different development stages of lime leafminer, total number of individuals and mines made by them in tree crown in different orientation in Riga, Mežaparks in September 2014.

Abu atsevišķi izdalīto kāpuru attīstības stadiju grupu, kūniņu un kopējais īpatņu skaits bija lielāks ziemeļu pusē, savukārt tukšo alojumu bija visvairāk austrumu pusē. Bojāto lapu skaits dienvidu pusē bija vismazākais, pārējās vainaga daļās tas bija gandrīz vienāds (16. attēls).

Būtiski starp debespusēm atšķīrās tikai I-III stadijas kāpuru skaits un kopējais visu attīstības stadiju īpatņu skaits (15. tabula).

15. tabula

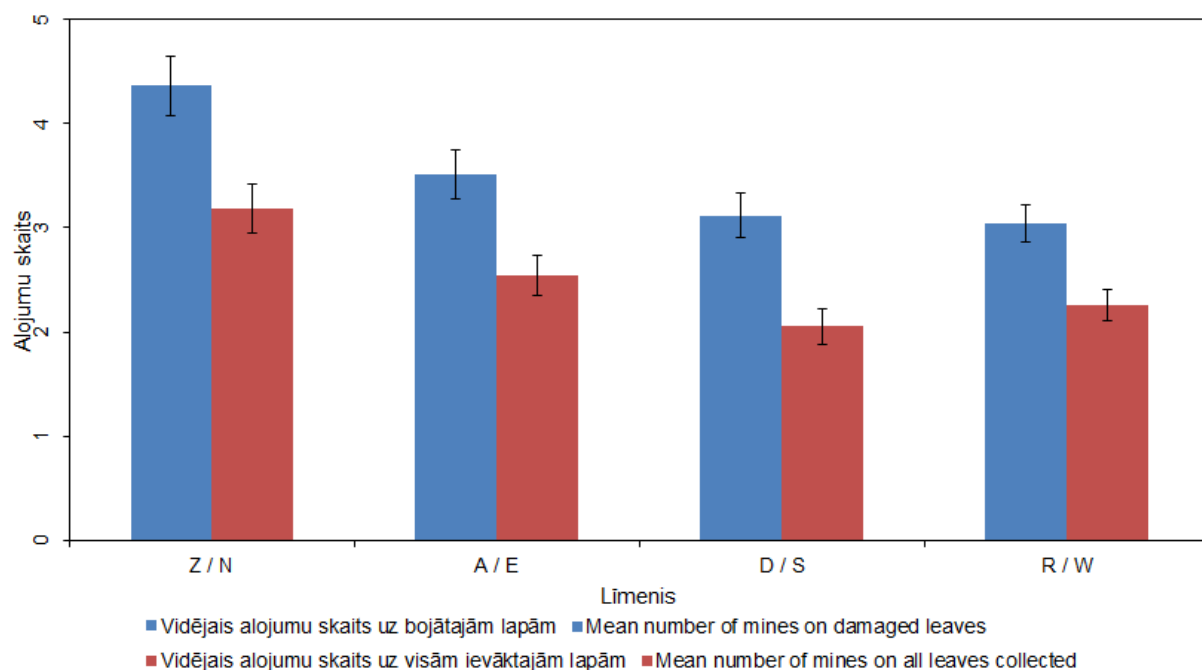
Vidējais liepu raibkodes dažādu attīstības stadiju īpatņu un to veidoto alojumu skaits pa debespusēm ( $\pm$  standartkļūda) un atšķirību starp debespusēm būtiskums Rīgā, Mežaparkā 2014. gada septembrī. Izceltie parametri atšķīras būtiski (\* p-value < 0,05, \*\* p-value < 0,01).

Table 15

Mean number of different development stages of lime leafminer and mines made by them in different orientation ( $\pm$  standart error) and significance of differences between orientations in Riga, Mežaparks in September 2014. Marked parameters differ significantly (\* p-value < 0,05, \*\* p-value < 0,01).

Attīstības stadija Stage of development	Debespuse / Orientation				Kruskal-Wallis	
	Z / N	A / E	D / S	R / W	chi-squared	p-value
Kāpuri I-III Larvae I-III	2,5412 $\pm$ 0,1961	2,0039 $\pm$ 0,1708	1,6275 $\pm$ 0,1442	1,8000 $\pm$ 0,1355	13,4938	<b>0,00368**</b>
Kāpuri IV-V Larvae IV-V	0,4392 $\pm$ 0,0635	0,3216 $\pm$ 0,0423	0,2902 $\pm$ 0,0431	0,3608 $\pm$ 0,0511	1,1607	0,76250
Kūniņas Pupae	0,1373 $\pm$ 0,0261	0,1333 $\pm$ 0,0271	0,0863 $\pm$ 0,0201	0,0863 $\pm$ 0,0193	3,3415	0,34190
Izlidojuši Emerged	0,0667 $\pm$ 0,0222	0,0863 $\pm$ 0,0284	0,0510 $\pm$ 0,0210	0,0118 $\pm$ 0,0068	7,1765	0,06648
Alojumi kopā Mines in total	3,1843 $\pm$ 0,2395	2,5450 $\pm$ 0,1967	2,0549 $\pm$ 0,1689	2,2588 $\pm$ 0,1554	12,6034	<b>0,00558**</b>

Atšķirības starp debespusēm parādījās arī liepu raibkodes alojumu skaitā uz vienu lapu. Uz bojātajām lapām visos gadījumos alojumu skaits pārsniedza trīs uz vienu lapu, savukārt uz visām ievāktajām – divus. Vislielākais tas abos gadījumos bija koka ziemeļu pusē, bet vismazākais – dienvidos un rietumos (17. attēls).



17. attēls. Vidējais liepu raibkodes alojumu skaits uz bojātajām lapām un visām ievāktajām lapām pa debespusēm Rīgā, Mežaparkā 2014. gada septembrī ( $\pm$  standartkļūda).

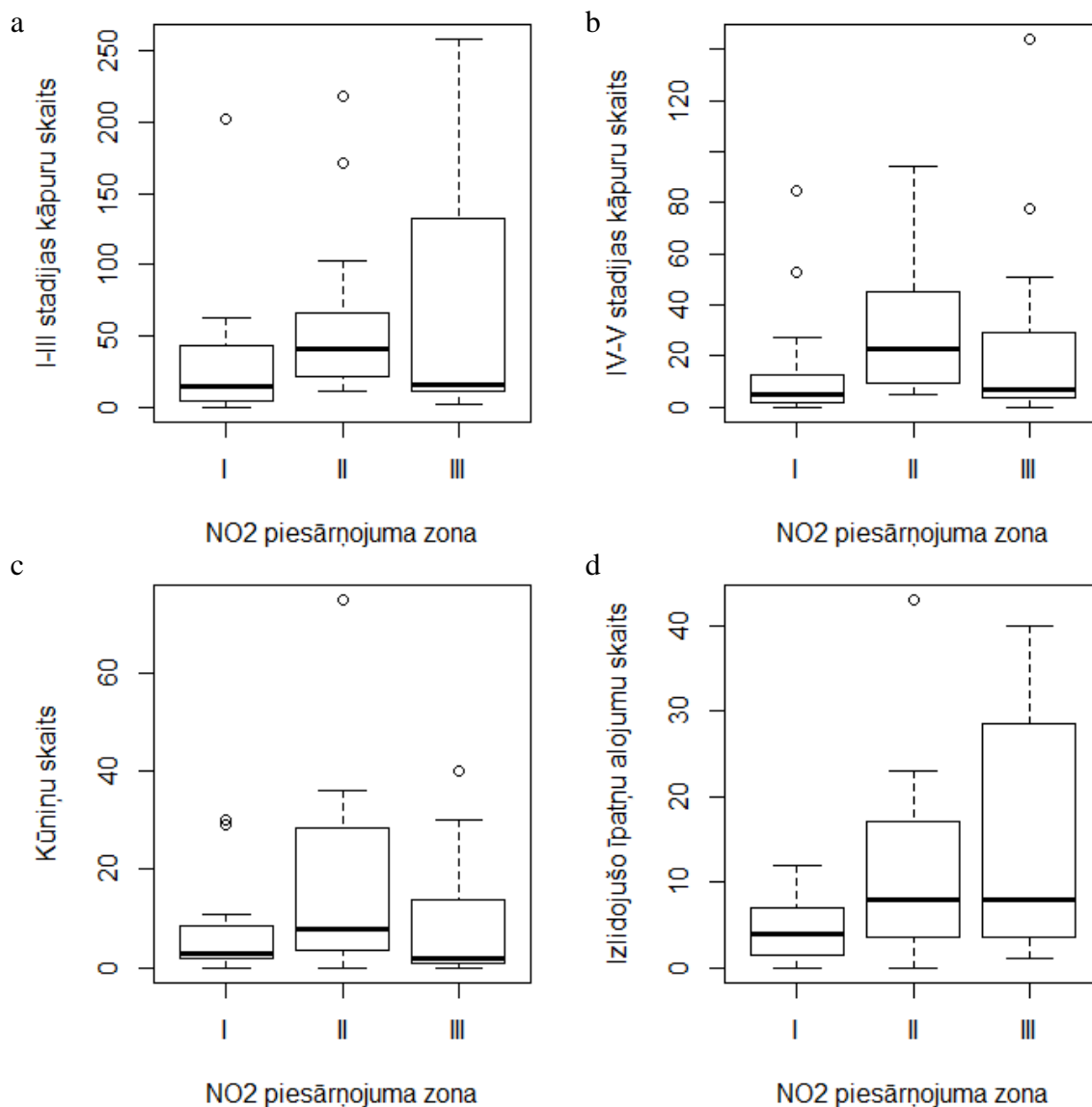
Figure 17. Mean number of mines of lime leafminer on damaged leaves and all leaves collected in different orientations in Riga, Mežaparks in September 2014 ( $\pm$  standart error).

Apkopojot visu iepriekšminēto, liepu raibkodes telpiskais izvietojums koka vainagā atšķirās gan dažādos augstuma līmeņos virs zemes, gan vainaga iekšpusē un ārpusē, gan arī uz dažādām debespusēm vērstās vainaga daļās.

### 3.4. Liepu raibkodes telpiskais sadalījums Rīgas pilsētas teritorijā

Liepu raibkodes telpiskā sadalījuma Rīgas pilsētas teritorijā noskaidrošanai ievāktas 4500 lapas. No tām 1730 lapas jeb 38,4444% no to kopējā skaita bija ar liepu raibkodes alojumiem. Visos parauglaukumos kopā konstatēti 4428 alojumi – 2389 I-III stadijas kāpuru, 1072 IV-V stadijas kāpuru, 506 kūniņu un 461 izlidojušu īpatņu alojumi. No tiem 4 alojumi jeb 0,0903% no kopējā skaita konstatēti uz lapas plātnes augšējās virsmas.

Izdalītās NO<sub>2</sub> piesārņojuma zonas Rīgas pilsētā salīdzinātas pēc dažādiem parametriem. Liepu raibkodes dažādu stadiju īpatņu skaita atšķirības parādītas 18. attēlā.



18. attēls. Liepu raibkodes dažādu attīstības stadiju īpatņu skaita atšķirības starp trim NO<sub>2</sub> piesārņojuma zonām Rīgā 2014. gadā: a – I-III stadijas kāpuru skaits, b – IV-V stadijas kāpuru skaits, c – kūniņu skaits, d – izlidojušo īpatņu alojumu skaits.

Figure 18. Differences in number of individuals of different development stages of lime leafminer between three NO<sub>2</sub> pollution zones in Riga in 2014: a – number of I-III instar larvae, b – number of IV-V instar larvae, c – number of pupae, d – number of mines made by emerged individuals.

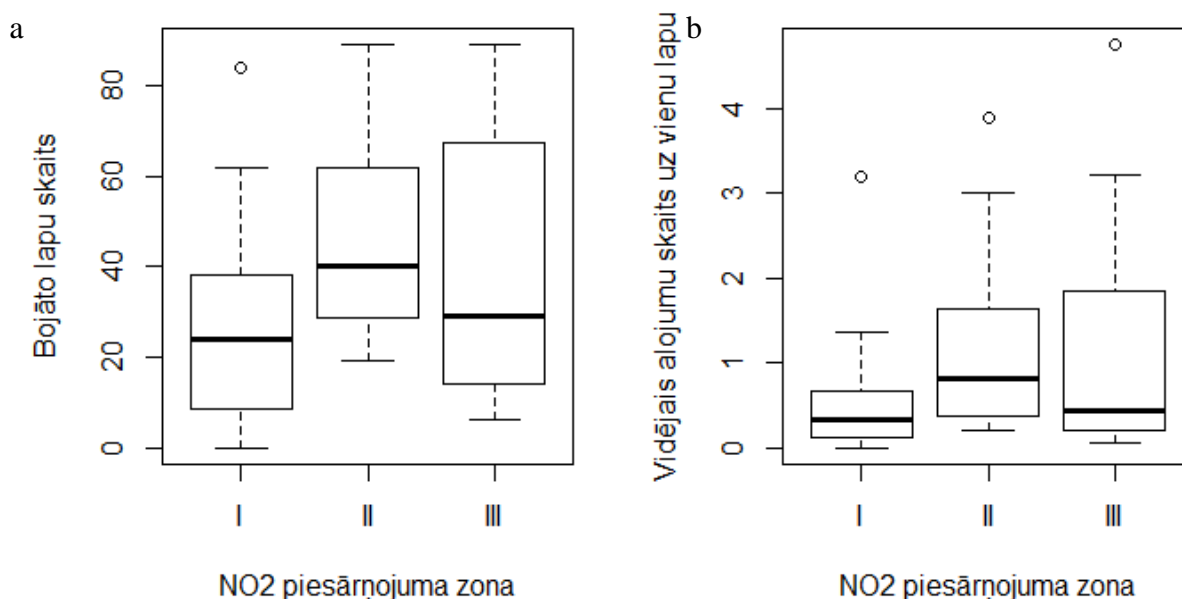
Visos attēlos redzams, ka īpatņu skaits uz 100 lapām bija lielāks parauglaukumos, kas atradās II vai III piesārņojuma zonā ar NO<sub>2</sub> vidējo gada koncentrāciju, kas zemāka par 40 μg/m<sup>3</sup>. I piesārņojuma zonā īpatņu skaits bija vismazākais (18. attēls). Vidējais katras attīstības stadijas īpatņu skaits visās zonās apkopots 16. tabulā.

16. tabula  
Vidējais liepu raibkodes dažādu attīstības stadiju īpatņu skaits trīs NO<sub>2</sub> piesārņojuma zonās Rīgā, 2014. gadā (± standartkļūda).

Table 16  
Mean number of different development stages of lime leafminer in three NO<sub>2</sub> pollution zones in Riga in 2014 (± standard error).

Attīstības stadija Stage of development	NO <sub>2</sub> piesārņojuma zona NO <sub>2</sub> pollution zone		
	I	II	III
Kāpuri I-III Larvae I-III	33,2667 ± 13,3107	60,2000 ± 15,5751	65,8000 ± 20,9755
Kāpuri IV-V Larvae IV-V	14,8667 ± 6,1705	31,0667 ± 7,0869	25,5333 ± 10,1886
Kūniņas Pupae	7,4000 ± 2,4704	17,0000 ± 5,2870	9,3333 ± 3,3504
Izlidojuši Emerged	4,5333 ± 0,9704	11,400 ± 2,9371	14,8000 ± 3,6190
<b>Kopā In total</b>	<b>60,0667 ± 21,6466</b>	<b>119,6667 ± 27,7778</b>	<b>115,4667 ± 36,29638</b>

Bojāto lapu un vidējā alojumu skaita uz vienu lapu atšķirības starp trim NO<sub>2</sub> piesārņojuma zonām parādītas 19. attēlā.



