

Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Lauksaimniecības fakultāte

Latvia University of Agriculture
Faculty of Agriculture

JĀNIS GAILIS

**SKREJVABOLES (*COLEOPTERA: CARABIDAE*) KĀ
INTEGRĒTĀS AUGU AIZSARDZĪBAS INDIKATORI
KVIEŠU SĒJUMOS**

**GROUND BEETLES (*COLEOPTERA: CARABIDAE*)
AS INDICATORS OF INTEGRATED PEST
MANAGEMENT IN WHEAT FIELDS**

Promocijas darba KOPSAVILKUMS
Dr. agr. zinātniskā grāda iegūšanai

SUMMARY
of the Doctoral Thesis for the scientific degree Dr. agr.

Jelgava, 2018

Darba zinātniskais vadītājs / Scientific supervisor:

Dr. habil. agr. **Ināra Turka**

Darba recenzenti / Reviewers:

Dr. biol. **Voldemārs Spunģis**

Dr. biol. **Līga Jankevica**

Dr. biol. **Edīte Kaufmane**

Promocijas darba aizstāvēšana paredzēta Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības nozares Laukkopības apakšnozares promocijas padomes atklātajā sēdē 2018. gada 23. februārī plkst. 10.00, Latvijas Lauksaimniecības universitātē, 123. auditorijā, Lielā ielā 2, Jelgavā

The defence of Thesis will be held in open session of the Promotion Board of the Agriculture on February 23, 2018 at 10.00 in room 123, Latvia University of Agriculture, Lielā Street 2, Jelgava.

Ar promocijas darbu un tā kopsavilkumu var iepazīties Latvijas Lauksaimniecības universitātes Fundamentālajā bibliotēkā, Lielā iela 2, Jelgava.

The Thesis and summary are available at the Fundamental Library of Latvia University of Agriculture, Lielā Street 2, Jelgava.

Atsaukmes lūdzu sūtīt Lauksaimniecības nozares Laukkopības apakšnozares promocijas padomes sekretārei Dr. agr. Maijai Ausmanei, Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001.

References are welcome to be sent to Dr. agr. Maija Ausmane, the Secretary of the Promotion Board, Latvia University of Agriculture, Lielā Street 2, Jelgava, LV – 3001.

AgroBioRes

ISBN 978-9984-48-281-1

DOI: 10.22616/lluthesis/2018.001

Saturs ***Contents***

Ievads	4
Pētījuma apstākļi un metodika	7
Rezultāti	13
Secinājumi	29
Pētījuma aprobācija	30
<i>Approbation of the scientific work</i>	30
<i>Introduction</i>	33
<i>Research conditions and methodology</i>	36
<i>Results</i>	40
<i>Conclusions</i>	47

Ievads

Integrētā augu aizsardzība ir praktisks instruments, kas būtiski ļauj samazināt ķīmisko augu aizsardzības līdzekļu lietošanu, tajā pašā laikā saglabājot augstu kultūraugu ražību. Līdz ar to būtiski iespējams samazināt lauksaimniecības radīto slogu videi. Lai arī IAA pirmsākumi ir meklējami jau 20. gadsimta sākumā un pirmā tās definīcija publicēta 1959. gadā, praksē tā līdz šim ir ieviesta samērā gausi un smagnēji. Latvijā, saskaņā ar Augu aizsardzības likumu, IAA ieviešana saimniecībās ir obligāta kopš 2014. gada 1. janvāra. Šī prasība attiecas uz profesionāliem augu aizsardzības līdzekļu lietotājiem, kuri izmanto otrās reģistrācijas klases augu aizsardzības līdzekļus vai kuri šīs klases augu aizsardzības līdzekļu lietošanai izmanto profesionālu augu aizsardzības līdzekļu lietotāju sniegtos pakalpojumus.

Viens no IAA elementiem ir dažādi kultūraugiem kaitīgo organismu dabiskie ienaidnieki, tajā skaitā skrejvaboles (*Carabidae*). Šīs dzimtas vaboles apdzīvo visas sauszemes ekosistēmas, ekoloģiski ir saistītas ar augsnes virskārtu un ir saimnieciski nozīmīgi kaitīgo bezmugurkaulnieku un nezāļu ierobežotāji dažādās agrocenozēs. Pētījumi Eiropā un citur pasaulē ir apliecinājuši, ka skrejvaboles – to populāciju dinamiskais blīvums, sugu daudzveidība, sugu skaits un citi parametri – būtiski reaģē uz dažādām vides faktoru izmaiņām, tajā skaitā agrotehniskām aktivitātēm agrocenozēs. Līdz ar to var uzskatīt, ka skrejvaboles spēj indicēt dažādus IAA pasākumus, jo pēc būtības IAA ir dažādu mērķtiecīgu agronomisku darbību komplekss.

Promocijas darba aktualitāte. Nepieciešamība noteikt IAA indikatorus izriet no vairākiem politiskiem dokumentiem. Starptautiskā mērogā par to ir vienojusies OECD, kuras dalībvalsts kopš 2016. gada ir arī Latvija. Šī organizācija ir noteikusi divas IAA indikatoru grupas: intensitātes indikatorus (*uptake indicators*) un ietekmes indikatorus (*impact indicators*). Kā viens no IAA intensitātes indikatoriem ir minēti bioloģiskās metodes kaitīgo sugu ierobežošanai izmantošanas rādītāji. Bet IAA ietekmes indikatoru ir dažādi vides parametri, tajā skaitā bioloģiskās daudzveidības rādītāji. Būtiskākās īpašības, kuras noteiktas potenciālajiem indikatoriem, ir vienkāršība (labi saprotami), salīdzināmība, zemas izmaksas, piesaistīts IAA definīcijai, izmantojams visās valstīs u.c. Šobrīd IAA indikatoru vēl nav izstrādāti, bet galvenais OECD mērķis ir izstrādāt ietekmes indikatorus, starp kuriem būtu iekļaujami sauszemes bioloģiskās daudzveidības rādītāji. Skrejvaboles kā IAA elementi un bioloģiskās daudzveidības sastāvdaļa var tikt izmantotas gan kā IAA intensitātes indikatoru, gan ietekmes indikatoru. Turklāt tām piemīt lielākā daļa indikatoriem noteikto īpašību.

Latvijā IAA indikatoru izstrādi netieši nosaka LR MK 12.04.2013. rīkojums Nr. 146 „Par rīcības plānu augu aizsardzības līdzekļu ilgtspējīgai izmantošanai 2013.–2015. gadam”. Šis dokuments paredz augu aizsardzības līdzekļu lietošanas riska indikatoru noteikšanu. Tā kā IAA pamata mērķis ir augu

aizsardzības līdzekļu radītā riska mazināšana, tad IAA indikatori varētu būt izmantojami kā zema augu aizsardzības līdzekļu riska indikatori. Ne Latvijā, ne Eiropā šādi indikatori nav izstrādāti, tāpēc MK rīkojumā ir ieteikts pagaidām izmantot bioloģiskās daudzveidības indikatorus, kas noteikti LR MK 24.02.2009. noteikumos Nr. 175 „Noteikumi par nacionālajiem vides indikatoriem”. No šajā sarakstā minētajiem indikatoriem augu aizsardzības līdzekļu ilgtspējīgu lietošanu vislabāk varētu atspoguļot lauku putnu indekss un abinieku sugu indekss. Taču šie rādītāji ir atkarīgi ne tikai no augu aizsardzības līdzekļu, bet vispārējā lauksaimniecības radītā sloga videi. Tā kā skrejvaboles agrocenozēs specifiski reaģē uz augu aizsardzības līdzekļu lietošanu, to sugu sabiedrības struktūra, sugu daudzveidība un citi parametri potenciāli varētu būt labāks pesticīdu ilgtspējīgas izmantošanas indikators.

Promocijas darba novitāte. Ne Latvijā, ne citur Eiropā IAA indikatori pagaidām nav izstrādāti. Tāpēc šī pētījuma ietvaros pirmo reizi būs noteikti IAA indikatori kviešu sējumiem.