19. attēls. Liepu raibkodes bojāto lapu skaita un vidējā alojumu skaita uz vienu lapu atšķirības starp trim NO<sub>2</sub> piesārņojuma zonām Rīgā 2014. gadā: a – bojāto lapu skaits, b – vidējais alojumu skaits uz vienu lapu.

Figure 19. Differences in number of damaged leaves and mean number of mines on one leaf between three NO<sub>2</sub> pollution zones in Riga in 2014: a – number of damaged leaves, b – mean number of mines on one leaf.

Arī šajos attēlos parādījās līdzīgas sakarības. Vidējais bojāto lapu un alojumu skaits bija vislielākais II NO<sub>2</sub> piesārņojuma zonā (attiecīgi 48,0000 ± 6,1729 lapas un 1,1967 ± 0,2778 alojumi uz vienu lapu). Tam sekoja III NO<sub>2</sub> piesārņojuma zona (vidēji 39,2667 ± 7,7450 bojātas lapas un 1,1547 ± 0,3630 alojumi uz vienu lapu). Vismazāk bojātas bija lapas I NO<sub>2</sub> piesārņojuma zonā (vidēji 28,0667 ± 6,3855 bojātas lapas un 0,6007 ± 0,2165 alojumi uz vienu lapu) (19. attēls).

Salīdzinot izdalītās zonas pēc visiem minētajiem parametriem, vairākas no tām būtiski atšķīrās savā starpā (17. tabula).

17. tabula

Liepu raibkodes dažādu attīstības stadiju īpatņu, bojāto lapu skaita un vidējā alojumu skaita uz vienu lapu atšķirību būtiskums starp trim NO<sub>2</sub> piesārņojuma zonām pa pāriem Rīgā 2014. gadā. Izceltie parametri atšķiras būtiski (\* Wilcoxon p-value < 0,05).

Table 17

Significance of differences in number of lime leafminer individuals of different development stages, damaged leaves and mean number of mines on one leaf between three NO<sub>2</sub> pollution zones in pairs in Riga in 2014. Marked parameters differ significantly (\* Wilcoxon p-value < 0,05).

Parametrs Parameter	I un II zona I and II zone	I un III zona I and III zone	II un III zona II and III zone
Kāpuri I-III Larvae I-III	<b>0,02786*</b>	0,32940	0,28990
Kāpuri IV-V Larvae IV-V	<b>0,01601*</b>	0,38270	0,11480
Kūniņas Pupae	0,12390	0,73830	0,12870
Izlidojuši Emerged	0,07340	<b>0,03959*</b>	0,63290
Bojāto lapu skaits Number of damaged leaves	<b>0,02480*</b>	0,33980	0,19070
Vidējais alojumu skaits uz vienu lapu Mean number of mines on leaf	<b>0,02789*</b>	0,22870	0,28070

Visvairāk būtisko atšķirību bija starp I un II NO<sub>2</sub> piesārņojuma zonas parauglaurumiem. I un III zonas parauglaurumi būtiski atšķīrās tikai pēc izlidojušo īpatņu skaita (17. tabula).

Apkopojot visu iepriekšminēto, pilsētā liepu raibkodes telpiskais izvietojums atšķīrās gan pēc dažādu stadiju īpatņu, gan pēc bojāto lapu un alojumu skaita uz tām.

## 4. DISKUSIJA

### 4.1. Liepu raibkodes populācijas dinamika un radīto bojājumu izmaiņas veģetācijas sezonas laikā

Liepu raibkodes populācijas dinamikas pētījumu laikā uzskaitīts liels tauriņa īpatņu, olu un tukšu alojumu skaits. Gandrīz visi alojumi konstatēti uz lapas plātnes apakšējās virsmas, izņemot vienu, kas atradās augšpusē. Tas ir mazāk par literatūrā minētajiem 0,5% gadījumu ar alojumiem augšpusē, ko parasti izraisa liels populācijas blīvums (Šefrová 2002).

Literatūrā nav minēts noteikts liepu raibkodes īpatņu skaita sliekšnis, kuru sasniedzot, populācija būtu vērtējama kā liela, bet tās blīvums, ko parasti izsaka ar vidējo īpatņu skaitu uz vienu lapu – augsts. I. V. Ermolaev (2014) un I. V. Ermolaev un D. A. Zorin (2011b) min, ka tauriņa populācijas blīvums vairs nav uzskatāms par zemu gadījumā, ja tiek būtiski ietekmēti kādi saimniekauga parametri. Taču šis lielums atšķiras dažādos reģionos un gados (Ermolaev 2014, Ermolaev, Zorin 2011b). N. I. Kirichenko (2014) populācijas blīvumu uzskata par zemu, ja bojāto lapu daudzums nepārsniedz 15%, savukārt alojumu skaits uz 100 lapām – 30.

Lai gan šajā pētījumā konkrēts liepu raibkodes populācijas lielums netika novērtēts, var secināt, ka tas bija atbilstošs barības resursiem. To trūkuma apstākļos mātītes var dēt olas arī lapu augšpusē (Šefrová 2002). Taču šajā gadījumā mazāks alojumu daudzums, kas novietoti neatbilstoši sugas ekoloģijai, norāda, ka tauriņiem bija iespēja izvēlēties sugai atbilstošu olu dēšanas vietu uz lapas plātnes.

Pirmās dzīvās liepu raibkodes olas, kas norāda uz tauriņa pirmās paaudzes attīstības sākumu, uz lapām konstatētas maija trešajā dekādē (7. tabula). Tā kā mātītes uzreiz pēc pārziemošanas kopulē un dēj olas, bet to embrionālā attīstība ilgst ne vairāk kā divas nedēļas (Ermolaev 2014, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b, Jurc 2012), var secināt, ka pirmie pieaugušie īpatņi pēc pārziemošanas parādījušies maija sākumā vai vidū. Tas sakrīt ar lielāko daļu citu autoru pētījumu par attiecīgo klimata zonu, kuros minētais laiks ir maija pirmā dekāde vai vidus (Ermolaev 2014, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b, Jurc 2012, Perny 2007, Šefrová 2002). Šajā laikā arī vidējā diennakts gaisa temperatūra sasniedza +10°C (5. attēls), kas literatūrā tiek minēts kā sliekšnis, pēc kura pārsniegšanas parādās pirmie pārziemojušie liepu raibkodes īpatņi (Ermolaev 2014, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b, Jurc 2012).

Pirmie pieaugušie liepu raibkodes īpatņi, kas piederēja pirmajai paaudzei, pētījuma laikā parādījās jūnija sākumā (7. tabula). Tas arī atbilst literatūras datiem, kuros kā tauriņu izlidošanas laiks dažādos reģionos minēts periods no maija beigām līdz jūlija otrajai dekādei (Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b, Lehmann 2009, Šefrová 2002).

Otro reizi konstatētās dzīvās olas un I-III attīstības stadijas kāpuri liecina par liepu raibkodes otrās paaudzes attīstības sākumu. Pirmie otrās paaudzes IV-V attīstības stadiju kāpuri šajā pētījumā uzskaitīti jūlija trešajā dekādē. Taču kūniņu un pirmo izlidojušo īpatņu parādīšanās laiku no iegūtajiem datiem nebija iespējams noteikt precīzi (7. tabula).

Citu autoru darbos grūtības noteikt laiku, kad attīstās abu paaudžu īpatņi, minēta kā būtiska problēma. Atsevišķi tauriņa pirmās paaudzes veidotie alojumi ar dzīviem īpatņiem tajos var būt konstatēti uz lapām līdz jūlija beigām, kad otrās paaudzes īpatņiem jau vērojams krass skaita pieaugums. Līdz ar to abas paaudzes nav iespējams precīzi atdalīt, jo tās savā starpā visbiežāk pārklājas (Kumata 1963, Šefrová 2002). Taču šajā pētījumā konstatēta minimāla paaudžu attīstības laiku pārklāšanās (7. tabula), kas ļauj turpmāk tās analizēt atsevišķi.

Kopējam dzīvo un izlidojušo liepu raibkodes īpatņu skaitam pa nedēļām vērojamais periodiskums (skaita palielināšanās, kritums un atkārtota palielināšanās) arī norāda uz divu paaudžu attīstību gada laikā (5. attēls). Šāds tauriņa paaudžu skaits reģistrēts gan tā pamatareālā, gan Krievijā, gan Eiropas valstīs (Doorenweerd *et al.* 2014, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b, Huemer, Erlebach 2003, Jaworski 2009, Jurc 2012, Kumata 1963, Matošević 2007, Noreika 1998, Roques *et al.* 2010, Šefrová 2002, Ureche 2006). Trešās paaudzes attīstība šajā pētījumā netika konstatēta, atšķirībā no atsevišķu autoru darbiem (piemēram, Lehmann 2009, Perny 2007, Yefremova, Mishchenko 2008, Беднова, Белов 1999, Белов 2011). Maksimālais īpatņu skaits šajā pētījumā konstatēts augustā (5. attēls), kas sakrīt ar literatūras datiem par konkrēto klimata zonu (Yefremova, Mishchenko 2010, 2012).

Dzīvas liepu raibkodes kūniņas bija sastopamas līdz oktobra beigām, kad koki nometa lapas, arī gaisa temperatūra pēdējā paraugu ievākšanas reizē bija zemāka par +10°C (7. tabula, 5. attēls). Laiks, līdz kuram sastopami dzīvi liepu raibkodes īpatņi, arī sakrīt ar literatūras datiem (Doorenweerd *et al.* 2014, Šefrová 2002).

Auksta laika iestāšanās rudenī literatūrā minēta kā iemesls, kura dēļ daļa otrās paaudzes tauriņu nepaspēj pabeigt attīstību. Arī lapu nobiršanas dēļ sezonas beigās var tikt pārtraukta liepu raibkodes attīstība (Auerbach *et al.* 1995, Ermolaev 2014, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b, Ермолаев, Зорин 2013). Tā kā šajā pētījumā dzīvi tauriņa īpatņi bija sastopami līdz laikam, kad liepas nometa lapas (7. tabula, 5. attēls), var prognozēt, ka daļa no tiem tieši augstākminētā iemesla, nevis temperatūras dēļ, nepabeidza attīstību.

Literatūrā nav minēta noteikta gaisa temperatūra, kas alojumos esošajiem liepu raibkodes kāpuriem un kūniņām ir pārāk zema, līdz ar to tie iet bojā. Arī par citām *Phyllonorycter* ģints tauriņu sugām šāda informācija nav pieejama, taču pētījumos konstatēts,

ka, temperatūrai pazeminoties zem +4°C līdzīgā klimatiskajā joslā, īpatņi alojumos pārtrauc attīstību vai arī tā ir minimāla (Drummond *et al.* 1985). Šī pētījuma laikā tikai divas dienas oktobra beigās diennakts vidējā gaisa temperatūra bija zemāka par +4°C (LVĢMC 2014). Līdz ar to lapu nobiršana, nevis tiešs temperatūras efekts uz liepu raibkodes alojumos esošajām stadijām, ir galvenais iemesls, kas šajā gadījumā neļāva alojumos esošajiem īpatņiem pabeigt attīstību.

Kopējais un atsevišķu attīstības stadiju dzīvo īpatņu skaits pētījuma laikā būtiski atšķīrās starp tauriņa paaudzēm, otrajā to skaits bija lielāks (5. attēls, 8. tabula). Tas sakrīt ar literatūras datiem, kuros minēts, ka otrajā paaudzē attīstās ievērojami vairāk īpatņu (Jaworski 2009, Segerer 2008, Stolnicu, Ureche 2007, Šefrová 2002). Citu autoru pētījumos, kuros novērtēts kopējais liepu raibkodes īpatņu skaits (piemēram, Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Izhboldina 2013, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011a, 2011b), atsevišķi dzīvie un nedzīvie tauriņa attīstības stadiju īpatņi netika izdalīti. Taču maksimālais kopējais dzīvo īpatņu skaits vienā paraugu ievākšanas reizē uz 100 lapām šajā pētījumā bija ievērojami mazāks (5. attēls) par citu autoru konstatēto alojumu skaitu, kas sasniedza vismaz 300 (Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Izhboldina 2013, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011a, 2011b). Tā kā liepu raibkodes mirstība ir zema un lielākajā daļā gadījumu izdzīvo 50-80% tauriņu (Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Izhboldina 2013, Kirichenko 2014), dzīvo īpatņu skaits iepriekšminētajos pētījumos pārsniedz šajā darbā konstatēto arī gadījumā, ja tajos uzskaitīts kopējais alojumu skaits, nevis tikai dzīvie īpatņi.

Olu skaits starp abām liepu raibkodes paaudzēm atšķīrās nebūtiski, jo izteikts to skaita maksimums bija īslaicīgs, un vidējais skaits visā pirmās vai otrās paaudzes attīstības laikā bija neliels (5. attēls, 8. tabula). Olu nelielais izmērs (Šefrová 2002) un paraugu skaits, iespējams, neļāva arī veikt precīzu olu uzskaiti, līdz ar to atšķirības starp abām tauriņa paaudzēm šajā gadījumā ir grūti novērtēt.

Vidējais dzīvo liepu raibkodes īpatņu skaits uz vienu lapu, ņemot vērā visas ievāktās lapas (arī tās, uz kurām alojumu nebija), starp abām paaudzēm atšķīrās būtiski, savukārt tikai uz bojātajām lapām – nebūtiski (6. attēls). Tas norāda, ka vidējais īpatņu skaits uz vienas lapas bija aptuveni vienāds abām paaudzēm, taču ievērojami atšķīrās bojāto lapu skaits. Šajā pētījumā abām paaudzēm uz vienas lapas konstatēti vidēji divi dzīvi īpatņi, kas sakrīt ar literatūras datiem par visbiežāk konstatētu vienu vai diviem alojumiem uz lapas (Kirichenko 2014, Stolnicu, Ureche 2007). Bojāto lapu, uz kurām konstatēti dzīvi liepu raibkodes īpatņi, ievērojama skaita palielināšanās sezonas laikā, būtiski nepieaugot alojumu skaitam uz tām, ļauj secināt, ka mātītēm bija iespēja olu dēšanai izvēlēties vēl neapdzīvotas lapas. Ja alojumu skaits uz vienas lapas ir pārāk liels, pieaug saimniekauga atbildes reakcijas iespējamība, līdz

ar to tauriņa māfītes izvēlas dēt olas uz vēl neapdzīvotām lapām, ja tās ir pieejamas (Auerbach, Simberloff 1989, Ermolaev, Motoshkova 2008). Šī pētījuma rezultāti parāda, ka arī otrās tauriņa paaudzes attīstības laikā tā populācijas blīvums Mežaparkā, Ķīšezerā ielā nebija tik augsts, lai iestātos olu dēšanai piemērotu lapu trūkums.

Vidējais liepu raibkodes bojāto lapu daudzums pārsniedza 40%, pakāpeniski pieaugot sezonas laikā (7. attēls). Lai gan konkrēts liepu raibkodes populācijas lielums šajā pētījumā netika novērtēts, bojāto lapu daudzums bija lielāks nekā N. I. Kirichenko (2014) minētie 15%, kurus sasniedzot, populācijas blīvums vairs netiek uzskatīts par zemu. Līdz ar to var secināt, ka tauriņa populācija Ķīšezerā ielā, Mežaparkā vērtējama kā pietiekami liela, lai stabili un ilglaicīgi pastāvētu, neskatoties uz to, ka visi barības resursi netiek izmantoti.

Kopējais liepu raibkodes aļojumu skaits pa nedēļām, ieskaitot tukšos aļojumus, tos, kuros konstatēti dzīvi vai nedzīvi īpatņi, kā arī olas, arī norādīja uz divu paaudžu attīstību sezonas laikā (7. attēls), kas atbilst literatūras datiem par tauriņa Eiropas populācijām (piemēram, Doorenweerd *et al.* 2014, Jurc 2012, Noreika 1998, Šefrová 2002).

Kopējais un atsevišķu attīstības stadiju īpatņu skaits abās paaudzēs atšķīrās būtiski (9. tabula). Otrajā paaudzē tas bija ievērojami lielāks, kas sakrīt ar literatūrā minēto (Jaworski 2009, Segerer 2008, Stolnicu, Ureche 2007, Šefrová 2002).

Šajā gadījumā atšķirības starp paaudzēm bija lielākas, nekā uzskaitot tikai dzīvos liepu raibkodes īpatņus (8. tabula, 9. tabula). Iespējams, ka zināmu kļūdu radīja paraugu ievākšanas metode, jo aļojumi, kas konstatēti uz otrās tauriņa paaudzes attīstības laikā ievāktajām lapām, varēja rasties jau iepriekš. Ja pirmās paaudzes īpatnis ir gājis bojā, nerasniedzot imago stadiju, un konkrētā lapa nav ievākta sezonas sākumā, tā kāpura vai kūniņas aļojums vēlāk tiek pieskaitīts otrajai paaudzei, jo precīzu tā radīšanas laiku noteikt nav iespējams.

Otrās paaudzes attīstības laikā maksimālais uz 100 lapām konstatētais liepu raibkodes aļojumu skaits pētījumā pārsniedza 300 (7. attēls). Taču tas bija mazāks nekā lielākajā daļā citu autoru darbu, kas pētījumus veica reģionos ar lielām un stabilām liepu raibkodes populācijām. Tajos aļojumu skaits uz 100 lapām atsevišķos gados bija tuvs 900 (Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Izhboldina 2013, Ermolaev, Motoshkova 2008). I. V. Ermolaev un D. A. Zorin (2011b) pētījumā konstatēts, ka otrās paaudzes attīstības laikā maksimālais aļojumu skaits uz 100 lapām pārsniedza 560. Savukārt I. V. Ermolaev un D. A. Zorin (2011a) iegūtie rezultāti par maksimālo aļojumu skaitu dabiskos biotopos, kas sasniedza 300, bija vistuvākie šajā pētījumā uzskaitītajiem (7. attēls).

Taču, salīdzinot ar tiem reģioniem, kuros liepu raibkode ir nesen parādījusies, šajā pētījumā iegūtie rezultāti bija augstāki. N. I. Kirichenko (2014) konstatējis, ka nesen atklātai liepu raibkodes populācijai pirmā paaudze vidēji veido septiņus aļojumus uz 100 lapām,

savukārt otrā – gandrīz 30. Lai gan šajā pētījumā konstatētais vidējais alojumu skaits pirmajā paaudzē bija nedaudz mazāks, otrajā tas vairāk nekā sešas reizes pārsniedza N. I. Kirichenko (2014) pētījumā minēto. Salīdzinājums ar citu autoru darbiem ļauj secināt, ka liepu raibkodes populācija Mežaparkā, Ķīšežera ielā ir mazāka nekā reģionos, kur tauriņš uzskatāms par nozīmīgu kaitēkli, taču īpatņu ir pietiekami daudz, lai to uzturētu stabili.

Potenciālo alojumu skaits, ko veidotu no olām izšķīlušies kāpuri, starp abām liepu raibkodes paaudzēm atšķīrās nebūtiski (9. tabula), jo aprēķinos izmantoti tie paši dati, kas dzīvo īpatņu uzskaitē.

Bojāto lapu skaits starp abām tauriņa paaudzēm atšķīrās būtiski, otrajā paaudzē tas bija lielāks, kas sakrīt ar literatūrā minēto (piemēram, Jaworski 2009, Segerer 2008, Stolnicu, Ureche 2007, Šefrová 2002). Vidējais bojāto lapu daudzums sezonas laikā šajā pētījumā pārsniedza 40%, savukārt otrās paaudzes attīstības laikā bija tuvs 80% (7. attēls). Lielākajā daļā citu autoru pētījumu, kas novērtējuši liepu raibkodes populāciju, apskatīts tikai tauriņa veidotais alojumu skaits (piemēram, Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Izhboldina 2013, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011a, 2011b), līdz ar to rezultātu salīdzināšana ar tiem nav iespējama. I. V. Ermolaev un O. V. Sidorova (2012) pētījumā, kurā novērtēts arī bojāto lapu daudzums tauriņa otrās paaudzes attīstības laikā, tas variēja no 0,2% līdz 90%, taču vidēji bija mazāks par šajā darbā konstatēto. Citā pētījumā, apskatot liepu raibkodes populāciju, kas nesēn parādījusies un nostabilizējusies kādā reģionā, pirmās paaudzes attīstības laikā maksimālais bojāto lapu daudzums sasniedza piecus procentus, savukārt otrās paaudzes attīstības laikā – 14% (Kirichenko 2014). Šajā pētījumā pirmās paaudzes laikā vidējais bojāto lapu daudzums bija mazāks, savukārt otrās paaudzes laikā vairāk nekā četras reizes pārsniedza N. I. Kirichenko (2014) uzskaitīto. Taču bojāto lapu skaits (7. attēls) nebija lielāks par literatūrā minēto maksimālo skaitu, kas koka zemākajos stāvos var pārsniegt 90% (Ermolaev, Zorin 2011b, Jurc 2012). Tas ļauj secināt, ka liepu raibkodes radīto bojājumu apjoms Ķīšežera ielā, Mežaparkā ir būtisks, taču tie nesasniedz tik lielu skaitu kā reģionos, kur tauriņš uzskatāms par nozīmīgu kaitēkli.

Vidējais alojumu skaits uz bojātajām lapām (8. attēls) pārsvarā bija lielāks par literatūrā minēto biežāk konstatēto vienu vai diviem īpatņiem (Kirichenko 2014, Stolnicu, Ureche 2007). Lai gan arī šajā gadījumā sezonas beigās uzskaitītie alojumi, kuros konstatēti nedzīvi īpatņi, varēja rasties pirmās paaudzes attīstības laikā vai otrās paaudzes attīstības sākumā, vidēji visas sezonas laikā konstatēto skaitu tas nemaina.

Līdzīgi kā dzīvo īpatņu gadījumā, starp abām paaudzēm būtiski atšķīrās bojāto lapu skaits, taču vidējais īpatņu skaits uz vienu lapu bija aptuveni vienāds (6. attēls, 8. attēls). Tāpat kā iepriekš tas izskaidrojams ar pietiekamu barības resursu daudzumu, kas ļauj mātītēm

olu dēšanai izvēlēties iepriekš neapdzīvotas lapas, lai inducētu pēc iespējas mazāku barības auga atbildes reakciju un palielinātu pēcnācēju izdzīvotību (Auerbach, Simberloff 1989, Ermolaev, Motoshkova 2008).

#### 4.2. Liepu raibkodes mirstība un populācijas dinamiku regulējošie faktori

Pētījuma laikā konstatētā liepu raibkodes kūniņu mirstība sezonas laikā bija tuva 30%, savukārt kāpuriem tā pārsniedza 60% no stadijas mirstības (10. tabula). Procentuālā mirstība no populācijas kāpuriem un kūniņām kopā bija salīdzinoši augstāka nekā lielākajā daļā citu pētījumu, kuros tā variēja no 20% līdz 50% (Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Izhboldina 2013, Kirichenko 2014). Taču tā nepārsniedza augstāko pētījumos konstatēto mirstību, kas bija lielāka par 70% (Yefremova *et al.* 2009). Tāpat kā šajā pētījumā, lielāka *Phyllonorycter* ģints tauriņu kāpuru mirstība, salīdzinot ar kūniņām, konstatēta arī R. R. Askew un M. R. Shaw (1979a) darbā. Tas izskaidrojams ar lielāku faktoru skaitu, kas jau sākotnēji ietekmē jaunus kāpurus, piemēram, saimniekauga rezistence un parazītoīdi (Askew, Shaw 1979a, Auerbach *et al.* 1995, Haukioja 1991, Vet, Dicke 1992, Мищенко 2014). Būtiskās atšķirības liepu raibkodes atsevišķu stadiju procentuālajā mirstībā no populācijas, salīdzinot ar nebūtiskām atšķirībām procentuālajā mirstībā no konkrētās stadijas, izskaidrojamas ar lielo jaunāku kāpuru skaitu, kas veidoja nozīmīgu daļu no uzskaitītās populācijas (10. tabula).

Liepu raibkodes populācijas dinamiku ietekmēja vairāki faktori. No abiotiskajiem faktoriem tauriņu ietekmēja vidējā diennakts gaisa temperatūra, jo tā pirmās olas parādījās pēc tam, kad tā iepriekšējā nedēļā pārsniedza +10°C (5. attēls). Literatūrā šī temperatūra bieži tiek minēta kā robeža, kuru sasniedzot, notiek liepu raibkodes pārziemojušo īpatņu parādīšanās pavasarī un olu dēšana (Ermolaev 2014, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b, Jurc 2012).

Ar gaisa temperatūru konstatētas vairākas būtiskas pozitīvas korelācijas dzīvo īpatņu skaitam. Temperatūrai bija lielāka ietekme uz sākotnējo attīstības stadiju īpatņiem (olām, jaunajiem kāpuriem), un tā samazinājās līdz ar katru nākamo stadiju (11. tabula). Ar kāpuru un kūniņu mirstību temperatūra korelēja negatīvi. Arī šajā gadījumā tai bija lielāka ietekme tieši uz sākotnējo attīstības stadiju īpatņiem (12. tabula).

Citos pētījumos temperatūras ietekme uz liepu raibkodes dzīvo īpatņu skaitu un mirstību dabā nav apskatīta, izņemot ekstrēmus klimatiskos apstākļus, kad temperatūra ir pārāk augsta vai zema, līdz ar to nepiemērota tauriņa izdzīvošanai (Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Sidorova 2011, Segerer 2008, Ермолаев, Зорин 2013). Taču ir vairāki pētījumi, kuros izmantotas citas *Phyllonorycter* ģints tauriņu sugas, kas sastopamas Latvijā un apdzīvo

līdzīgu klimatisko zonu. Viena no tām ir *Phyllonorycter blancardella* Fabricius, kas ir bieži sastopama visā Latvijas teritorijā (Savenkov, Šulcs 2010). Šai sugai nepieaugušo īpatņu attīstības ātrums pozitīvi korelē ar to ķermeņa temperatūru līdz +37°C robežai, amplitūda +38-42°C ierosina termālo stresu, savukārt pie +43°C novērojama 100% olu, kāpuru un kūniņu mirstība (Pincebourde *et al.* 2007, Saudreau *et al.* 2013). *Phyllonorycter corylifoliella* Hübner, kas arī ir sastopama Latvijā, lai gan reti (Savenkov, Šulcs 2010), nepieciešams noteikts gaisa temperatūras diapazons +15-33°C. Pētījumos konstatēts, ka nepieaugušo īpatņu attīstības ātrums un mātīšu auglība pozitīvi korelē ar temperatūru, ja tā nesasniedz +33°C robežu, kas ierosina termālo stresu. Savukārt nepieaugušo īpatņu procentuālā mirstība ar gaisa temperatūru korelē negatīvi līdz +25°C robežai, pēc tam tā atkal pieaug (Amiri *et al.* 2010).

Lai gan literatūrā nav minēta konkrēta temperatūra, kas izraisa lielu liepu raibkodes mirstību, ir zināms, ka pārāk karsts un sauss laiks var samazināt tauriņa populācijas blīvumu, pat radot īslaicīgu pilnīgu šīs sugas izzušanu kādā reģionā (Ермолаев, Зорин 2013). Šajā pētījumā veģetācijas sezonā vidējā diennakts gaisa temperatūra nedēļas laikā nepārsniedza +25°C, bet faktiskā gaisa temperatūra +32,9°C (5. attēls, LVĢMC 2014). Balstoties uz iepriekšminēto pētījumu rezultātiem (Amiri *et al.* 2010, Pincebourde *et al.* 2007, Saudreau *et al.* 2013), tā nevarētu būt pārāk augsta arī liepu raibkodes attīstībai. Līdz ar to var secināt, ka šajā gadījumā lielāka ietekme uz tauriņu bija tieši zemākai temperatūrai, kas arī raibkodes attīstībai nav piemērota un var samazināt tās populācijas blīvumu (Ermolaev *et al.* 2011, Segerer 2008). Tādēļ arī zemākā temperatūrā īpatņu skaits bija mazāks, bet mirstība – augstāka.

Pētījuma laikā konstatēts samērā liels parazītoīdu skaits, taču to radītā vidējā liepu raibkodes mirstība bija zema (9. attēls) un nepārsniedza citos pētījumos (Ermolaev *et al.* 2011, Kirichenko 2014, Lehmann 2009, Roques *et al.* 2010, Šefrová 2002, Yefremova, Mishchenko 2008) minēto.

Kopējā parazītoīdu radītā procentuālā mirstība palielinājās līdz ar katru nākamo tauriņa attīstības stadiju (10. attēls). Pakāpenisku mirstības palielināšanos var izskaidrot ar faktu, ka lielākā parazītoīdu daļa ir ektoparazīti, kas ļauj liepu raibkodei turpināt attīstību (Yefremova, Mishchenko 2012, Yefremova, Mishchenko 2009, Мищенко 2014). Līdz ar to tauriņš neiet bojā sākuma stadijās, turklāt, ilgāku laiku pavadot aļojumā, ir lielāka iespēja, ka uz tā sāks attīstīties parazītoīds.

Pētījumā konstatēts, ka parazītoīdu radītā mirstība sezonas laikā nepalielinājās vienmērīgi, bet tai bija vērojams periodiskums (11. attēls). To var izskaidrot ar vairāku parazītoīdu paaudžu attīstību sezonā (Yefremova, Mishchenko 2010, 2012). Pirmie parazītoīdi konstatēti tikai tauriņa otrās paaudzes attīstības laikā (11. attēls), kas atbilst

literatūrā minētajai informācijai, ka gada sākumā parazitoīdu ietekme uz liepu raibkodes populācijām nav novērojama (Yefremova, Mishchenko 2010, 2012). 11. attēlā arī redzams, ka parazitoīdu paaudžu attīstība notiek ātrāk nekā liepu raibkodei, turklāt sezonas beigās mirstība nav liela, lai ļautu tauriņam veiksmīgi pārziemot un uzturēt populāciju, kas sakrīt ar literatūrā minēto (Yefremova, Mishchenko 2010, 2012).