Promocijas darba hipotēze. Skrejvaboles var būt izmantojamas par IAA indikatoriem kviešu sējumos.

Promocijas darba mērķis. Noteikt kā un cik būtiski uz atšķirīgiem augsnes pamatapstrādes paņēmieniem un atšķirīgām laukaugu maiņas shēmām kviešu sējumos reaģē dažādi ar skrejvabolēm saistīti parametri: sugu sabiedrība, dinamiskais blīvums, sugu daudzveidība.

Augsnes apstrāde un laukaugu maiņa ir vieni no svarīgākajiem IAA elementiem laukkopībā, tāpēc tieši šie agroekoloģiskie faktori tika izraudzīti pētījumam. Kviešu sējumi kā pētījuma vide tika izvēlēti tāpēc, ka Latvijas apstākļos šajās agrocenozēs nav nepieciešamība lietot insekticīdus. Līdz ar to kviešu sējumi ir piemērota vide šim pētījumam, jo tajos iegūtos datus augu aizsardzības līdzekļu lietošana tieši neietekmē.

Promocijas pētījuma uzdevumi:

- 1) aprēķināt skrejvaboļu dominances struktūras un sugu daudzveidību, kā arī noteikt sugu populāciju dinamiskos blīvumus atšķirīgi apsaimniekotajos parauglaukumos;
- 2) noteikt, cik būtiski minētos, ar skrejvabolēm saistītos, parametrus ietekmē atšķirīgie augsnes pamatapstrādes paņēmieni un ziemas kviešu priekšaugi;
- 3) noteikt potenciālos IAA indikatorus kviešu sējumos.

Pierādāmās tēzes:

- 1) atšķirīgi augsnes pamatapstrādes paņēmieni un priekšaugi būtiski ietekmē skrejvaboļu sugu sabiedrību kviešu sējumos;
- 2) atšķirīgi augsnes pamatapstrādes paņēmieni un priekšaugi būtiski ietekmē skrejvaboļu kopējo dinamisko blīvumu, biežāk sastopamo sugu dinamisko blīvumu un sugu ekoloģisko grupu dinamisko blīvumu kviešu sējumos;

- 3) atšķirīgi augsnes pamatapstrādes paņēmieni un priekšaugi būtiski ietekmē skrejvaboļu sugu daudzveidību kviešu sējumos.

Promocijas pētījums veikts divu **projektu ietvaros:**

- 1) Valsts Pētījumu programmas projekta „Vietējo lauksaimniecības resursu ilgtspējīga izmantošana paaugstinātas uzturvērtības pārtikas produktu izstrādei (PĀRTIKA)” 3.1. apakšprojekts „Augsnes kā galvenā resursa ilgtspējīga izmantošana drošu un kvalitatīvu pārtikas un lopbarības izejvielu ieguvei no plašāk audzētajām laukaugu sugām” (2012.–2013. gads).
- 2) Valsts Pētījumu programmas “Lauksaimniecības resursi ilgtspējīgai kvalitatīvas un veselīgas pārtikas ražošanai Latvijā” projekts “Augsnes ilgtspējīga izmantošana un mēslošanas risku mazināšana” (kopš 2014. gada).

Pētījuma rezultātu aprobācija. Par šī pētījuma rezultātiem ir sniegti septiņi ziņojumi starptautiskās zinātniskās konferencēs un trīs ziņojumi Latvijas mēroga zinātniskās konferencēs. Publicēti četri raksti zinātniskos žurnālos, kuri indeksēti *Scopus* vai *Thomson Reuters Web of Science* datubāzēs, divi raksti citos zinātniskos žurnālos un viens raksts populārzinātniskā žurnālā, kā arī astoņas zinātnisku konferenču tēzes.

Pētījuma apstākļi un metodika

Pētījuma vietas un apstākļu apraksts. Pētījums tika veikts 2012.–2014. gadā agronomisko izmēģinājumu stacionārā, kurš atrodas Jelgavas novada Platones pagastā, LLU Mācību un pētījumu saimniecībā (MPS) “Pēterlauki” netālu no Poķu ciemata, 14 kilometrus uz dienvidiem no Jelgavas ($56^{\circ}30'39.38''\text{Z}$; $23^{\circ}41'30.15''\text{A}$). Agronomisko pētījumu stacionārs izveidots 2009. gadā plašiem labas lauksaimniecības prakses pētījumiem Latvijā biežāk izplatītajos laukaugu sējumos. Stacionāru veidoja 24 taisnstūrveida parauglaukumu režģis. Katra parauglaukuma izmēri bija 30 x 85 m, bet platība 0.25 ha. Parauglaukumu režģi ieskāva konvencionāli apstrādāta aramzeme, bet 30 m uz dienvidiem atradās šaura (35 x 510 m) meža josla, kuru veidoja aptuveni 60 gadus vecs lapkoku mežs, kas attīstījies uz agrāk lauksaimniecībā izmantotas zemes. Tuvākās ēkas atradās 120 m uz rietumiem no pētījumā izmantotā parauglaukumu režģa. Parauglaukumi gan savstarpēji, gan no apkārt esošajiem laukiem bija atdalīti ar 2.5 m platām zemes joslām, kuras klāja savvaļas lakstaugu veģetācija. Kopš stacionāra izveidošanas visas aktivitātes, piemēram, augsnes apstrāde, laukaugu sēja, minerālmēslu un pesticīdu lietošana, ražas novākšana utt. veikta atbilstoši konvencionālās lauksaimniecības prakses principiem, izmantojot tradicionālu lauksaimniecības tehniku, kā tas būtu darīts jebkurā, komerciālos nolūkos izmantotā, laukā.

Pētījuma vietā bija virsēji glejota smilšmāla augsne (GLu) ar pH KCl 6.8 un zemu humusa saturu – 20 g kg⁻¹. Visos parauglaukumos ir izmantoti divi atšķirīgi galvenie augsnes apstrādes paņēmieni. Kopš režģa izveidošanas 12 parauglaukumi katru rudenī tika arti, izmantojot vērstuvju arklus. Aršanas dziļums 0.22–0.23 m. Pārējos 12 parauglaukumos augsnes virskārta netika apvērsta. To augsnes apstrādes galvenais paņēmiens bija uzlobīšana 0.10–0.11 m dziļumā, izmantojot disku ecēšas (turpmāk tekstā – diskošana). Pārējās augsnes apstrādes aktivitātes parauglaukumos tika veiktas atbilstoši tradicionālai lauksaimniecības praksei kā jebkurā komerciālā laukā.

Pētījums katru gadu tika veikts sešos artos un sešos diskotos parauglaukumos, kuri bija apsēti ar ziemas kviešiem (šķirne ‘Zentos’) 2012. un 2013. gadā. Savukārt 2014. gadā pētījumā izmantotajos 12 parauglaukumos bija iesēti vasaras kvieši (šķirne ‘Taifun’), jo ziemas kvieši 2013./2014. gada ziemā izsala. Pārējie stacionāra parauglaukumi katru gadu bija apsēti ar citiem laukaugiem. Tādējādi katrā pētījuma gadā veidojās vairākas divu agroekoloģisko faktoru kombinācijas: augsnes pamatapstrādes veids un priekšaugi. Vasaras kvieši, ziemas kvieši un vasaras rapsis bija ziemas kviešu priekšaugi ik divos diskotajos un artajos parauglaukumos 2012. gadā. Līdz ar to šajā veģetācijas sezonā veidojās sešas abu faktoru kombinācijas. Četras abu faktoru kombinācijas bija 2013. gadā, kad četros artajos un četros diskotajos parauglaukumos ziemas kviešu priekšaugi bija vasaras rapsis, bet divos artajos un divos diskotajos parauglaukumos – ziemas kvieši. Piecas abu faktoru kombinācijas bija

izveidojušās 2014. gadā, kad vasaras kviešu parauglaukumos priekšaugi bija ziemas kvieši un vasaras un ziemas rapsis. Šajā pētījumā 2014. gada rezultāti ir analizēti četru kombināciju ietvaros: divi arti un divi diskoti parauglaukumi ar ziemas kviešiem kā priekšaugu, kā arī četri arti un četri diskoti parauglaukumi ar rapsi kā priekšaugu (1. att.).