### **4.3. Liepu raibkodes telpiskais sadalījums koka vainagā un to ietekmējošie faktori**

Liepu raibkodes telpiskā sadalījuma koka vainagā pētījumu laikā lielākā daļa ievāktu lapu bija ar tauriņa alojumiem. Tā kā šī pētījuma daļa veikta septembrī, konstatēto īpatņu skaits bija liels, jo šajā laikā attīstās raibkodes otrā paaudze (Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011b, Jaworski 2009, Jurc 2012, Noreika 1998, Roques *et al.* 2010, Segerer 2008, Stolnicu, Ureche 2007, Šefrová 2002). Maksimālais alojumu skaits uz vienas lapas vainaga ārpusē bija mazāks par literatūrā minēto, savukārt iekšpusē konstatētie 27 alojumi pārsniedza skaitu, kas kā maksimālais minēts citos pētījumos – 25 vai 26 alojumus (Ermolaev, Motoshkova 2008, Izhevsky, Maslyakov 2010). Neskatoties uz lielo lapu skaitu ar alojumiem, gadījumi, kad tie konstatēti uz lapas plātnes augšējās virsmas, bija retāki nekā minēts literatūrā (Šefrová 2002).

Bojāto lapu skaits un kopējais liepu raibkodes alojumu skaits bija mazāks līmeņos, kas atradās augstāk virs zemes (12. attēls). Abi lielumi ar augstumu korelēja būtiski negatīvi. Tas atbilst citu pētījumu rezultātiem, kuros minēts, ka alojumu skaits būtiski palielinās virzienā no koka galotnes uz pamatni, kur ir lielāks noēnojums (Ermolaev 2014, Ermolaev, Zorin 2011a, Huemer, Erlebach 2003, Jaworski 2009, Kovács *et al.* 2006, Беднова, Белов 1999, Мищенко 2014). Neskatoties uz alojumu skaita samazināšanos, pieaugot augstumam no zemes, arī astoņu metru augstumā vairāk kā puse lapu bija ar liepu raibkodes alojumiem.

Vislielākais kopējais īpatņu skaits šajā pētījumā konstatēts 1,5 metru augstumā, lai gan atsevišķām stadijām tas variēja no 0,5 līdz 1,5 metram (13. attēls). Literatūrā minētais augstums, kuru apdzīvo vislielākais liepu raibkodes īpatņu skaits, ir divi līdz trīs metri (Мищенко 2014). Šajā pētījumā attiecīgais augstums bija mazāks (13. attēls). Taču svarīgākais faktors, kas ietekmē tauriņa telpisko izplatību, ir noēnojums (Ermolaev, Zorin 2011a). Līdz ar to augstums, kurā liepu raibkodei ir optimālākie apstākļi, varēja atšķirties, jo dažādos pētījumos atšķirīgām audzēm vai individuāliem kokiem noēnojums mainās.

Dažādu liepu raibkodes attīstības stadiju īpatņu un to veidoto alojumu skaits būtiski negatīvi korelēja ar augstumu virs zemes. Turklāt visas atšķirības šajos parametros starp līmeņiem bija būtiskas (13. tabula). Citos pētījumos pēc kopējā alojumu skaita ir salīdzināta

koka vainaga apakšējā, vidējā un augšējā trešdaļa, atšķirība starp kurām bija būtiska (Ermolaev, Zorin 2011a, Беднова, Белов 1999). Šajā pētījumā noskaidrots, ka arī koka apakšējā daļā līdz sešu metru augstumam ieskaitot, līmeņi būtiski atšķiras savā starpā (13. tabula). Tā kā tauriņa telpisko izplatību galvenokārt ietekmē noēnojums (Ermolaev, Zorin 2011a), var secināt, ka tas ir dažāds pat nelielā, nevis visa koka mērogā.

Dažādām liepu raibkodes attīstības stadijām maksimālais īpatņu skaits konstatēts atšķirīgos augstumos robežās no 0,5 līdz 1,5 metram. Vēlākām attīstības stadijām vairāk īpatņu bija zemākajos līmeņos, bet jaunajiem kāpuriem – augstākajā (13. attēls). Tas liecina par ātrāku liepu raibkodes īpatņu attīstības sākumu vai lielāku attīstības tempu tieši uz zemākajiem zariem. Būtisks faktors, kas var paātrināt tauriņa attīstību un saīsināt paaudzes attīstības laiku, ir siltāka temperatūra, taču ļoti karsts laiks var izraisīt pat pilnīgu liepu raibkodes izzušanu (Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Sidorova 2011, Ермолаев, Зорин 2013). Pētījumos, kuros izmantoti arī dati par liepu kokiem, konstatēts, ka, palielinoties augstumam virs zemes, to vainagā pieaug maksimālā un vidējā diennakts temperatūra, bet samazinās minimālā (Niinemets *et al.* 1999). Saulē sakarstot, augšējām lapām koka vainagā temperatūra ir augstāka nekā apakšējām (He *et al.* 1996, Zermeño-Gonzalez, Hipps 1997). Balstoties uz literatūras datiem, temperatūra uz apakšējām lapām bija zemāka, un ātrāka tauriņa attīstība uz tām maz ticama. Līdz ar to var secināt, ka šajā gadījumā tāpat kā iepriekš lielākā ietekme uz liepu raibkodi bija noēnojumam, kas ir lielāks koka vainaga apakšējā daļā (Ermolaev 2014, Ermolaev, Zorin 2011a, Huemer, Erlebach 2003, Jaworski 2009, Kovács *et al.* 2006, Беднова, Белов 1999, Мищенко 2014). Tā kā noēnojums ietekmē tauriņa telpisko izplatību un mātītes izvairās no olu dēšanas uz saules apspīdētām lapām, ja ir tāda iespēja (Ermolaev, Zorin 2011a), prognozējams, ka vainaga apakšējā daļā olas dētas vispirms, un kāpuri savu attīstību sākuši ātrāk. Līdz ar to datu ievākšanas laikā īpatņi sasnieguši vēlāku attīstības stadiju.

Arī liepu raibkodes alojumu skaits uz vienu lapu atšķīrās dažādos līmeņos – tuvāk zemei to bija vairāk (14. attēls). Tāpat kā kopējā alojumu skaita pieaugums, arī šis lielums palielinās virzienā no koka galotnes uz pamatni lielāka noēnojuma dēļ (Ermolaev 2014, Ermolaev, Zorin 2011a, Huemer, Erlebach 2003, Jaworski 2009, Kovács *et al.* 2006, Беднова, Белов 1999, Мищенко 2014).

Starp vainaga ārpusi un iekšpusi šajā pētījumā konstatētas būtiskas atšķirības liepu raibkodes visu atsevišķo stadiju un kopējā īpatņu skaitā, izņemot izlidojušos (15. attēls, 14. tabula). Lielāks kopējais īpatņu skaits vainaga iekšpusē (15. attēls) sakrīt ar citos pētījumos konstatēto sakarību, ka tauriņa veidoto alojumu daudzums palielinās virzienā no zaru galiem

uz to pamatni tuvāk stumbram (Ermolaev 2014, Ermolaev, Zorin 2011a, Huemer, Erlebach 2003).

Iepriekšminēto pētījumu autori (Ermolaev 2014, Ermolaev, Zorin 2011a, Huemer, Erlebach 2003) šo sakarību izskaidro tikai ar noēnojuma palielināšanos. Taču zari koka vainaga iekšpusē un ārpusē atšķiras pēc vairākiem parametriem, ne tikai noēnojuma. Viens no tiem ir aizsargātība no vēja, kas ir labāka centrālajā vainaga daļā tuvāk stumbram (Ermolaev 2014, Ermolaev, Zorin 2011a, Hespeneheide 1991, Huemer, Erlebach 2003). Būtisks faktors ir arī vidējā gaisa un lapu temperatūra. Mērenajā joslā veģetācijas periodā vainaga ārpusē koka dienvidu un austrumu pusē, ko dienas laikā apspīd saule, tā ir augstāka nekā vainaga iekšpusē, bet ziemeļu un rietumu pusē – zemāka (Špulák, Souček 2010). Līdz ar to var secināt, ka liepu raibkodei, īpaši olas dējošajām mātītēm, nozīmīgs ir šo faktoru kopums, un koka vainaga iekšpuse tuvāk stumbram var būt piemērotāka ne tikai noēnojuma, bet arī citu apstākļu dēļ.

Taču vainaga iekšpusē lielāks bija tikai I-III stadijas kāpuru skaits, bet pārējām stadijām vairāk īpatņu konstatēti ārpusē (15. attēls). Tas norāda uz lielāku liepu raibkodes attīstības tempu vai ātrāku tās sākumu koka vainaga ārpusē. Nav iespējams precīzi noteikt, kuru faktoru un kāda veida ietekme šajā gadījumā bija būtiskāka. Liepu raibkodes olu dēšanas vietu izvēli visvairāk ietekmē noēnojums (Ermolaev 2014, Ermolaev, Zorin 2011a, Huemer, Erlebach 2003), savukārt attīstības ātrumu var palielināt augstāka temperatūra (Eрмолаев, Зорин 2013). Līdz ar to iespējams, ka šajā gadījumā optimālas vietas olu dēšanai, kuru novietojums lielāka noēnojuma dēļ prognozējams vainaga iekšpusē (Ermolaev 2014, Ermolaev, Zorin 2011a, Huemer, Erlebach 2003), atradās, piemēram, zemākas temperatūras apstākļos. Tā kā sezonas laikā vidējā gaisa temperatūra nedēļā nepārsniedza +25°C (5. attēls), ko varētu uzskatīt par pārāk augstu un tauriņa attīstībai nepiemērotu (Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Sidorova 2011, Ермолаев, Зорин 2013), iespējams, ka lielāks attīstības ātrums bija tieši vainaga ārpusē, tādēļ šajos paraugos konstatēti vēlāku attīstības stadiju īpatņi.

Šajā pētījumā parādījās arī atšķirības starp liepu raibkodes dažādu attīstības stadiju un kopējo īpatņu skaitu un bojāto lapu skaitu vainagā starp debespusēm. Gandrīz visi parametri, izņemot tukšos alojumus un bojāto lapu skaitu, bija vislielākie koka ziemeļu pusē (16. attēls). Salīdzinot iegūtos datus ar citu autoru pētījumu rezultātiem attiecīgajās vainaga daļās, parādās vairākas atšķirības. I. V. Ermolaev un N. V. Motoshkova (2008) pētījumā koka vainaga ārpusē kopējais īpatņu skaits dažādos gados variēja, un bija vislielākais dienvidu vai austrumu pusē, atsevišķos gadījumos pārsniedzot 500 īpatņu uz 100 lapām robežu. Vismazākais īpatņu skaits konstatēts rietumu vai ziemeļu pusē (Ermolaev, Motoshkova 2008). Savukārt I. V. Ermolaev un D. A. Zorin (2011a) pētījumā koka apakšējā trešdaļā vainaga ārpusē vislielākais īpatņu skaits bija austrumu pusē, sasniedzot 190 īpatņus uz 100 lapām, bet vismazākais –

ziemeļos. Dienvidu un rietumu pusē tas būtiski neatšķirās (Ermolaev, Zorin 2011a). Vidējais liepu raibkodes īpatņu skaits šajā pētījumā bija mazāks nekā I. V. Ermolaev un N. V. Motoshkova (2008) konstatētais, taču pārsniedza I. V. Ermolaev un D. A. Zorin (2011a) darbā minēto.

Kopumā šajā pētījumā iegūtie dati neatbilda citu autoru konstatētajām sakarībām. Taču debespuses, kurās liepu raibkodes mātītes lielākā skaitā izvēlas dēt olas, dažādos gados atšķiras pat viena pētījuma ietvaros (Ermolaev, Motoshkova 2008). Turklāt šajā pētījumā lielākā daļa parametru starp debespusēm atšķirās nebūtiski (15. tabula), līdz ar to iespējams, ka sadalījums bija nejaušs.

Teorētiski konkrētās koka puses izvēli liepu raibkodei galvenokārt ietekmē noēnojums un lapu temperatūra (Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Sidorova 2011, Ermolaev, Zorin 2011a, Ермолаев, Зорин 2013). Kopumā mērenajā joslā veģetācijas periodā koka dienvidu un austrumu pusē temperatūra ir augstāka nekā ziemeļu un rietumu, ko var izskaidrot ar lapu sakaršanu saulē tās apspīdētajās pusēs (Špulák, Souček 2010). No tā var secināt, ka noēnojuma apstākļi ir pretēji – ziemeļu un rietumu pusē, ja koks neatrodas kāda mākslīga objekta ēnā, tas ir lielāks. Līdz ar to liepu raibkodes izplatība koka vainagā, kas atkarīga no vairākiem faktoriem, var mainīties atšķirīgos reģionos un veģetācijas sezonas laikā, atkarībā no konkrēta faktora, kam attiecīgajā brīdī ir lielāka ietekme uz tauriņa attīstību. Šajā pētījumā lielāks liepu raibkodes īpatņu skaits koka ziemeļu pusē (16. attēls) parāda, ka mātīšu olu dēšanas vietu izvēli galvenokārt ietekmēja noēnojums. Taču nebūtiskās atšķirības lielākajā daļā parametru starp debespusēm (15. tabula) norāda uz to, ka faktoru ietekme var mainīties un šajā gadījumā tai nav nozīmīga loma liepu raibkodes telpiskā izvietojuma noteikšanā attiecībā uz debespusēm

Līdzīgas sakarības šajā pētījumā parādījās arī vidējam alojumu skaitam uz bojātajām vai visām ievāktajām lapām koka vainagā konkrētajā debespusē, kas abos gadījumos bija vislielākais ziemeļos (17. attēls). Tāpat kā dažādu attīstības stadiju un kopējais īpatņu skaits, arī šie parametri atšķirās, salīdzinot tos ar citu autoru darbiem, kuros pētīts liepu raibkodes sadalījums koka vainagā, atkarībā no debespusēm (Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011a). Taču atšķirīgā noēnojuma un temperatūras dēļ (Ermolaev *et al.* 2011, Ermolaev, Sidorova 2011, Ermolaev, Zorin 2011a, Špulák, Souček 2010, Ермолаев, Зорин 2013) iespējams, ka optimālākie apstākļi liepu raibkodes attīstībai atšķiras dažādos virzienos vērstās koka vainaga daļās dažādos reģionos un veģetācijas perioda laikā.

#### 4.4. Liepu raibkodes telpiskais sadalījums Rīgas pilsētas teritorijā un to ietekmējošie faktori

Liepu raibkodes telpiskā sadalījuma Rīgas pilsētas teritorijā pētījumu laikā uzskaitīts mazāks alojumu procentuālais daudzums nekā pārējās pētījuma daļās. Šīs sugas izplatība pilsētās ir atkarīga no piesārņojuma, un tauriņa īpatņu skaits samazinās, tam palielinoties (Ermolaev, Sidorova 2012). Tā kā lielākais parauglaukumu skaits šajā pētījuma daļā izvietots tuvu pilsētas centram (4. attēls), arī īpatņu skaits kopumā bija mazāks nekā Mežaparkā, kur piesārņojums nav liels (3. pielikums). Arī šajā gadījumā alojumu daudzums, kas konstatēts uz lapas plātnes augšējās virsmas, bija mazāks par literatūrā minēto (Šefrová 2002).

Pētījumā konstatētais dažādu attīstības stadiju un kopējais īpatņu skaits bija lielākais parauglaukumos pilsētas perifērijā un vidēji piesārņotajos reģionos. Savukārt pilsētas centrā ar lielāko piesārņojumu tas bija vidēji divas reizes mazāks (18. attēls, 16. tabula). Šāda sakarība konstatēta arī I. V. Ermolaev un O. V. Sidorova (2012) pētījumā. To var izskaidrot ar lielāku smago metālu koncentrāciju lapās, to morfoloģiskajām un ķīmiskajām izmaiņām, kas samazina tauriņa barības kvalitāti (Ermolaev, Sidorova 2012, Führer 1985, Фролов, Горышина 1982).