Pēc ražas novākšanas salmi un citas augu atliekas tika atstātas parauglaukumos kā mēslojums, taču augsnes mēslošanai katru gadu tika izmantoti arī minerālmēsli. Ar kviešiem apsētajos, pētījumā izmantotajos, parauglaukumos katru gadu tika lietoti Latvijā reģistrēti herbicīdi, fungicīdi un augšanas regulatori. Insekticīdi un citi augu aizsardzības līdzekļi dzīvnieku valsts nevēlamo organismu ierobežošanai netika izmantoti. Visi augu aizsardzības līdzekļi tika lietoti nepieciešamības gadījumos, kad to noteica nezāļu un augu slimību monitoringa rezultāti.

Sārtā panāre (*Lamium purpureum*), tūruma veronika (*Veronica arvensis*), ķeraīņu madara (*Galium aparine*) un maura sūrene (*Polygonum aviculare*) bija visbiežāk sastopamās nezāļu sugas visos pētījuma parauglaukumos. Taču diskotajos parauglaukumos, kuros katru gadu kvieši tika sēti pēc kviešiem, arī parastā rudzuzmilga (*Apera spica-venti*) bija viena no dominējošajām nezāļu sugām. Kopējais nezāļu blīvums parauglaukumos tika novērtēts divas reizes katrā pētījuma gadā. Pirmā uzskaitē 2012. un 2013. gadā tika veikta maija pirmajā dekādē, attiecīgi 3. maijā un 10. maijā. Savukārt 2014. gadā pirmā nezāļu uzskaitē veikta maija trešajā dekādē – 22. maijā. Otrā nezāļu uzskaitē 2012. un 2013. gadā veikta jūlija pirmajā dekādē, attiecīgi 9. jūlijā un 8. jūlijā, bet 2014. gadā – jūlija trešajā dekādē, 24. jūlijā. Katrā gadā, aptuveni vienu nedēļu pēc pirmās nezāļu uzskaites, veikta nezāļu ierobežošana, izmantojot herbicīdu. Taču 2014. gadā parauglaukumi tika apsmidzināti ar herbicīdu (glifosātu saturošu) arī pirms vasaras kviešu sējas. 2012. un 2014. gadā nezāļu ķīmiskā ierobežošana bija sekmīga, nezāļu blīvums parauglaukumos ievērojami samazinājās. Taču 2013. gadā pēc herbicīda lietošanas nezāļu blīvums atsevišķos parauglaukumos samazinājās minimāli, bet lielākajā daļā parauglaukumu tas ievērojami pieauga (1. att.).

Katrā pētījuma gadā parauglaukumos tika reģistrēta diennakts vidējā gaisa temperatūra un nokrišņu daudzums, izmantojot Davis Vantage Pro2 meteoroloģisko staciju, kura atradās 100 m attālumā no pētījumu stacionāra. Meteoroloģisko faktoru dinamika aplūkojama 2. attēlā.

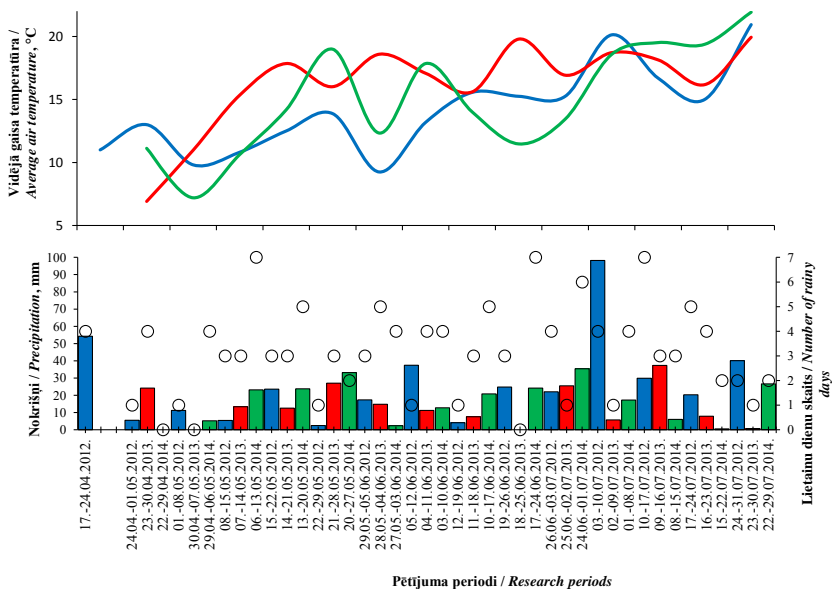
Skrejbaboļu vākšanas, apstrādes un datu analīzes metodes.

Skrejbaboles tika vāktas, izmantojot Bārbera augsnes lamatas – caurspīdīgas plastmasas glāzes, kuras līdz augšmalai ierakts augsnē. Lamatu atvēruma diametrs bija 65 mm, bet tilpums 200 cm³. Katrā parauglaukumā tika uzstādītas 10 lamatas pa parauglaukuma diagonāli novilkta transektē, attālum starp lamatām bija trīs metri. Skrejbaboļu fiksēšanai lamatas līdz pusei bija piepildītas ar 4–5 % etiķskābes šķīdumu, kam pievienoti vairāki pilieni deterģenta. Pirmajos divos pētījuma gados lamatu eksponēšana tika uzsākta

H	P	P	H
Nr. 1 (Spring wheat)* Winter wheat** Winter wheat*** Spring wheat**** W.D. ¹ : 104/35 W.D. ² : 38/137 W.D. ³ : 44/14	Nr. 2 (Spring wheat) Winter wheat Winter wheat Spring wheat W.D.: 48/4 W.D.: 60/66 W.D.: 9/0	Nr. 3 (Spring wheat) Winter wheat Winter rapeseed Spring wheat W.D.: 97/5 W.D.: n/a W.D.: 33/4	Nr. 4 (Spring wheat) Winter wheat Spring rapeseed Spring wheat W.D.: 146/66 W.D.: n/a W.D.: 183/29
Nr. 5 (Spring rapeseed) Winter wheat Spring rapeseed Spring barley W.D.: 177/5 W.D.: n/a W.D.: n/a	Nr. 6 (Spring rapeseed) Winter wheat Winter rapeseed Spring barley W.D.: 33/2 W.D.: n/a W.D.: n/a	Nr. 7 Spring rapeseed Winter wheat Winter rapeseed W.D.: n/a W.D.: 8/8 W.D.: n/a	Nr. 8 Spring rapeseed Winter wheat Winter rapeseed W.D.: n/a W.D.: 33/32 W.D.: n/a
Nr. 9 Spring rapeseed Winter wheat Beans W.D.: n/a W.D.: 3/19 W.D.: n/a	Nr. 10 Spring rapeseed Winter wheat Beans W.D.: n/a W.D.: 7/8 W.D.: n/a	Nr. 11 Winter barley Winter rapeseed Spring wheat W.D.: n/a W.D.: n/a W.D.: 40/3	Nr. 12 Winter barley Spring rapeseed Spring wheat W.D.: n/a W.D.: n/a W.D.: 258/11
Nr. 13 (Winter wheat) Winter wheat Winter wheat Spring wheat W.D.: 114/4 W.D.: 51/80 W.D.: 63/2	Nr. 14 (Winter wheat) Winter wheat Winter wheat Spring wheat W.D.: 40/5 W.D.: 22/12 W.D.: 37/8	Nr. 15 (Winter wheat) Winter wheat Winter rapeseed Spring wheat W.D.: 85/2 W.D.: n/a W.D.: 46/13	Nr. 16 (Winter wheat) Winter wheat Winter rapeseed Spring wheat W.D.: 95/13 W.D.: n/a W.D.: 292/7
Nr. 17 (Spring rapeseed) Winter wheat Winter rapeseed Spring barley W.D.: 159/6 W.D.: n/a W.D.: n/a	Nr. 18 (Spring rapeseed) Winter wheat Winter rapeseed Spring barley W.D.: 41/11 W.D.: n/a W.D.: n/a	Nr. 19 Spring rapeseed Winter wheat Winter rapeseed W.D.: n/a W.D.: 15/14 W.D.: n/a	Nr. 20 Spring rapeseed Winter wheat Winter rapeseed W.D.: n/a W.D.: 40/39 W.D.: n/a
Nr. 21 Spring rapeseed Winter wheat Beans W.D.: n/a W.D.: 9/6 W.D.: n/a	Nr. 22 Spring rapeseed Winter wheat Beans W.D.: n/a W.D.: 19/14 W.D.: n/a	Nr. 23 Winter barley Winter rapeseed Spring wheat W.D.: n/a W.D.: n/a W.D.: 19/0	Nr. 24 Winter barley Winter rapeseed Spring wheat W.D.: n/a W.D.: n/a W.D.: 142/9

1. att. **Pētījumā izmantoto parauglaukumu shēma 2012.–2014. gadā**
 Augsnes pamatapstrādes paņēmieni: H – diskots, P – arts; * – laukaugs 2011. gadā (norādīts parauglaukumiem, kuros 2012. gadā auga ziemas kvieši), ** – laukaugs 2012. gadā, *** – laukaugs 2013. gadā, **** – laukaugs 2014. gadā; W.D.¹ – nezāļu blīvums 2012. gadā (augi m⁻² 3. maijā/9. jūlijā), W.D.² – nezāļu blīvums 2013. gadā (augi m⁻² 10. maijā/8. jūlijā), W.D.³ – nezāļu blīvums 2014. gadā (augi m⁻² 22. maijā/24. jūlijā); nezāļu blīvums norādīts parauglaukumiem, kuri tika izmantoti pētījumā.

Fig. 1. Scheme of sample plots used for the research during 2012 – 2014
 Main soil treatment: H – harrowed, P – ploughed; * – crop in 2011 (showed only in sample plots sown with winter wheat in 2012); ** – crop in 2012, *** – crop in 2013, **** – crop in 2014; W.D.¹ – density of weeds in 2012 (plants m⁻² May 3/July 9), W.D.² – density of weeds in 2013 (plants m⁻² May 10/July 8), density of weeds in 2014 (plants m⁻² May 22/July 24); density of weeds is showed only for sample plots used for the study.



2. att. Meteoroloģiskie faktori parauglaukumos skrejvaboļu pētījumu periodos 2012.–2014. gadā

— gaisa temperatūra 2012. gadā; — gaisa temperatūra 2013. gadā; — gaisa temperatūra 2014. gadā; ■ – nokrišņi 2012. gadā; ■ – nokrišņi 2013. gadā; ■ – nokrišņi 2014. gadā; ○ – lietainu dienu skaits.

Fig. 2. Meteorological conditions in sample plots during research periods of ground beetles in 2012–2014

— air temperature in 2012; — air temperature in 2013; — air temperature in 2014; ■ – precipitation in 2012; ■ – precipitation in 2013; ■ – precipitation in 2014; ○ – number of rainy days).

pavasārī, kad dabā tika novērotas pirmās aktīvās skrejvaboles. Tas notika attiecīgi 2012. gada 17. aprīlī un 2013. gada 23. aprīlī. Trešajā pētījuma gadā (2014. gadā) lamatu eksponēšana tika uzsākta 22. aprīlī jeb trīs dienas pēc izsalušu ziemas kviešu sējumu pārsēšanas ar vasaras kviešiem. Iekritušās vaboles no lamatām tika izņemtas, un lamatas tika papildītas ar svaigu etiķskābes šķīdumu reizi septiņās dienās. Lamatu eksponēšana tika pabeigta attiecīgi 2012. gada 31. jūlijā, 2013. gada 30. jūlijā un 2014. gada 29. jūlijā. Pirmajos divos gados tas bija attiecīgi divas un četras dienas pirms ziemas kviešu nopļaušanas. Savukārt trešajā gadā lamatu eksponēšana tika pārtraukta 25 dienas pirms vasaras kviešu nopļaušanas. Tāds lēmums tika pieņemts tāpēc, ka par šo 25 dienu periodu nebija iespējams iegūt salīdzināmus datus no pirmajiem diviem pētījuma gadiem.

Lamatās iekritušo skrejavaboļu materiāls ir aprīkots ar atbilstošām etiķetēm un tiek uzglabāts 70% etilspirta šķīdumā LLU Lauksaimniecības fakultātes Augsnes un augu zinātņu institūtā Jelgavā, Strazdu ielā 1. Skrejavaboļu sugas tika noteiktas, izmantojot Viduseiropas vaboļu noteicēju. Sugu nosaukumi šajā darbā ir lietoti atbilstoši Latvijas vaboļu sugu sarakstam.

Skrejavaboļu sugu sabiedrības tika analizētas, aprēķinot sugu dominances struktūru atbilstoši H.-D. Engelmana ieteiktajai skalai. Saskaņā ar šo skalu sugas tiek sadalītas piecās grupās atkarībā no to indivīdu īpatsvara sugu sabiedrībā:

- 1) eidominantas sugas (40.0 – 100.0 %);
- 2) dominantas sugas (12.5 – 39.9 %);
- 3) subdominantas sugas (4.0 – 12.4 %);
- 4) recedentas sugas (1.3 – 3.9 %);
- 5) subrecedentas sugas (<1.3 %).

Tika veikts gan summārais, gan fenoloģiskais dominances struktūras aprēķins katrai augsnes pamataprādes paņēmiena un priekšauga kombinācijai katram pētījuma gadam. Lai parauglaukumos ar attiecīgo agroekoloģisko faktoru kombināciju aprēķinātu katras sugas gada summāro īpatsvaru, tika izmantots konkrētās sugas indivīdu skaits un visu skrejavaboļu indivīdu skaits, kas notverti visas pētījumu sezonas laikā visās attiecīgajos parauglaukumos eksponētajās augsnes lamatās. Fenoloģiskajam aprēķinam tika izmantots katras konkrētās sugas indivīdu skaits un visu skrejavaboļu indivīdu skaits, kas notverti visās katras faktoru kombinācijas parauglaukumu lamatās katrā septiņu dienu pētījuma periodā. Gada summārie aprēķini tika veikti, lai analizētu abu agroekoloģisko faktoru ietekmi uz skrejavaboļu sugu sabiedrību, bet fenoloģiskie aprēķini tika veikti, lai noteiktu kviešu sējumos biežāk sastopamās sugas veģetācijas sezonas gaitā. Sugām, kuras sasniedza subdominantu vai augstāku stāvokli vismaz vienā pētījumu periodā vismaz vienā agroekoloģisko faktoru kombinācijā, tika veikta dinamiskā blīvuma atkarības pārbaude no abiem agroekoloģiskajiem faktoriem un to kombinācijām.

Biežāk sastopamo sugu un visu sugu summārā dinamiskā blīvuma atkarība no abiem agroekoloģiskajiem faktoriem tika analizēta, izmantojot vienfaktora dispersijas analīzi. Ja, veicot šo analīzi, tika konstatēts, ka skrejavaboļu dinamisko blīvumu vai novēroto sugu skaitu statistiski būtiski ($p \leq 0.05$) ietekmējis priekšaugš 2012. gada sezonā vai abu faktoru kombinācija jebkurā pētījuma sezonā, tad tika izmantots *Scheffé's post-hoc* tests. Ar to tika noteikts, kura priekšauga vai kuras faktoru kombinācijas radītajos apstākļos pēfītie skrejavaboļu parametri ir bijuši būtiski atšķirīgi. Dispersijas analīze un *post-hoc* tests, ja bija nepieciešams, tika veikts katram pētījuma periodam, iegūstot fenoloģisku faktoru ietekmes ainu uz skrejavaboļu dinamisko blīvumu.