Līdzīga sakarība konstatēta arī bojāto un kopējā lapu skaita izmaiņās dažādās piesārņojuma zonās – pilsētas centrā to bija aptuveni divas reizes mazāk (19. attēls). Tāpat kā gadījumā ar īpatņu skaitu, to izskaidro liepu raibkodei nepiemērotāki barības resursi (Ermolaev, Sidorova 2012, Führer 1985, Фролов, Горышина 1982).

Visvairāk būtisko atšķirību šajā pētījumā bija starp I un II NO<sub>2</sub> piesārņojuma zonas parauglaukumiem (17. tabula). Lai gan lielāka piesārņojuma apstākļos samazinās plēsēju un parazītu ietekme uz tauriņu, ievērojamākas ir lapu morfoloģijas un smago metālu un citu ķīmisko vielu, kas negatīvi ietekmē liepu raibkodi, koncentrācijas izmaiņas (Ermolaev, Sidorova 2012, Führer 1985, Фролов, Горышина 1982).

III NO<sub>2</sub> piesārņojuma zonas parauglaukumos pēc literatūras datiem barības resursu kvalitāte ir vistuvākā dabiskiem biotopiem, līdz ar to no šī viedokļa tajos teorētiski jābūt sastopamam vislielākajam īpatņu skaitam (Ermolaev, Sidorova 2012, Führer 1985, Фролов, Горышина 1982). Taču šajos parauglaukumos īpatņu un bojāto lapu skaits būtiski neatšķīrās no II NO<sub>2</sub> piesārņojuma zonas (17. tabula). To var izskaidrot ar nevienmērīgo koku izvietojumu pilsētā (Nikodemus u.c. 2003). Liepu raibkodes izplatīšanās spējas ir ierobežotas, un tauriņš dabiski spēj pārvietoties tikai nelielā attālumā, galvenokārt ar gaisa straumju palīdzību (Deschka 1995, Ermolaev 2014, Ermolaev, Izboldina 2013, Huemer, Erlebach 2003, Matošević 2007, Meier *et al.* 2010, Šefrová 2002). Līdz ar to iespējams, ka īpatņu

skaitis pilsētas perifērijā bija neliels tieši koku ierobežotas pieejamības dēļ. Pirmkārt, vājās izplatīšanas spējas (Deschka 1995) neļauj pietiekamam tauriņu skaitam sasniegt lielos attālumos esošos kokus (Kirichenko 2014). Otrkārt, citu autoru pētījumi parādījuši, ka liepu raibkode lielākā skaitā apdzīvo mežus vai liepu audzes pilsētu tuvumā, nevis stādījumus, kuros liepu nav daudz vai sastopami tikai atsevišķi koki (Ermolaev 2014, Ermolaev, Motoshkova 2008, Ermolaev, Zorin 2011a, Беднова, Белов 1999). Atsevišķi augošiem liepu kokiem, lai noēnojuma apstākļi liepu raibkodei būtu piemēroti, jābūt pēc iespējas vairāk sazarotiem (Ermolaev, Zorin 2011a, Šefrová 2002). Šo faktoru ietekmes dēļ liepu raibkodes īpatņu un bojāto lapu daudzums būtiski neatšķirās no piesārņotākiem II NO<sub>2</sub> zonas parauglaukumiem, lai gan barības resursu kvalitāte pašā pilsētas perifērijā ir augstāka.

#### 4.5. Izpētes metožu un datu kvalitātes izvērtējums

Izvērtējot šajā darbā izmantotās izpētes metodes, tās kopumā ļāva izpildīt visus sākotnēji izvirzītos darba uzdevumus. Vienīgā metode, ar kuru netika iegūti vēlamie rezultāti, bija līmes lamatu izmantošana, jo tajās konstatēti tikai divi liepu raibkodes īpatņi.

Līdzīga problēma ir atspoguļota citā pētījumā (Ермолаев, Токарева 2014). Šie autori konstatējuši, ka tauriņa imago pēc izlidošanas strauji paceļas vairāku metru augstumā, lai pārlidotu lielākos attālumos, meklējot saimniekaugus, līdz ar to netiek noķerti tuvu zemei esošajās līmes lamatās (Ермолаев, Токарева 2014). Lai gan šajā gadījumā atbilstošie saimniekaugi raibkodei bija pieejami, tādējādi izslēdzot vajadzību pacelties augstu gaisā, lai izplatītos, iespējams, ka arī lamatu novietojums zaru galos šajā gadījumā bija neatbilstošs, un tauriņa imago konkrētajās vietās masveidā nelido.

Atkārtojot pētījumu, šīs problēmas iespējamais risinājums ir lamatu izvietošana vainaga iekšpusē. Tā kā imago pārziemo liepu mizas rievās un plaisās uz stumbra, kur novērojami gan pavasarī pēc izlidošanas, gan veģetācijas sezonas laikā, jo dienā nav aktīvi (Беднова, Белов 1999, Клепиков 2005), šāda lamatu izvietojuma gadījumā prognozētais noķerto imago skaits būs lielāks.

Vēl viena problēma šajā pētījumā, kas minēta arī citu autoru darbos, ir tauriņa paaudžu pārklāšanās sezonas laikā (Kumata 1963, Šefrová 2002). Lai gan šajā gadījumā tā bija minimāla, parasti vairākām liepu raibkodes attīstības stadijām nav iespējams precīzi noteikt to piederību konkrētai paaudzei, lai tās precīzi atdalītu. Līdzīga problēma parādās, uzskaitot liepu raibkodes alojumus, kuros nav konstatēti dzīvi īpatņi. Ievācot datus, nav zināms, vai konkrētā tauriņa stadija ir gājusi bojā tās paaudzes attīstības laikā, kad tiek ievākti paraugi, vai arī tas noticis, piemēram, veģetācijas perioda sākumā. Līdz ar to, tuvojoties sezonas beigām,

rodas arvien lielākas novirzes alojumu skaitā. Tas savukārt ietekmē arī aprēķināto liepu raibkodes mirstību, ja to nosaka atsevišķām paaudzēm vai konkrētos laika periodos.

Viens no šīs problēmas risinājumiem ir zaru izolēšana. Laika periodā, kad pārziemojušās liepu raibkodes mātītes ir izdējušas olas, bet pirmās paaudzes īpatņi vēl nav paspējuši pabeigt attīstību un izlidot, atsevišķus liepu zarus, uz kuru lapām konstatēti alojumi, iespējams ievietot marles vai cita gaisu caurlaidīga auduma maisos. Tādā veidā tauriņa imago nespētu piekļūt izolētajām lapām un izdēt jaunas olas uz tām, līdz ar to varētu novērot pirmās paaudzes attīstību līdz pēdējai stadijai, tai nepārklājoties ar otro. Nākamās paaudzes populācijas dinamikas novērošanai dabā atsevišķie zari jāizolē laikā, kad izlidojusi lielākā daļa pirmās paaudzes imago. Lai jaunos alojumus nesajauktu ar iepriekšējās paaudzes tauriņu veidotajiem, kuros īpatņi attīstību pabeiguši vai gājuši bojā pirmajās stadijās, tos iespējams atzīmēt ar marķieri un turpmāk neuzskaitīt. Taču šajā gadījumā nav iespējams iegūt objektīvus datus par liepu raibkodes mirstību, jo zaru izolācija liedz iespēju tiem laika gaitā piekļūt arī parazītoīdiem, kas ir viens no galvenajiem mirstību izraisošajiem faktoriem. No otras puses – zaru izolēšana var ļaut izvērtēt plēsēju un parazītoīdu ietekmi uz liepu raibkodi. Tā kā parazītoīdi barojas tikai uz tauriņa kāpuriem un kūniņām (Auerbach *et al.* 1995, Мищенко 2014), izolējot zarus jau sezonas sākumā, kad mātītes ir izdējušas olas, bet tālāka attīstība vēl nav notikusi, parazītoīdu piekļuve tiem tiktu liegta. Salīdzinot datus, kas iegūti no izolētiem zariem, ar kontroles kokiem, iespējams noskaidrot procentuālās mirstības atšķirības starp tiem un izvērtēt plēsēju un parazītoīdu ietekmi. Zaru izolācija kā liepu raibkodes izpētes metode iepriekš nav izmantota.

Otrs risinājums, lai saistītu liepu raibkodes populācijas dinamiku ar konkrētiem laika periodiem vai paaudzēm, ir alojumu marķēšana uz lapām. Izvēloties noteiktus modeļzarus vai konkrētas lapas, sezonas laikā iespējams veikt alojumu uzskaiti uz tām, atstājot lapas kokā. Iepriekš uzskaitītos alojumus, kuros konstatēti dzīvi vai nedzīvi liepu raibkodes īpatņi, iespējams atzīmēt ar marķieri, tādā veidā sezonas laikā neuzskaitot vairākkārt. Šie tauriņi attīstītos dabiskos apstākļos un būtu pakļauti plēsējiem, parazītoīdiem un slimībām, ļaujot noskaidrot arī to mirstību. Taču, izmantojot šo metodi, problēmu radītu laikietilpīga un sarežģīta uzskaitē dabā. Ievācot lapu paraugus, laboratorijā tos ir iespējams ievietot zemākā temperatūrā, lai apturētu tauriņa attīstību, kā arī apskatīt stereomikroskopā, kas atvieglo olu un pirmo attīstības stadiju kāpuru uzskaiti. Dabā visi īpatņi būtu jāuzskaita īsā laika periodā, turklāt iespējams, ka dati par olu un jauno kāpuru skaitu nebūtu objektīvi, sakarā ar grūtībām tos konstatēt nelielā izmēra dēļ. Arī šāda metode pētījumos par liepu raibkodi iepriekš nav izmantota.

Neskatoties uz problēmām, šajā pētījumā iegūta jauna informācija, kas iepriekš citu autoru pētījumos par liepu raibkodi nav apskatīta un publicēta. Novērtēta temperatūras ietekme uz tauriņa īpatņu skaitu un mirstību dabā veģetācijas sezonas laikā, ne tikai tās sākumā vai saistībā ar ekstrēmiem klimatiskajiem apstākļiem. Salīdzināts arī liepu raibkodes telpiskais izvietojums vainaga apakšējā trešdaļā starp tuvu esošiem augstuma līmeņiem, nevis tikai lielā mērogā – koka galotnē, vidusdaļā un pie pamatnes.

Pētījumu atkārtojot, būtu nepieciešams veikt vizuālas liepu raibkodes imago uzskaites uz liepu stumbriem sezonas sākumā, lai noskaidrotu to parādīšanās laiku un tā saistību ar gaisa temperatūru. Tauriņa populācijas dinamikas noskaidrošanai un saistībai ar konkrētiem laika periodiem, neuzskaitot alojumus atkārtoti un izvairoties no citām problēmām, vēlams izmantot kādu no iepriekš aprakstītajām metodēm, izolējot zarus vai marķējot liepas lapas. Turklāt uzskaitē būtu jāveic vairāku sezonu laikā.

Būtu nepieciešams arī izpētīt vairāku citu faktoru ietekmi, kas pēc literatūras datiem ir būtiska liepu raibkodes populācijas dinamikai vai telpiskajam izvietojumam, bet šajā darbā nav apskatīta, piemēram, biotops (mežs, parks, ielu stādījumi vai atsevišķi augoši koki), liepas suga vai koka augstums. Lai gan citu autoru pētījumos parādās lapas izmēra un liepu raibkodes alojumu skaita saistība (Ermolaev, Zorin 2011a), to būtu nepieciešams pārbaudīt arī Latvijas apstākļos. Šim mērķim lapas iespējams herbarizēt, pēc tam iegūstot to digitālu attēlu, kam ar programmas palīdzību iespējams aprēķināt gan kopējo, gan atsevišķu alojumu laukumu (Bradshaw *et al.* 2007). Turpmākos pētījumos nepieciešams arī pārbaudīt liepu raibkodes telpisko sadalījumu Latvijas apstākļos ne tikai vainaga pamatnē, bet arī vidusdaļā un galotnē, salīdzinot alojumu skaitu gan pie stumbra, gan zaru galos, gan visās četrās debespūsēs. Turklāt, atšķirībā no citu autoru pētījumiem (piemēram, Ermolaev, Zorin 2011a, Беднова, Белов 1999), kas savā starpā salīdzinājuši tikai trīs līmeņus, paraugus iespējams ievākt visa koka vainaga augstumā ik pēc viena metra. Tādējādi var iegūt pilnīgāku priekšstatu par tauriņa telpisko izplatību koka vainagā, kas, spriežot pēc šī pētījuma rezultātiem, atšķiras jau nelielā mērogā, nevis tikai starp koka galotni, vidusdaļu un pamatni.

Izmantojot konkrētās izpētes metodes, darba mērķis tika sasniegts. Daļēji apstiprinājās arī ievadā izvirzītās hipotēzes. Liepu raibkodei veģetācijas sezonā Rīgā, Mežaparkā attīstījās divas paaudzes. Raibkodes telpiskais sadalījums bija nevienmērīgs gan koka vainagā, gan Rīgas pilsētas teritorijā. Savukārt abiotisko un biotisko faktoru ietekme uz tauriņa populācijām radīja samērā lielu mirstību.

## SECINĀJUMI

1. Liepu raibkodes attīstība Rīgā notiek divās paaudzēs no maija beigām līdz oktobra vidum. Otrās paaudzes attīstības laikā tauriņa īpatņu un bojāto lapu skaits ir lielāks, taču vidējais alojumu skaits uz vienu lapu būtiski neatšķiras.
2. Vislielākā liepu raibkodes mirstība konstatēta kāpuriem. Atšķirības procentuālajā mirstībā starp stadijām ir nebūtiskas, savukārt procentuālā mirstība no populācijas kāpuriem un kūniņām atšķiras būtiski.
3. Liepu raibkodes mirstību ietekmē gan abiotiskie, gan biotiskie faktori. Temperatūras ietekme ir lielāka uz sākotnējām tauriņa attīstības stadijām, savukārt parazītoīdu ietekme palielinās, raibkodei attīstoties.
4. Liepu raibkodes telpiskais izvietojums koka vainagā ir nevienmērīgs. Lielāks īpatņu skaits konstatēts zemākos augstuma līmeņos un būtiski atšķiras pat koka vainaga apakšējā daļā. Vainaga iekšpusē, salīdzinot ar ārpusi, kopējais īpatņu skaits ir lielāks, taču atsevišķām stadijām izvietojums atšķiras. Ziemeļu pusē dažādu attīstības stadiju īpatņu skaits ir lielāks.
5. Liepu raibkodes telpiskais izvietojums Rīgas pilsētā ir nevienmērīgs. Vismazākais īpatņu un bojāto lapu skaits konstatēts pilsētas daļās ar vislielāko NO<sub>2</sub> gaisa piesārņojumu.

## PATEICĪBAS

Izsaku vislielāko pateicību maģistra darba vadītājam Voldemāram Spuņģim par konsultācijām, padomiem un labojumu veikšanu darbā. Paldies Gaļinai Pašetovai par pētījuma tēmas ieteikšanu. Īpašs paldies Jānim Ozolam un Aleksandram Biļdinam par palīdzību paraugu ievākšanā.

## LITERATŪRAS SARAKSTS

- Amiri A., Talebi A.A., Zamani A.A., Kamali K. 2010. Effect of temperature on demographic parameters of the hawthorn red midget moth, *Phyllonorycter corylifoliella*, on apple. – Journal of Insect Science 10: 1-12.
- Anonīms 2009. Rīgas teritorijas plānojuma 2006.-2018. gadam grozījumu stratēģiskā ietekmes uz vidi novērtējuma vides pārskats. Rīga: Vides Konsultāciju Birojs, 511 lpp.
- Askew R.R., Shaw M.R. 1979a. Mortality factors affecting the leaf-mining stages of *Phyllonorycter* (Lepidoptera: Gracillariidae) on oak and birch. 1. Analysis of the mortality factors. – Zoological Journal of the Linnean Society 67: 31-49.
- Askew R.R., Shaw M.R. 1979b. Mortality factors affecting the leaf-mining stages of *Phyllonorycter* (Lepidoptera: Gracillariidae) on oak and birch. 2. Biology of the parasite species. – Zoological Journal of the Linnean Society 67: 51-64.
- Auerbach M.J., Connor E.F., Mopper S. 1995. Minor miners and major miners: population dynamics of leaf-mining insects. – In: Cappuccino N., Price P. (eds.) Population Dynamics. New Approaches and Synthesis. New York: Academic Press, 83-110.
- Auerbach M.J., Simberloff D. 1989. Oviposition site preference and larval mortality in a leaf-mining moth. – Ecological Entomology 14: 131-140.
- Bradshaw J.D., Rice M.E., Hill J.H. 2007. Digital analysis of leaf surface area: Effects of shape, resolution and size. – Journal of the Kansas Entomological Society 80 (4): 339-347.
- De Prins J., De Prins W., De Coninck E., Kawahara A.Y., Milton M.A., Hebert P.D.N. 2013. Taxonomic history and invasion biology of two *Phyllonorycter* leaf miners (Lepidoptera: Gracillariidae) with links to taxonomic and molecular datasets. – Zootaxa 3709 (4): 341–362.
- Deschka G. 1995. Schmetterlinge als Einwanderer. – Stapfia 37 (84): 77-128.
- Doorenweerd C., van As B., Scheffers J. 2014. Explosieve verspreiding van de lindevouwmot: nu ook in Nederland? – Entomologische Berichten 74 (3): 111-114.
- Douglas A.E. 2009. The microbial dimension in insect nutritional ecology. – Functional Ecology 23: 38-47.
- Drummond F.A., Van Driesche R.G., Logan P.A. 1985. Model for the temperature-dependent emergence of overwintering *Phyllonorycter crataegella* (Clemens) (Lepidoptera: Gracillariidae), and its parasitoid, *Sympiesis marylandensis* Girault (Hymenoptera: Eulophidae). – Environmental Entomology 14 (3): 305-311.

- EPPO 2004. *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera: Gracillariidae – Lime leaf miner). Paris: EPPO Panel on Quarantine Pests for Forestry Data Sheet, 1 pp.
- Ermolaev I.V. 2014. Biological invasion of the lime leafminer *Phyllonorycter issikii* Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae) in Europe. – Contemporary Problems in Ecology 7 (3): 324-333.
- Ermolaev I.V., Izhboldina N.V. 2013. The effect of population density of the lime leafminer *Phyllonorycter issikii* Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae) on the ratio of intrapopulation forms. – Entomological Review 93 (1): 95-104.
- Ermolaev I.V., Motoshkova N.V. 2008. Biological invasion of the lime leafminer *Lithocolletis issikii* Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae): Interaction of the moth with the host plant. – Entomological Review 88 (1): 1-9.
- Ermolaev I.V., Sidorova O.V. 2011. Seasonal dynamics of damage to small-leaved lime trees by phyllophagous arthropods. – Entomological Review 91 (5): 585-591.
- Ermolaev I.V., Sidorova O.V. 2012. Patterns of damage to *Tilia cordata* by *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) in Izhevsk city. – Entomological Review 92 (4): 403-408.
- Ermolaev I.V., Yefremova Z.A., Izhboldina N.V. 2011. Parasitoids as a mortality factor for the lime leafminer (*Phyllonorycter issikii*, Lepidoptera, Gracillariidae). – Entomological Review 91 (3): 326-334.
- Ermolaev I.V., Zorin D.A. 2011a. Distribution of the lime leafminer *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) in natural stands. – Entomological Review 91 (9): 1088-1091.
- Ermolaev I.V., Zorin D.A. 2011b. Ecological consequences of invasion of *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) in lime forests in Udmurtia. – Entomological Review 91 (5): 592-598.
- Faeth S.H. 1986. Indirect interactions between temporally separated herbivores mediated by the host plant. – Ecology 67 (2): 479-494.
- Führer E. 1985. Air pollution and the incidence of forest insect problems. – Zeitschrift für Angewandte Entomologie 99: 371-377.
- Gielis C., Groenen F., Jansen M.C.M., Huisman K.J., Koster J.C., Muus T.S.T., van Nieuwerkerk E.J., van der Straten M.J., Zwier J.H.H. 2009. De Nederlandse Namen van de Kleine Vlinders (Microlepidoptera) in Nederland en België. Amsterdam: Nederlandse Entomologische Vereniging, 47 pp.
- Glen D.M. 1975. Searching behavior and prey-density requirements of *Blepharidopterus angulatus* (Fall.) (Heteroptera: Miridae) as a predator of the lime aphid, *Eucallipterus*

- tiliae* (L.), and leafhopper, *Alnetoidea alneti* (Dahlbom). – Journal of Animal Ecology 44 (1): 115-134.
- Godfray H.C.J., Agassiz D.J.L., Nash D.R., Lawton J.H. 1995. The recruitment of parasitoid species to two invading herbivores. – Journal of Animal Ecology 64 (3): 393-402.
- Graf F., Leutsch H., Nuss M., Stübner A., Wauer S. 2002. Aktuelle Daten zur Kleinschmetterlingsfauna von Sachsen mit Hinweisen zu anderen Bundesländern (Lep.) III. – Entomologische Nachrichten und Berichte 46: 99-104.
- Haukioja E. 1991. Induction of defenses in trees. – Annual Review of Entomology 36: 25-42.
- He J., Chee C.W., Goh C.J. 1996. 'Photoinhibition' of *Heliconia* under natural tropical conditions: the importance of leaf orientation for light interception and leaf temperature. – Plant, Cell and Environment 19: 1238-1248.
- Hespenheide H.A. 1991. Bionomics of leaf mining insects. – Annual Review of Entomology 36: 535-560.
- Hirao T., Murakami M. 2008. Quantitative food webs of lepidopteran leafminers and their parasitoids in a Japanese deciduous forest. – Ecological Research 23 (1): 159-168.
- Huemer P. 2007. Biodiversität von Schmetterlingen (Lepidoptera) im Gebiet des Naturparks Schlern. – Gredleriana 7: 233-306.
- Huemer P., Erlebach S. 2003. Beitrag zur Kenntnis Blattminierender Schmetterlinge (Lepidoptera) der Südoststeiermark, Österreich. – Beiträge zur Entomofaunistik 4: 107-113
- Ikeda E. 1996. Revision of the Japanese species of *Chrysocharis* (Hymenoptera, Eulophidae), II. – Japanese Journal of Entomology 64 (2): 275-287.
- Ivinskis P., Rimšaitė J., Ostrauskas H., Taluntytė L. 2009. Alien insects and spiders species and species spreading naturally in Lithuania. – In: Grasserbauer M., Sakalauskas L., Zavadskas E.K. (eds.) Proceedings of the 5th International Vilnius Conference “Knowledge-Based Technologies and Methodologies for Strategic Decisions of Sustainable Development”, Vilnius, September 30 – October 3, 2009. Vilnius: Vilnius Gediminas Technical University, 451-455.
- Izhevsky S.S., Maslyakov V.Yu. 2010. New invasions of alien insects into the European part of Russia. – Russian Journal of Biological Invasions 1 (2): 68-73.
- Jaworski T. 2009. Szrotówek lipowiaczek *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera, Gracillariidae) w Polsce. – Leoene Prace Badawcze 70 (1): 89–91.
- Jurc M. 2012. Lipin moljac miner (*Phyllonorycter issikii*) u Sloveniji. – Šumarski list 3-4: 119-127.

- Kamijo K. 1965. Descriptions of five new species of Eulophinae from Japan and other notes (Hymenoptera: Chalcidoidea). – *Insecta Matsumurana* 28 (1): 69-78.
- Kamijo K. 1977. Five new species of *Cotterellia* (Hymenoptera, Eulophidae) from Japan. – *Kontyû, Tokio* 45 (2): 253-261.
- Kamijo K. 1986. Notes on *Pedobius* Walker (Hymenoptera, Eulophidae) from Japan, with description of a new species. – *Kontyû, Tokio* 54 (1): 70-78.
- Kamijo K., Ikeda E. 1997. A revision of *Citrostichus* and *Mischotetrastichus* (Hymenoptera: Eulophidae), with descriptions of a new genus and new species. – *Japanese Journal of Entomology* 65 (3): 562-582.
- Kenis M., Auger-Rozenberg M.A., Roques A., Timms L., Péré C., Cock M.J.W., Settele J., Augustin S., Lopez-Vaamonde C. 2009. Ecological effects of invasive alien species. – *Biological Invasions* 11: 21-45.
- Kirichenko N.I. 2014. The lime leafminer *Phyllonorycter issikii* in Western Siberia: some ecological characteristics of the population of the recent invader. – *Contemporary Problems of Ecology* 7 (1): 114-121.
- Kovács Z., Kovács S., Szabóky C. 2006. The occurrence of *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) and *Phyllonorycter robiniella* (Clemens, 1859), two invasive leafminer species in the fauna of Romania (Lepidoptera, Gracillariidae). – *Entomologica Romanica* 11: 5-7.
- Kozlov M.V., Koricheva Y.G. 1991. The within-tree distribution of caterpillar mines. – In: Baranchikov Y.N., Mattson W.J., Hain F.P., Payne T.L. (eds.) *Forest Insect Guilds: Patterns of Interaction with Host Trees*. Radnor: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 240-255.
- Kullberg J., Albrecht A., Kaila L., Varis V. 2002. Checklist of Finnish Lepidoptera. Suomen perhosten luettelo. – *Sahlbergia* 6 (2): 45-190.
- Kumata T. 1963. Taxonomic studies on the Lithocolletinae of Japan. Part I. – *Insecta Matsumurana* 25 (2): 53-90.
- Kumata T., Kuroko H., Park K. 1983. Some Korean species of the subfamily Lithocolletinae (Gracillariidae, Lepidoptera). – *The Korean Journal of Plant Protection* 22 (3): 213-227.
- Kumata T. 1993. A contribution to the knowledge of the Malaysian Lithocolletinae (Gracillariidae, Lepidoptera), with a revision of Indian *Cameraria* associated with Leguminosae. – *Insecta Matsumurana New Series* 48: 1-85.
- Kurz M.A., Gros P., Kurz M.E., Pilsl P., Stöhr O. 2010. Neozoa in Salzburg (Insecta: Hymenoptera, Hemiptera, Lepidoptera). – *Mitteilungen aus dem Haus der Natur* 18: 63-66.

- Lehmann M. 2009. Lindenminiermotte – ein neuer Schädling entdeckt Europa. – LWF Aktuell 73: 20-21.
- Levente S., George M., Csaba T., György C. 2014. Adatok az invázív hárslevél sátorosmoly (*Phyllonorycter issikii* Kumata, 1963) Magyarországi parazitoid együtteseinek ismeretéhez. – Növényvédelem 50 (10): 445-451.
- Liebholt A.M., Tobin P.C. 2008. Population ecology of insect invasions and their management. – Annual Review of Entomology 53: 387–408.
- Marino P.C., Cornell H.V., Kahn D.H. 1993. Environmental and clonal influences on host choice and larval survival in a leafmining insect. – Journal of Animal Ecology 62 (3): 503-510.
- Matošević D. 2007. Prvi nalaz vrste *Phyllonorycter issikii* i rasprostranjenost invazivnih vrsta lisnih minera iz porodice Gracillariidae u Hrvatskoj. – Šumarski institut Jastrebarsko 42 (2): 127–142.
- Mauriņa H. 1987. Augu fizioloģija. Rīga: Zvaigzne, 358 lpp.
- Mazzoglio P.J., Paoletta M., Patetta A., Currado I. 2005. *Calliteara pudibunda* (Lepidoptera, Lymantriidae) in Northwest Italy. – Bulletin of Insectology 58 (1): 25-34.
- McDonald J.H. 2009. Handbook of Biological Statistics (2nd edition). Baltimore: Sparky House Publishing, 313 pp.
- Meier F., Engesser R., Forster B., Odermatt O., Angst A. 2010. Forstschutz-Überblick 2009. Birmensdorf: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, 24 S.
- Mey W. 1991. Über die Bedeutung autochthoner Parasitoidenkomplexe bei der rezenten Arealexansion von vier *Phyllonorycter*-Arten in Europa (Insecta, Lepidoptera, Hymenoptera). – Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin 67: 177-194.
- Mishchenko A.V. 2014. A review of the leaf blotch miners of the genus *Phyllonorycter* Hübn. (Lepidoptera, Gracillariidae) in the Middle Volga area, with a key to the species using morphological characters of the female genitalia. – Entomological Review 94 (9): 1342-1347.
- Niinemets Ü., Oja V., Kull O. 1999. Shape of leaf photosynthetic electron transport versus temperature response curve is not constant along canopy light gradients in temperate deciduous trees. – Plant, Cell and Environment 22: 1497-1513.
- Nikodemus O., Zvirgzds A., Cekule M., Čekstere G., Granta D., Šveisberga I. 2003. Apstādījumi Rīgas vēsturiskajā centrā un to nozīme pilsētvides kvalitātes paaugstināšanā. – Grām.: Osis L. (red.) Rīgas vides un ilgtspējības profils. Rakstu krājums. Rīga: Rīgas Vides Centrs „Agenda 21”, 23-29.

- Noreika R. 1998. *Phyllonorycter issikii* (Kumata) (Lepidoptera, Gracillariidae) in Lithuania. – Acta Zoologica Lituanica. Entomologia 8 (3): 34-37.
- Pašetova G., Biļdina M. 2014. *Phyllonorycter issikii* – bīstams liepu kaitēklis. – Saimnieks LV 6: 56-57.
- Pečiulytė D., Kačergius A. 2012. *Lecanicillium aphanocladii* – a new species to the mycoflora of Lithuania and a new pathogen of tree leaves mining insects. – Botanica Lithuanica 18 (2): 133-146.
- Perny B. 2007. Lindenminiermotte *Phyllonorycter issikii*: Vorkommen in Österreich nach mehreren Verdachtsfällen nun bestätigt. – Forstschutz Aktuell 38: 9-11.
- Pincebourde S., Sinoquet H., Combes D., Casas J. 2007. Regional climate modulates the canopy mosaic of favourable and risky microclimates for insects. – Journal of Animal Ecology 76: 424-438.
- RD noteikumi 2006. Rīgas domes saistošie noteikumi Nr. 60 „Par gaisa piesārņojuma teritoriālo zonējumu”, 2006. gada 14. novembrī.
- Reavey D., Gaston K.J. 1991. The importance of leaf structure in oviposition by leaf-mining Microlepidoptera. – Oikos 61: 19-28.
- Rodeland J. 2007. Erstnachweis von *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera: Gracillariidae) für Rheinland-Pfalz. – Mainzer Naturwissenschaftliche Archiv 45: 279–281.
- Roques A., Kenis M., Lees D., Lopez-Vaamonde C., Rabitsch W., Rasplus J.Y., Roy D.B. (eds.) 2010. Alien Terrestrial Arthropods of Europe. Sofia: Pensoft, 1048 pp.
- Rumen T. 2009. A review of mortality factors of three invasive leafminer moths (Lepidoptera) in Bulgaria. – In: Stojnić B. (ed.) VI Congress of Plant Protection with Symposium About Biological Control of Invasive Species. Book of Abstracts and Papers II, Zlatibor, November 23-27, 2009. Belograd: Društvo za zaštitu bilja Srbije, 83-85.
- Saudreau M., Pincebourde S., Dassot M., Adam B., Loxdale H.D., Biron D.G. 2013. On the canopy structure manipulation to buffer climate change effects on insect herbivore development. – Trees 27: 239-248.
- Savenkov N., Šulcs I. 2010. Latvijas tauriņi. Katalogs. Latvian Lepidoptera. Catalogue. Tallinn: Eesti Lepidopteroloogide Selts, 176 lpp.
- Segerer A. 2008. Der Lindenminierfalter *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) – ein wenig bekanntes Neozoon in Bayern – (Lepidoptera: Gracillariidae). – Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen 57: 75-78.