Skrejavaboļu sugu daudzveidība tika noteikta, aprēķinot Simpsona indeksu (D_s):

$$D_s = \sum \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \quad (1)$$

kur:

n_i – i-tās skrejvaboļu sugas indivīdu skaits lamatās;

N – visu skrejvaboļu indivīdu skaits lamatās.

Jo lielāka sugu daudzveidība, jo Simpsona indeksa skaitliskā vērtība ir mazāka. Tāpēc labākas uzskatāmības nolūkos šajā pētījumā tika izmantots reciprokālais Simpsona indekss ($1/D_s$), kura skaitliskā vērtība palielinās, pieaugot sugu daudzveidībai. Šis rādītājs tika noteikts visām 120 pētījumā izmantotajām augsnes lamatām katrā pētījumu sezonā. Indeksa aprēķināšanai tika izmantoti katru lamatu gada summārie dati – katras skrejvaboļu sugas gada summārais indivīdu skaits un visu skrejvaboļu gada summārais indivīdu skaits.

Sakarība starp skrejvaboļu sugu daudzveidību un pētītajiem agroekoloģiskajiem faktoriem tika novērtēta, aprēķinot Spīrmena rangu korelācijas koeficientu (r_s) ar divvirzienu būtiskuma testu. Katrai pētījumu sezonai korelācija tika rēķināta septiņos dažādos variantos 2012. gada sezonai un sešos dažādos variantos pārējām divām sezonām:

- 1) starp sugu daudzveidību un augsnes pamatapstrādes veidu neatkarīgi no priekšauga;
- 2) starp sugu daudzveidību un priekšaugu neatkarīgi no augsnes pamatapstrādes veida;
- 3) starp sugu daudzveidību un priekšaugu diskotā augsnē;
- 4) starp sugu daudzveidību un priekšaugu artā augsnē;
- 5) starp sugu daudzveidību un augsnes pamatapstrādes veidu, ja priekšaugš rapsis;
- 6) starp sugu daudzveidību un augsnes pamatapstrādes veidu, ja priekšaugš ziemas kvieši;
- 7) starp sugu daudzveidību un augsnes pamatapstrādes veidu, ja priekšaugš vasaras kvieši (tikai 2012. gada sezonai).

Korelācijas stiprums tika noteikts pēc šādas skalas:

$|r_s| = 0.00-0.19$ – ļoti vāja korelācija;

$|r_s| = 0.20-0.39$ – vāja korelācija;

$|r_s| = 0.40-0.59$ – vidēji stipra korelācija;

$|r_s| = 0.60-0.79$ – stipra korelācija;

$|r_s| = 0.80-1.00$ – ļoti stipra korelācija.

Visi statistiskie aprēķini tika veikti, izmantojot programmu SPSS 22.0. Ar vienām lamatām iegūtie rādītāji (vaboļu dinamiskais blīvums, reciprokālais Simpsona indekss) tika izmantoti kā viens atkārtojums.

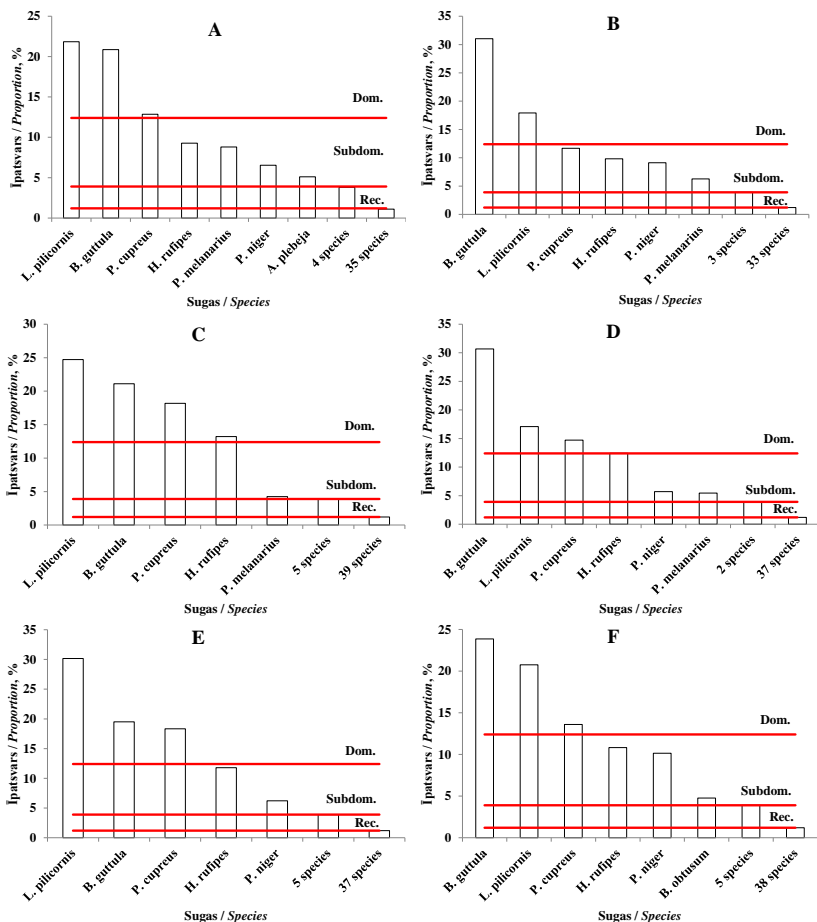
Rezultāti

Skrejvaboļu sugu sabiedrības atšķirīgi apsaimniekotos kviešu sējumos. Visos trīs pētījuma gados, kopā skaitot, parauglaukumos konstatēti 113 946 skrejvaboļu indivīdi no 75 sugām. Novēroto indivīdu skaits svārstījies pa pētījuma sezonām. Pirmajā sezonā lamatās tika notvertas 25 369 skrejvaboles, otrajā sezonā – 60 024 skrejvaboles, bet trešajā sezonā – 28 563 skrejvaboles. Daļa sugu parauglaukumos bija sastopamas tikai vienā vai divos pētījuma gados. Līdz ar to 2012. gadā novērotas 66 sugas, 2013. gadā – 57 sugas un 2014. gadā – 45 sugas.

Gada summārās biežāk sastopamo jeb dominējošo skrejvaboļu sugu sabiedrības visās pētījuma sezonās lielākoties veidoja vienas un tās pašas sugas. Taču bija novērojamas šo sabiedrību atšķirības gan starp dažādi apsaimniekotajiem parauglaukumiem vienas pētījuma sezonas ietvaros, gan arī starp dažādām pētījuma sezonām. 2012. gada sezonā nevienā no parauglaukumiem netika novērotas eidominantas sugas. Divas sugas – *Loricera pilicornis* un *Bembidion guttula* – bija visdominējošākās sugas visos parauglaukumos. Neatkarīgi no priekšauga *L. pilicornis* bija visbiežāk sastopamā suga diskotajos parauglaukumos, bet *B. guttula* – artajos parauglaukumos. Vēl sešas sugas – *Bembidion obtusum*, *Poecilus cupreus*, *Harpalus rufipes*, *Pterostichus melanarius*, *Pterostichus niger* un *Amara plebeja* – sasniedza vismaz subdominantu stāvokli parauglaukumos ar vismaz vienu augsnes pamatapstrādes paņēmiena un priekšauga kombināciju (3. att.).