- Stolnicu A.M., Ureche C. 2007. Data regarding the presence of the *Phyllonorycter issikii* (Kumata) (Lepidoptera: Gracillariidae) in Romanian fauna. – *Analele Științifice ale Universității „Al. I. Cuza” Iași*, s. Biologie animală, Tom LIII, 103-108.
- Šefrová H. 2002. *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) – bionomics, ecological impact and spread in Europe (Lepidoptera, Gracillariidae). – *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 50 (3): 99-104.
- Šefrová H. 2003. Invasions of Lithocolletinae species in Europe – causes, kinds, limits and ecological impact (Lepidoptera, Gracillariidae). – *Ekológia (Bratislava)* 22 (2): 132-142.
- Šefrová H., Laštůvka Z. 2005. Catalogue of alien animal species in the Czech Republic. – *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 53 (4): 151-170.
- Špulák O., Souček J. 2010. Differences of air temperature in the interior and around the crown of young Norway spruce tree. – *Opera Corcontica* 47 (1): 225–238
- Ureche C. 2006. Invasive leaf miner insects in Romania. – In: IUFRO Working Party 7.03.10. Proceedings of the workshop on “Methodology of Forest Insect and Disease Survey in Central Europe”, Gmunden, September 11-14, 2006. Gmunden: IUFRO, 259-262.
- Vet L.E.M., Dicke M. 1992. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. – *Annual Review of Entomology* 37: 141-172.
- Welter S.C. 1989. Arthropod impact and plant gas exchange. – In: Bernays E.A. (ed.) *Insect-Plant Interactions*. Volume 1. Boca Raton: CRC Press, 135-150.
- Willmer P.G. 1982. *Microclimate and the Environmental Physiology of Insects*. Cambridge: Department of Zoology, 57 pp.
- Wullaert S. 2012. *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera: Gracillariidae), new to the Belgian fauna. – *Phegea* 40 (3): 63-65.
- Yefremova Z.A., Krayushkina A.V., Mishchenko A.V. 2009. Parasitoid complexes (Hymenoptera, Eulophidae) of leafminers of the genus *Phyllonorycter* (Lepidoptera, Gracillariidae) in the Middle Volga Basin. – *Entomological Review* 89 (8): 903-911.
- Yefremova Z.A., Mishchenko A.V. 2008. The parasitoid complex (Hymenoptera, Eulophidae) of the leafminer *Phyllonorycter issikii* (Kumata) (Lepidoptera, Gracillariidae) from the Middle Volga Basin. – *Entomological Review* 88 (2): 178-185.
- Yefremova Z.A., Mishchenko A.V. 2010. The dynamics of the populations of dominant parasitoids (Hymenoptera, Eulophidae) of moth *Phyllonorycter issikii* (Kumata) (Lepidoptera, Gracillariidae) in the Middle Volga Basin. – *Proceedings of the Russian Entomological Society* 80 (2): 64-75.
- Yefremova Z.A., Mishchenko A.V. 2012. The preimaginal stages of *Minotetrastichus frontalis* (Nees) and *Chrysocharis laomedon* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae),

- parasitoids associated with *Phyllonorycter issikii* (Kumata) (Lepidoptera, Gracillariidae). – Journal of Natural History 46: 1283-1305.
- Yefremova Z.A., Mistchenko A.V. 2009. New data on trophic relations between eulophid parasitic wasps (Hymenoptera, Eulophidae) and lepidopterans in Ul'yanovsk Province. – Entomological Review 89 (3): 249-256.
- Zar J.H. 1999. Biostatistical Analysis (4th edition). New Jersey: Prentice Hall, 663 pp.
- Zermeño-Gonzalez A., Hipps L.E. 1997. Downwind evolution of surface fluxes over a vegetated surface during local advection of heat and saturation deficit. – Journal of Hydrology 192: 189-210.
- Баранчиков Ю.Н., Ермолаев И.В. 1998. Факторы динамики популяций насекомых-минеров. – Энтомологические исследования в Сибири 1: 4-32.
- Беднова О.В., Белов Д.А. 1999. Липовая моли-пестрянка (Lepidoptera, Gracillariidae) в зелёных насаждениях Москвы и Подмосковья. – Лесной вестник 2: 172-177.
- Белов Д.А. 2011. Особенности комплекса минирующих насекомых в г. Москве. – Вестник МГУЛ – Лесной вестник 7: 103-108.
- Белов Д.А. 2012. Биологические особенности комплекса минирующих насекомых в насаждениях Москвы. – Вестник Московского финансово-юридического университета МФЮА 1: 130-135.
- Бухарина И.Л., Поварницина Т.М., Ведерников К.Е. 2007. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде: монография. Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 216 с.
- Ермолаев И.В., Зорин Д.А. 2013. Динамика роста плотности липовой моли-пестрянки при заселении древостоя. – В кн.: Селиховкин А.В., Мусолин Д.Л. (ред.) VII Чтения памяти О.А. Катаева: Вредители и болезни древесных растений России. Материалы международной конференции, Санкт-Петербург, 25-27 ноября, 2013. Санкт-Петербург: Издательско-полиграфический отдел СПбГЛТУ, 36.
- Ермолаев И.В., Токарева П.С. 2014. Особенности разлета бабочек липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae). – В кн.: Мусолин Д.Л., Селиховкин А.В. (ред.) VIII Чтения памяти О. А. Катаева: Вредители и болезни древесных растений России. Материалы международной конференции, Санкт-Петербург, 18-20 ноября, 2014. Санкт-Петербург: Издательско-полиграфический отдел СПбГЛТУ, 30-31.
- Кириченко Н.И., Баранчиков Ю.Н. 2012. О находке липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae) в Новосибирске и Барнауле. – В кн.: Белокобыльский С.А. (отв.ред.) XIV съезд Русского

- энтомологического общества. Материалы съезда, Санкт-Петербург, 27 августа – 1 сентября, 2012. Санкт-Петербург: Галаника, 180.
- Клепиков М.А. 2005. Обзор фауны кривоусых крохоток-молей и молей-пестрянок (Lepidoptera: Bucculatricidae, Gracillariidae) Ярославской области. – Эверсманния. Энтомологические исследования в Европейской России и соседних регионах 3-4: 56-62.
- Кузнецов В.И. 1981. Gracillariidae (Lithocolletidae) – моли-пестрянки. – В кн.: Бей-Биенко Г.Я. (ред.) Определитель насекомых европейской части СССР. Том IV. Чешуекрылые. Вторая часть. Ленинград: Наука, 149-311.
- Лер П.А. (ред.) 1997. Определитель насекомых Дальнего Востока России. Том V. Ручейники и чешуекрылые. Часть 1. Владивосток: Дальнаука, 540 с.
- Мешкова В.Л., Микулина И.Н. 2013. Энтомофаги адвентивных молей-минёров в зелёных насаждениях Харьковщины. – В кн.: Ковалевич А.И. (отв.ред.) Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития. Материалы международной научно-практической конференции, Гомель, 9-11 октября, 2013. Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 92-96.
- Мищенко А.В. 2011. Энтомофауна листовых мин. – Вестник Томского государственного педагогического университета 5: 101-105.
- Мищенко А.В. 2014. Новые данные о паразитизме наездников-эвлофид (Hymenoptera: Eulophidae) на моли-пестрянке *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera: Gracillariidae) – вредителе липы в Среднем Поволжье (Россия). – Кавказский энтомологический бюллетень 10 (1): 131-136.
- Мозолевская Е.Г. 2012. Условия обитания и специфика комплекса дендрофильных насекомых в городе. – В кн.: Белокобыльский С.А. (отв.ред.) XIV съезд Русского энтомологического общества. Материалы съезда, Санкт-Петербург, 27 августа – 1 сентября, 2012. Санкт-Петербург: Галаника, 289.
- Мозолевская Е.Г., Белова Н.К., Шарапа Т.В., Соколова Э.С., Беднова О.В., Белов Д.А., Галасьева Т.В., Лебедева Г.С., Липаткин В.А., Сураппаева В.М., Смирнова О.М., Стрепенюк Л.П., Савельева А.В., Семенова Е.И., Харлашина А.В., Фоломкина Т.Е. 2000. Итоги мониторинга состояния зелёного фонда Москвы в 1999 г. – Лесной вестник 6: 71-88.
- Селиховкин А.В., Денисова Н.В., Тимофеева Ю.А. 1996. Динамика плотности популяций минирующих микрочешуекрылых в Санкт-Петербурге. – Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии 4: 148-159.

- Селиховкин А.В., Тимофеева Ю.А. 2012. Липовая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii* Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae) в Санкт-Петербурге. – В кн.: Белокобыльский С.А. (отв.ред.) XIV съезд Русского энтомологического общества. Материалы съезда, Санкт-Петербург, 27 августа – 1 сентября, 2012. Санкт-Петербург: Галаника, 394.
- Тимофеева Ю.А. 2014. Особенности экологии липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) в Санкт-Петербурге. – Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии 207: 133-141.
- Фролов А.К., Горышина Т.К. 1982. Особенности фотосинтетического аппарата некоторых древесных пород в городских условиях. – Ботанический журнал 67 (5): 599-609.

**Izmantotās interneta tīkla vietnes:**

- Buszko J. 2013. Fauna Europaea: Gracillariidae. – In: Karsholt O., van Nieukerken E.J., de Jong Y.S.D.M. (eds.) Fauna Europaea: Lepidoptera, Moths. Fauna Europaea version 2.6, <http://faunaeur.org> (accessed on 12 February 2015).
- LVGMC 2014. Meteoroloģija. <http://www.meteo.lv/meteorologija-datu-meklesana/?nid=461> (skatīts 2015. gada 1. martā).

Pielikumi

1. pielikums

Uz liepu raibkodes dažādām attīstības stadijām konstatēto parazītisko sēņu sugu saraksts  
(Pečiulytė, Kačergius 2012).

Appendix 1

Species list of parasitic fungi found on different development stages of lime leafminer  
(Pečiulytė, Kačergius 2012).

<b>Parazītiskās sēnes suga</b> <b>Species of parasitic fungi</b>	<b>Liepu raibkodes stadija</b> <b>Stage of lime leafminer</b>
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl. 1912	Kāpurs
<i>Aspergillus parasiticus</i> Speare 1912	Imago
<i>Beauveria bassiana</i> (Bals.-Criv.) Vuill. 1912	Kāpurs
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G.A.de Vries 1952	Kāpurs, imago
<i>Colletotrichum</i> sp. Corda 1831	Kāpurs
<i>Fusarium oxysporum</i> Schldl. 1824	Kāpurs, imago
<i>Fusarium proliferatum</i> (Matsush.) Nirenberg 1976	Kāpurs
<i>Isaria fumosorosea</i> Wize 1904	Kāpurs, imago
<i>Lecanicillium aphanocladii</i> Zare et W.Gams 2001	Kāpurs, imago
<i>Lecanicillium lecanii</i> (Zimm.) Zare et W.Gams 2001	Kāpurs
<i>Lecanicillium psalliotae</i> (Treschew) Zare et W.Gams 2001	Kāpurs
<i>Metarhizium anisopliae</i> (Metschn.) Sorokin 1883	Kāpurs
<i>Penicillium chrysogenum</i> Thom 1910	Kāpurs
<i>Penicillium oxalicum</i> Currie et Thom 1915	Kāpurs
<i>Scopulariopsis brevicaulis</i> (Sacc.) Bainier 1907	Kāpurs
<i>Trichothecium roseum</i> (Pers.) Link 1809	Kāpurs

## 2. pielikums

Uz liepu raibkodes konstatēto plēvspārņu parazītoīdu sugu saraksts (Ermolaev *et al.* 2011, Hirao, Murakami 2008, Ikeda 1996, Kamijo 1965, 1977, 1986, Kamijo, Ikeda 1997, Mey 1991, Roques *et al.* 2010, Rumen 2009, Yefremova, Mishchenko 2008, 2010, 2012, Yefremova, Mistchenko 2009, Мешкова, Микулина 2013, Мищенко 2014).

## Appendix 2

Species list of hymenopteran parasitoids found on lime leafminer (Ermolaev *et al.* 2011, Hirao, Murakami 2008, Ikeda 1996, Kamijo 1965, 1977, 1986, Kamijo, Ikeda 1997, Mey 1991, Roques *et al.* 2010, Rumen 2009, Yefremova, Mishchenko 2008, 2010, 2012, Yefremova, Mistchenko 2009, Мешкова, Микулина 2013, Мищенко 2014).