2013. gada sezonā biežāk sastopamo skrejvaboļu sugu sabiedrības parauglaukumos veidoja gandrīz visas tās pašas sugas, kuras 2012. gadā, taču dominances struktūra bija būtiski atšķirīga. Piecas sugas – *H. rufipes*, *P. niger*, *P. melanarius*, *P. cupreus* un *B. guttula* – sasniedza vismaz subdominantu īpatsvaru visos parauglaukumos, bet *L. pilicornis* bija subdominanta visos parauglaukumos, izņemot tos, kuriem bija arta augsne un ziemas kvieši priekšaugi (4. att.). *H. rufipes* ievērojami dominēja pār citām sugām visos parauglaukumos, bet visizteiktāt tas bija vērojams jau minētajos parauglaukumos ar artu augsni un ziemas kviešiem kā priekšaugu, kur *H. rufipes* sasniedza eidominantu stāvokli. Salīdzinot ar 2012. gada sezonu, īpatsvars ievērojami bija pieaudzis arī abām *Pterostichus* sugām, kā arī *P. cupreus*. Turpretī *B. guttula* un *L. pilicornis* īpatsvars bija ievērojami samazinājies. Abas sugas spēja sasniegt maksimums subdominantu stāvokli. Savukārt *A. plebeja* un *B. obtusum* 2013. gada sezonā nevienā parauglaukumā nesasniedza pat subdominantu līmeni, lai arī to dinamiskais blīvums bija salīdzinoši liels.

2014. gada sezonā tikai piecas skrejvaboļu sugas – *P. melanarius*, *P. niger*, *H. rufipes*, *P. cupreus* un *B. guttula* sasniedza vismaz subdominantu līmeni parauglaukumos ar vismaz vienu priekšauga un augsnes pamatapstrādes veida kombināciju. Dominances struktūra parauglaukumos ar diskotu augsni un

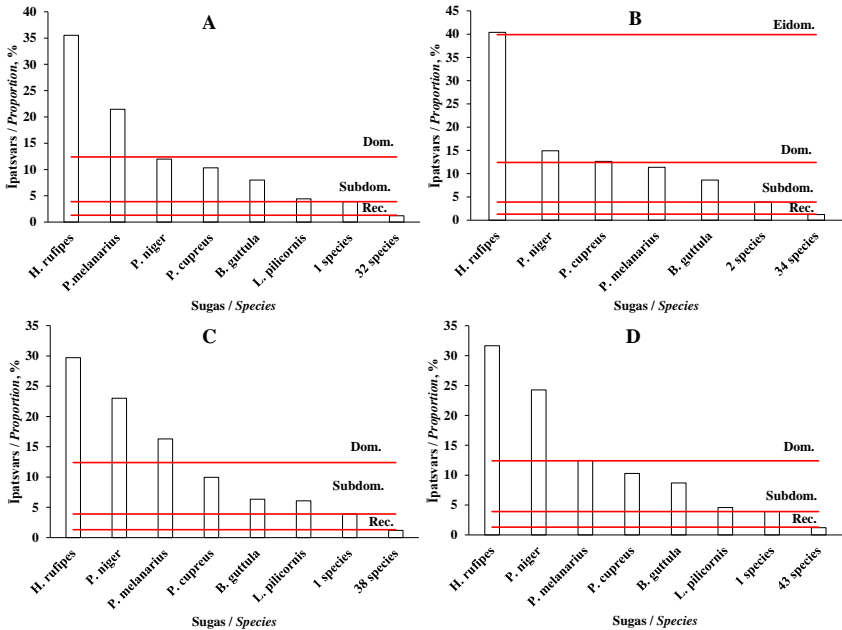


3. att. Skrejvaboļu sugu dominances struktūras ziemas kviešu parauglaukumos ar atšķirīgiem augsnes pamatapstrādes paņēmieniem un priekšaugiem 2012. gadā

A – diskota augsnes, vasaras kvieši priekšaugis; B – arta augsnes, vasaras kvieši priekšaugis; C – diskota augsnes, ziemas kvieši priekšaugis; D – arta augsnes, ziemas kvieši priekšaugis; E – diskota augsnes, rapsis priekšaugis; F – arta augsnes, rapsis priekšaugis; Dom. – dominantas sugas, Subdom. – subdominantas sugas, Rec. – recedentas sugas.

Fig. 3. Dominance structure of ground beetles in differently tilled and pre-cropped winter wheat sample plots in 2012

A – harrowed soil, spring wheat as pre-crop; B – ploughed soil, spring wheat as pre-crop; C – harrowed soil, winter wheat as pre-crop; D – ploughed soil, winter wheat as pre-crop; E – harrowed soil, rapeseed as pre-crop; F – ploughed soil, rapeseed as pre-crop; Dom. – dominant species; Subdom. – subdominant species, rec. – recedent species.



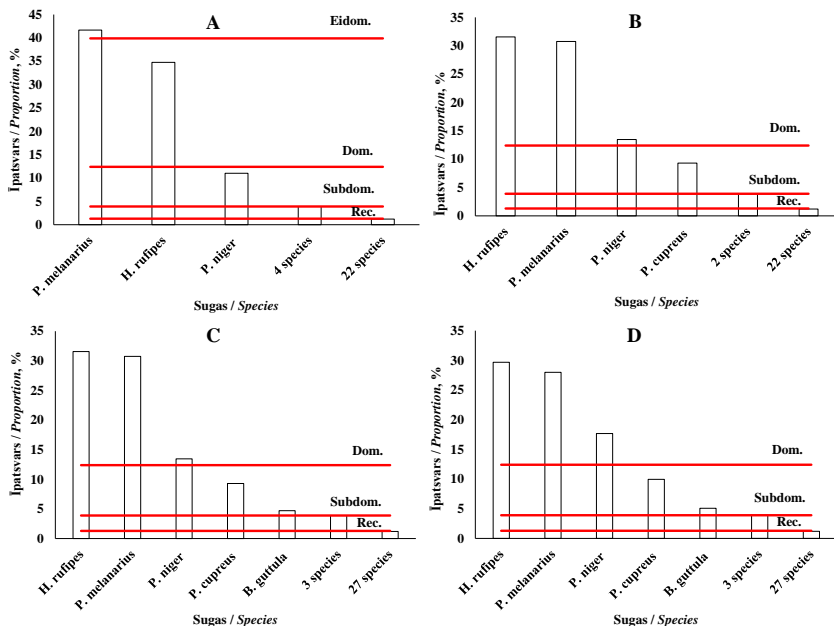
4. att. Skrejbaboļu sugu dominances struktūras ziemas kviešu parauglaukumos ar atšķirīgiem augsnes pamatapstrādes paņēmieniem un priekšaugiem 2013. gadā A – diskota augsnes, ziemas kvieši priekšaugi; B – arta augsnes, ziemas kvieši priekšaugi; C – diskota augsnes, rapsis priekšaugi; D – arta augsnes, rapsis priekšaugi; Eidom. – eidominantas sugas, Dom. – dominantas sugas, Subdom. – subdominantas sugas, Rec. – recedentas sugas.

Fig. 4. Dominance structure of ground beetles in differently tilled and pre-cropped winter wheat sample plots in 2013

A – harrowed soil, winter wheat as pre-crop; B – ploughed soil, winter wheat as pre-crop; C – harrowed soil, rapeseed as pre-crop; D – ploughed soil, rapeseed as pre-crop; Eidom. – Eidominant species; Dom. – dominant species; Subdom. – subdominant species, rec. – recedent species.

ziemās kviešiem kā priekšaugu no dominances struktūrām pārējos parauglaukumos atšķīrās viskrasāk. Šajos parauglaukumos *P. melanarius* bija eidominanta suga, *H. rufipes* – dominanta suga, bet *P. niger* – subdominanta suga. Pārējo sugu īpatsvari šajos parauglaukumos atbilda recedentam vai subrecedentam statusam. Pārējos parauglaukumos trīs minētās sugas sasniedza dominantu stāvokli, bet *P. cupreus* bija subdominanta. Savukārt *B. guttula* sasniedza subdominantu līmeni tikai parauglaukumos, kuros priekšaugi bija rapsis neatkarīgi no augsnes pamatapstrādes paņēmiena (5. att.).

Skrejbaboļu dinamiskais blīvums un līdz ar to arī to indivīdu īpatsvars sugu sabiedrībā var būtiski svārstīties starp dažādiem gadiem. To tieši un



5. att. Skrejbaboļu sugu dominances struktūras vasaras kviešu parauglaukumos ar atšķirīgiem augsnes pamatapstrādes paņēmieniem un priekšaugiem 2014. gadā
 A – diskota augsnes, ziemas kvieši priekšaugis; B – arta augsnes, ziemas kvieši priekšaugis; C – diskota augsnes, rapsis priekšaugis; D – arta augsnes, rapsis priekšaugis; Eidom. – eudominantas sugas, Dom. – dominantas sugas, Subdom. – subdominantas sugas, Rec. – recedentas sugas.

Fig. 5. Dominance structure of ground beetles in differently tilled and pre-cropped spring wheat sample plots in 2014

A – harrowed soil, winter wheat as pre-crop; B – ploughed soil, winter wheat as pre-crop; C – harrowed soil, rapeseed as pre-crop; D – ploughed soil, rapeseed as pre-crop; Eidom. – Eudominant species; Dom. – dominant species; Subdom. – subdominant species, rec. – recedent species.

netieši ietekmē meteoroloģiskie apstākļi. 2012. gada sezona, salīdzinot ar pārējām divām, bija vēsāka un lietaināka. Ja ir daudz nokrišņu, tad agrocenozē var būt vairāk sastopamas higrofilas skrejbaboļu sugas, piemēram, *B. guttula*. Nokrišņi arī veicina lielāku kolembolu (*Collembola*) blīvumu augsnes virskārtā, bet kolembolas ir *L. pilicornis* galvenā barības bāze. Gaisa temperatūra var ietekmēt skrejbaboļu vairošanās ciklus. Lielāks *P. niger* un *P. melanarius* populācijas blīvums ir novērojams pēc salīdzinoši vēsākām vasarām.

Vairāku skrejbaboļu sugu īpatsvaru ietekmēja pētie agroekoloģiskie faktori. *L. pilicornis* īpatsvars pirmajās divās sezonās bija redzami lielāks diskotā

augsnē. *P. niger* ievērojami biežāk bija sastopama parauglaukumos, kur tiek veikta laukaugu maiņa, savukārt *P. melanarius* īpatsvaram bija tendence būt lielākam parauglaukumos bez augu maiņas. Pirmajā pētījuma sezonā *B. guttula* deva priekšroku artai augsnei, bet *A. plebeja* – diskotai augsnei kombinācijā ar priekšaugu vasaras kvieši, bet citos parauglaukumos bija novēroti atsevišķi šīs sugas indivīdi. Lielais *A. plebeja* īpatsvars veidojās parauglaukumos, kuros arī pēc herbicīdu smidzināšanas saglabājās salīdzinoši blīva nezāļu veģetācija. Arī 2013. gadā liels šīs sugas indivīdu daudzums bija novērojams parauglaukumos, kuru apsaimniekošanas režīms (diskota augsne, ziemas kvieši priekšaug) veicināja ievērojami blīvāku nezāļu veģetāciju, taču citu sugu krasais dinamiskā blīvuma pieaugums neļāva *A. plebeja* sasniegt vismaz subdominantu līmeni sugu sabiedrībā.

Var secināt, ka augsnes pamatapstrādes paņēmieni un priekšaugi ietekmē skrejvaboļu sugu sabiedrību kviešu sējumos. Tāpēc tai ir potenciāls būt par IAA indikatoru, taču tam vēl ir nepieciešami papildus pētījumi, jo arī citi vides faktori, piemēram, meteoroloģiskie apstākļi var atstāt būtisku ietekmi uz dominējošo sugu īpatsvaru.

Skrejvaboļu dinamiskā blīvuma atkarība no priekšauga un augsnes pamatapstrādes paņēmiena fenoloģiskā griezumā. Pētījumā no visa novēroto skrejvaboļu sugu kopskaita tika izdalītas biežāk sastopamās sugas, kuru indivīdu īpatsvars vismaz vienā septiņu dienu pētījuma periodā sasniedza subdominantu vai augstāku līmeni parauglaukumos ar vismaz vienu augsnes pamatapstrādes un priekšauga kombināciju. Pavisam trīs gadu laikā šādiem kritērijiem atbilda 25 sugas (1. tab.). Desmit skrejvaboļu sugu – *Notiophilus aestuans*, *N. germinyi*, *Bembidion quadrimaculatum*, *Acupalpus meridianus*, *Platynus assimilis*, *Poecilus versicolor*, *Amara familiaris*, *A. ovata*, *A. similata* un *A. apricaria* – dinamiskos blīvumus neietekmēja neviens no abiem pētītajiem agroekoloģiskajiem faktoriem. No šīm sugām tikai *A. meridianus* atbilda biežāk sastopamo sugu kritērijiem visās trīs pētījuma sezonās, bet pārējās sugas šiem kritērijiem atbilda tikai vienā sezonā.

Divu sugu – *B. guttula* un *P. niger* dinamiskais blīvums salīdzinoši konsekventi reaģēja uz agroekoloģiskajiem faktoriem visās trīs sezonās. Tāpēc šīs sugas ir ieteicams izmantot par IAA indikatoriem kviešu sējumos. Abām sugām ir nepieciešami vidēji mitri vides apstākļi, tāpēc to dinamiskais blīvums būtiski lielāks ir bijis parauglaukumos, kuru apsaimniekošanas režīms veicina blīvāku kviešu veģetāciju.

B. guttula dinamisko blīvumu pozitīvi ir ietekmējusi gan augsnes aršana, gan priekšaugu rapsis. Izņēmums bija 2014. gada sezonas sākums, kad vairāk šīs sugas indivīdu tika novēroti diskotajos parauglaukumos, jo tajos pēc vasaras kviešu iesēšanas attīstījās būtiski blīvāka nezāļu veģetācija. Taču tās pašas sezonas otrajā daļā lielāks *B. guttula* dinamiskais blīvums atkal bija novērojams artajos parauglaukumos (6. att.). Līdz ar to *B. guttula* dinamiskais blīvums ir izmantojams kā IAA pozitīvais indikators gan ziemas, gan vasaras kviešu

sējumos. Piemērotākais sezonas periods, kad veikt šīs sugas novērojumus, ir jūlijs.

P. niger dinamisko blīvumu lielākoties ir ietekmējis priekšaugšs. Šī suga ir centusies izvairīties no parauglaukumiem, kuros nav veikta augu maiņa. Pirmajā pētījuma sezonā novērota arī augsnes aršanas pozitīva ietekme uz *P. niger* dinamisko blīvumu (7. att.). Tāpēc arī šī suga izmantojama par IAA pozitīvo indikatoru gan ziemas, gan vasaras kviešu sējumos. Piemērotākais sezonas periods, kad veikt *P. niger* novērojumus, ir jūlijs.