<b>Dzimta un apakšdzimta Family and subfamily</b>	<b>Parazītoīda suga Species of parasitoid</b>	<b>Reģions Region</b>
<b>Virsdzimta / Superfamily: Chalcidoidea</b>		
Encyrtidae: Encyrtinae	<i>Ageniaspis</i> sp. Dahlbom 1857	Japāna
Eulophidae: Entedoninae	<i>Achrysocharoides</i> sp. Girault 1913	Japāna
	<i>Chrysocharis laomedon</i> Walker 1839	Eiropa, Krievija
	<i>Chrysocharis nephereus</i> Walker 1839	Krievija
	<i>Chrysocharis phryne</i> Walker 1878	Krievija
	<i>Chrysocharis pubicornis</i> Zetterstedt 1838	Krievija
	<i>Chrysocharis</i> sp. Förster 1856	Japāna
	<i>Chrysocharis ujiyei</i> Kamijo 1977	Japāna
	<i>Entedon</i> sp. Dalman 1820	Krievija
	<i>Neochrysocharis formosus</i> Westwood 1833	Krievija
	<i>Neochrysocharis cuprifrons</i> Erdős 1954	Krievija
	<i>Pediobius cassidae</i> Erdős 1958	Krievija
	<i>Pediobius metallicus</i> Nees 1834	Krievija
	<i>Pediobius saulius</i> Walker 1839	Eiropa, Japāna
<i>Pleurotroppopsis japonica</i> Kamijo 1977	Japāna	
Eulophidae: Eulophinae	<i>Cirrospilus diallus</i> Walker 1838	Krievija
	<i>Cirrospilus elegantissimus</i> Westwood 1832	Eiropa, Krievija
	<i>Cirrospilus lyncus</i> Walker 1838	Krievija
	<i>Cirrospilus pictus</i> Nees 1834	Eiropa
	<i>Cirrospilus</i> sp. Westwood 1832	Japāna
	<i>Cirrospilus viticola</i> Rondani 1877	Krievija
	<i>Cirrospilus vittatus</i> Walker 1838	Krievija
	<i>Di cladocerus westwoodi</i> Westwood 1832	Krievija
	<i>Elachertus fenestratus</i> Nees 1834	Japāna, Krievija
	<i>Elachertus inunctus</i> Nees 1834	Krievija
	<i>Elachertus</i> sp. Spinola 1811	Eiropa, Japāna
	<i>Hyssopus geniculatus</i> Hartig 1838	Krievija

## 2-1. pielikums (turpinājums)

Eulophidae: Eulophinae	<i>Hyssopus nigritulus</i> Zetterstedt 1838	Krievija
	<i>Pnigalio cristatus</i> Ratzeburg 1848	Krievija
	<i>Pnigalio gyamiensis</i> Myartseva et Kurashev 1990	Krievija
	<i>Pnigalio mediterraneus</i> Ferrière et Delusshi 1957	Ukraina
	<i>Pnigalio nemati</i> Westwood 1838	Krievija
	<i>Pnigalio soemius</i> Walker 1839	Krievija, Ukraina
	<i>Sympiesis dolichogaster</i> Ashmead 1888	Krievija
	<i>Sympiesis gordius</i> Walker 1839	Eiropa, Krievija
	<i>Sympiesis laevifrons</i> Kamijo 1965	Japāna
	<i>Sympiesis sericeicornis</i> Nees 1834	Eiropa, Japāna, Krievija
Eulophidae: Tetrastichinae	<i>Aprostocetus</i> sp. Westwood 1833	Krievija
	<i>Aprostocetus zoilus</i> Walker 1839	Krievija
	<i>Minotetrastichus frontalis</i> Nees 1834	Eiropa, Krievija
	<i>Mischotetrastichus petiolatus</i> Erdős 1961	Eiropa, Japāna, Krievija
	<i>Oomyzus incertus</i> Ratzeburg 1844	Krievija
Pteromalidae		Krievija
<b>Virsdzimta / Superfamily: Ichneumonoidea</b>		
Braconidae: Microgastrinae	<i>Apanteles</i> sp. Forster 1862	Krievija
	<i>Dolichogenidea dilecta</i> Haliday 1834	Japāna
	<i>Pholetesor</i> sp. Mason 1981	Japāna

3. pielikums  
Slāpekļa dioksīda (NO<sub>2</sub>) piesārņojuma zonas Rīgā (Anonīms 2009).

Appendix 3  
Pollution zones of nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) in Riga (Anonīms 2009).



Apzīmējumi: — gaisa piesārņojuma I zona ar piesārņojošās vielas vidējo gada koncentrāciju 40-60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; — gaisa piesārņojuma II zona ar piesārņojošās vielas vidējo gada koncentrāciju 30-40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; - - - gaisa piesārņojuma III zona ar piesārņojošās vielas vidējo gada koncentrāciju mazāku par 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Markings: — I zone of air pollution with mean year concentration of pollutant 40-60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; — II zone of air pollution with mean year concentration of pollutant 30-40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; - - - III zone of air pollution with mean year concentration of pollutant less than 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

4. pielikums  
Punktu un koku koordinātes (LKS-92) parauglaukumiem Rīgas teritorijā.

Appendix 4  
Coordinates (LKS-92) of points and trees in sample plots in territory of Riga.

<b>NO<sub>2</sub> piesārņojuma zona Zone of NO<sub>2</sub> pollution</b>	<b>Punkta apzīmējums Point name</b>	<b>Punkta koordinātes Point coordinates</b>	<b>Koka nr. Tree no.</b>	<b>Koka koordinātes Tree coordinates</b>	
I zona	I-1	X: 507500    Y: 6316500	1.	X: 507416	Y: 6316471
			2.	X: 507416	Y: 6316473
			3.	X: 507420	Y: 6316472
			4.	X: 507419	Y: 6316468
			5.	X: 507419	Y: 6316456
	I-8	X: 509500    Y: 6314000	1.	X: 509715	Y: 6314201
			2.	X: 509709	Y: 6314198
			3.	X: 509701	Y: 6314193
			4.	X: 509689	Y: 6314189
			5.	X: 509676	Y: 6314181
I-11	X: 506500    Y: 6313500	1.	X: 506486	Y: 6313498	
		2.	X: 506486	Y: 6313505	
		3.	X: 506485	Y: 6313512	
		4.	X: 506487	Y: 6313519	
		5.	X: 506487	Y: 6313524	
I-12	X: 507500    Y: 6313500	1.	X: 507538	Y: 6313529	
		2.	X: 507543	Y: 6313535	
		3.	X: 507554	Y: 6313546	
		4.	X: 507560	Y: 6313554	
		5.	X: 507565	Y: 6313560	
I-16	X: 509500    Y: 6313500	1.	X: 509473	Y: 6313563	
		2.	X: 509469	Y: 6313570	
		3.	X: 509466	Y: 6313567	
		4.	X: 509462	Y: 6313559	
		5.	X: 509455	Y: 6313559	
I-19	X: 506500    Y: 6313000	1.	X: 506435	Y: 6312996	
		2.	X: 506436	Y: 6313003	
		3.	X: 506436	Y: 6313012	
		4.	X: 506437	Y: 6313020	
		5.	X: 506438	Y: 6313028	
I-21	X: 507500    Y: 6313000	1.	X: 507585	Y: 6312958	
		2.	X: 507589	Y: 6312952	
		3.	X: 507595	Y: 6312948	
		4.	X: 507593	Y: 6312955	
		5.	X: 507590	Y: 6312959	
I-30	X: 508000    Y: 6312500	1.	X: 507984	Y: 6312501	
		2.	X: 507988	Y: 6312497	
		3.	X: 507992	Y: 6312491	
		4.	X: 507986	Y: 6312481	
I-37	X: 507500    Y: 6312000	1.	X: 507416	Y: 6311838	

## 4-1. pielikums (turpinājums)

<b>NO<sub>2</sub> piesārņojuma zona Zone of NO<sub>2</sub> pollution</b>	<b>Punkta apzīmējums Point name</b>	<b>Punkta koordinātes Point coordinates</b>	<b>Koka nr. Tree no.</b>	<b>Koka koordinātes Tree coordinates</b>
I zona	I-39	X: 508500 Y: 6312000	1.	X: 508481 Y: 6311933
			2.	X: 508468 Y: 6311932
			3.	X: 508469 Y: 6311925
			4.	X: 508467 Y: 6311923
			5.	X: 508478 Y: 6311921
	I-42	X: 504500 Y: 6311500	1.	X: 504596 Y: 6311463
			2.	X: 504606 Y: 6311472
			3.	X: 504602 Y: 6311474
			4.	X: 504603 Y: 6311471
			5.	X: 504606 Y: 6311479
	I-47	X: 508000 Y: 6311500	1.	X: 508118 Y: 6311506
			2.	X: 508106 Y: 6311508
			3.	X: 508024 Y: 6311512
	I-60	X: 511000 Y: 6310000	1.	X: 511094 Y: 6309991
			2.	X: 511094 Y: 6309992
3.			X: 511091 Y: 6309984	
4.			X: 511090 Y: 6309981	
5.			X: 511087 Y: 6309965	
I-73	X: 510000 Y: 6309000	1.	X: 509999 Y: 6309025	
		2.	X: 510000 Y: 6309028	
		3.	X: 509985 Y: 6309027	
		4.	X: 509983 Y: 6309033	
		5.	X: 509973 Y: 6309038	
I-75	X: 505000 Y: 6308500	1.	X: 505067 Y: 6308442	
II zona	II-8	X: 507500 Y: 6316000	1.	X: 507400 Y: 6316025
			2.	X: 507402 Y: 6316030
			3.	X: 507402 Y: 6316035
			4.	X: 507404 Y: 6316047
			5.	X: 507403 Y: 6316054
	II-12	X: 508000 Y: 6315500	1.	X: 508040 Y: 6315233
			2.	X: 508037 Y: 6315231
			3.	X: 508028 Y: 6315227
			4.	X: 508013 Y: 6315223
			5.	X: 508007 Y: 6315220
	II-21	X: 509000 Y: 6315000	1.	X: 508920 Y: 6315028
			2.	X: 508926 Y: 6315032
			3.	X: 508929 Y: 6315037
			4.	X: 508934 Y: 6315044
			5.	X: 508937 Y: 6315049
	II-29	X: 508000 Y: 6314500	1.	X: 508011 Y: 6314516
			2.	X: 508049 Y: 6314489
			3.	X: 508048 Y: 6314479
			4.	X: 508047 Y: 6314463
			5.	X: 508046 Y: 6314455
II-38	X: 507000 Y: 6313500	1.	X: 507007 Y: 6313593	
		2.	X: 507001 Y: 6313596	
		3.	X: 506997 Y: 6313600	
		4.	X: 506993 Y: 6313604	
		5.	X: 506988 Y: 6313608	

## 4-2. pielikums (turpinājums)

<b>NO<sub>2</sub> piesārņojuma zona Zone of NO<sub>2</sub> pollution</b>	<b>Punkta apzīmējums Point name</b>	<b>Punkta koordinātes Point coordinates</b>	<b>Koka nr. Tree no.</b>	<b>Koka koordinātes Tree coordinates</b>
II zona	II-46	X: 504500 Y: 6312500	1. 2. 3. 4. 5.	X: 504330 Y: 6312651 X: 504326 Y: 6312652 X: 504321 Y: 6312656 X: 504317 Y: 6312658 X: 504314 Y: 6312660
	II-52	X: 505000 Y: 6312000	1. 2. 3. 4. 5.	X: 505021 Y: 6312070 X: 505018 Y: 6312070 X: 505015 Y: 6312067 X: 505031 Y: 6311931 X: 505023 Y: 6311940
	II-63	X: 511500 Y: 6311500	1. 2. 3. 4. 5.	X: 511537 Y: 6311549 X: 511538 Y: 6311549 X: 511499 Y: 6311585 X: 511363 Y: 6311575 X: 511374 Y: 6311512
	II-67	X: 505000 Y: 6311000	1. 2. 3. 4. 5.	X: 505118 Y: 6310845 X: 505121 Y: 6310848 X: 505127 Y: 6310845 X: 505144 Y: 6310934 X: 505139 Y: 6310931
	II-69	X: 509000 Y: 6311000	1. 2.	X: 509011 Y: 6310977 X: 509034 Y: 6310977
	II-72	X: 504500 Y: 6310500	1. 2. 3.	X: 504623 Y: 6310520 X: 504621 Y: 6310583 X: 504639 Y: 6310500
	II-73	X: 505500 Y: 6310500	1. 2. 3. 4. 5.	X: 505436 Y: 6310476 X: 505429 Y: 6310463 X: 505439 Y: 6310455 X: 505439 Y: 6310452 X: 505444 Y: 6310451
	II-77	X: 509500 Y: 6310500	1. 2. 3. 4. 5.	X: 509530 Y: 6310494 X: 509526 Y: 6310499 X: 509522 Y: 6310505 X: 509520 Y: 6310507 X: 509516 Y: 6310513
	II-83	X: 505500 Y: 6309500	1. 2. 3. 4. 5.	X: 505515 Y: 6309469 X: 505511 Y: 6309463 X: 505524 Y: 6309467 X: 505520 Y: 6309443 X: 505512 Y: 6309439
	II-89	X: 507000 Y: 6309000	1.	X: 507014 Y: 6308964
III zona	III-113	X: 507000 Y: 6321500	1. 2. 3. 4. 5.	X: 506954 Y: 6321523 X: 506950 Y: 6321530 X: 506949 Y: 6321535 X: 506946 Y: 6321540 X: 506944 Y: 6321546
	III-175	X: 503000 Y: 6319500	1.	X: 503067 Y: 6319498

## 4-3. pielikums (turpinājums)

<b>NO<sub>2</sub> piesārņojuma zona Zone of NO<sub>2</sub> pollution</b>	<b>Punkta apzīmējums Point name</b>	<b>Punkta koordinātes Point coordinates</b>	<b>Koka nr. Tree no.</b>	<b>Koka koordinātes Tree coordinates</b>
III zona	III-190	X: 498000 Y: 6319000	1.	X: 497972 Y: 6319120
			2.	X: 497977 Y: 6319128
			3.	X: 497993 Y: 6319131
			4.	X: 497998 Y: 6319134
			5.	X: 498003 Y: 6319137
	III-390	X: 511500 Y: 6316000	1.	X: 511556 Y: 6316065
			2.	X: 511554 Y: 6316068
			3.	X: 511550 Y: 6316073
			4.	X: 511547 Y: 6316077
			5.	X: 511544 Y: 6316080
	III-395	X: 515000 Y: 6316000	1.	X: 514985 Y: 6316039
			2.	X: 514990 Y: 6316040
			3.	X: 514996 Y: 6316041
			4.	X: 515003 Y: 6316042
			5.	X: 515009 Y: 6316044
	III-430	X: 503500 Y: 6315000	1.	X: 503324 Y: 6314905
			2.	X: 503319 Y: 6314899
			3.	X: 503321 Y: 6314897
			4.	X: 503317 Y: 6314894
5.			X: 503313 Y: 6314893	
III-475	X: 502500 Y: 6314000	1.	X: 502455 Y: 6314272	
		2.	X: 502451 Y: 6314276	
		3.	X: 502456 Y: 6314274	
		4.	X: 502461 Y: 6314274	
		5.	X: 502458 Y: 6314270	
III-508	X: 511500 Y: 6313500	1.	X: 511490 Y: 6313520	
		2.	X: 511505 Y: 6313520	
III-602	X: 503500 Y: 6311500	1.	X: 503453 Y: 6311625	
		2.	X: 503449 Y: 6311601	
		3.	X: 503488 Y: 6311563	
		4.	X: 503576 Y: 6311529	
		5.	X: 503541 Y: 6311555	
III-611	X: 497000 Y: 6311000	1.	X: 497012 Y: 6310886	
		2.	X: 497017 Y: 6310878	
		3.	X: 497021 Y: 6310877	
		4.	X: 497025 Y: 6310878	
		5.	X: 497024 Y: 6310879	
III-685	X: 513500 Y: 6309500	1.	X: 513491 Y: 6309352	
III-703	X: 510000 Y: 6308500	1.	X: 509872 Y: 6308238	
		2.	X: 509871 Y: 6308239	
		3.	X: 509867 Y: 6308244	
III-748	X: 506000 Y: 6307000	1.	X: 506011 Y: 6307042	
		2.	X: 506004 Y: 6307054	
		3.	X: 505998 Y: 6307055	
		4.	X: 505994 Y: 6307055	
		5.	X: 505995 Y: 6307063	
III-805	X: 513500 Y: 6304000	1.	X: 513639 Y: 6303861	
III-814	X: 515500 Y: 6303000	1.	X: 515471 Y: 6302819	

Maģistra darbs „Liepu raibkodes *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) populācijas dinamika un to ietekmējošie faktori Rīgas pilsētas teritorijā” izstrādāts LU Bioloģijas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: Margarita Biļdina

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: Voldemārs Spuņģis

01.06.2015.

Recenzents: Aina Karpa

Darbs iesniegts Bioloģijas fakultātes dekanātā 01.06.2015.

Saņēma: \_\_\_\_\_

Darbs aizstāvēts bakalaura/maģistra gala pārbaudījuma komisijas sēdē

09.06.2015. prot. Nr. \_\_\_\_\_.

Komisijas sekretārs: \_\_\_\_\_