1. tabula

Biežāk sastopamās skrejvaboļu sugas, tās ietekmējušie agroekoloģiskie faktori un to izmantojamība par IAA indikatoriem

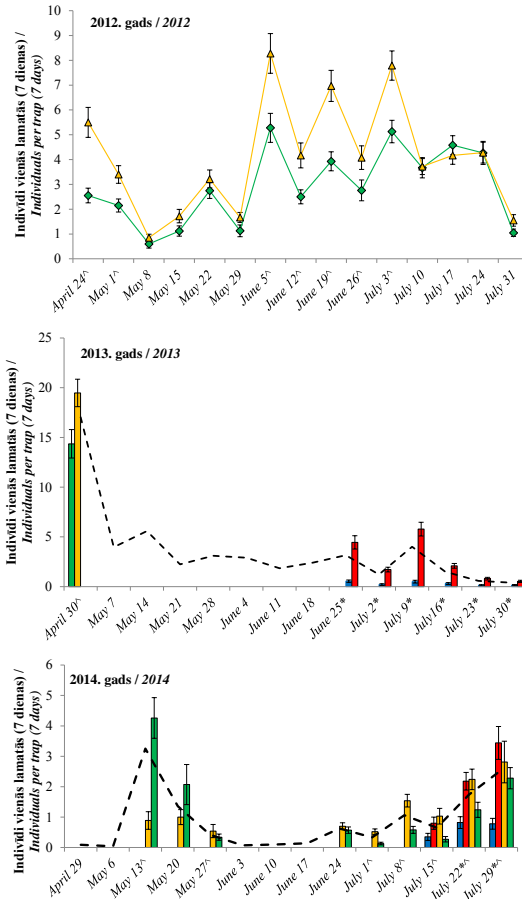
Table 1

The most frequent ground beetle species, agro-ecological factors significantly affecting their frequency and availability to use them as indicators of IPM

Suga / Species	Ietekmējušais faktors(i) 2012./2013./2014. gadā / Affecting factor(s) in 2012/2013/2014	Izmantojamība par IAA indikatoru / Availability as indicator of IPM
<i>Nebria brevicollis</i>	P/P/-	Izmantojama / Available
<i>Notiophilus aestuans</i>	-/-/-	Nav izmantojama / Not available
<i>Notiophilus germinyi</i>	-/-/-	Nav izmantojama / Not available
<i>Loricera pilicornis</i>	T/T,P/T	Nav izmantojama / Not available
<i>Carabus cancellatus</i>	-/P/-	Iespējami izmantojama / Possibly available
<i>Bembidion quadrimaculatum</i>	-/-/-	Nav izmantojama / Not available
<i>Bembidion lampros</i>	-/P/-	Nav izmantojama / Not available
<i>Bembidion properans</i>	T/T/T	Iespējami izmantojama / Possibly available
<i>Bembidion guttula</i>	T/T,P/T,P	Izmantojama / Available
<i>Bembidion obtusum</i>	T/P/-	Iespējami izmantojama / Possibly available
<i>Trechus quadristriatus</i>	T,P/T,P/-	Iespējami izmantojama / Possibly available
<i>Harpalus affinis</i>	-/P/P	Iespējami izmantojama / Possibly available
<i>Harpalus rufipes</i>	-/P/P	Nav izmantojama / Not available
<i>Acupalpus meridianus</i>	-/-/-	Nav izmantojama / Not available
<i>Platynus assimilis</i>	-/-/-	Nav izmantojama / Not available
<i>Anchomenus dorsalis</i>	-/P/-	Iespējami izmantojama / Possibly available
<i>Poecilus cupreus</i>	T/P/T,P	Nav izmantojama / Not available
<i>Poecilus versicolor</i>	-/-/-	Nav izmantojama / Not available
<i>Pterostichus melanarius</i>	P/T,P/T,P	Iespējami izmantojama / Possibly available
<i>Pterostichus niger</i>	T,P/P/P	Izmantojama / Available
<i>Amara familiaris</i>	-/-/-	Nav izmantojama / Not available
<i>Amara ovata</i>	-/-/-	Nav izmantojama / Not available
<i>Amara similata</i>	-/-/-	Nav izmantojama / Not available
<i>Amara apricaria</i>	-/-/-	Nav izmantojama / Not available
<i>Amara plebeja</i>	T,P/T,P/-	Izmantojama / Available

T – augsnes pamatapstrādes paņēmieni, P – priekšaugšs.

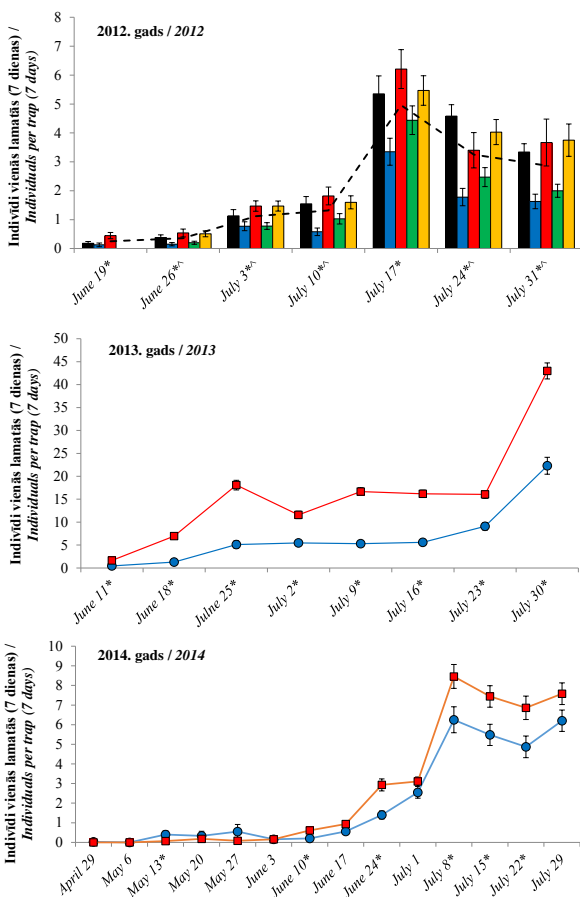
T – main soil treatment; P – pre-crop.



6. att. Vidējais *Bembidion guttula* dinamiskais blīvums kviešu parauglaukumos ar atšķirīgu augsnes pamatapstrādes paņēmieni 2012. gadā un atšķirīgu augsnes pamatapstrādes paņēmieni un dažādiem priekšaugiem 2013. un 2014. gadā
 - - - vidējais dinamiskais blīvums; priekšaugi: ■ – ziemas kvieši, ■ – rapšis; augsnes pamatapstrāde: ■ un ◆ – diskošana, ■ un ▲ – aršana; * – statistiski būtiska priekšauga ietekme, ^ – statistiski būtiska augsnes pamatapstrādes paņēmiena ietekme ($p \leq 0.05$).

Fig. 6. Mean activity density of *Bembidion guttula* in wheat sample plots with different main soil treatment in 2012 and in sample plots with different main soil treatment and pre-crops in 2013 and 2014

- - - - mean activity density; pre-crops: ■ – winter wheat, ■ – rapeseed; main soil treatment: ■ and ◆ – harrowing, ■ and ▲ – ploughing; * – statistically significant effect of pre-crop, ^ – statistically significant effect of main soil treatment ($p \leq 0.05$).



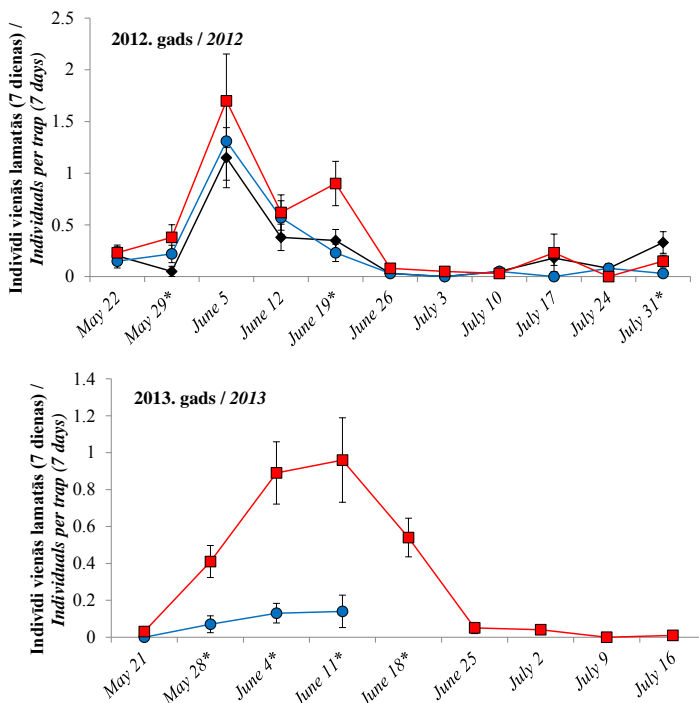
7. att. Vidējais *Pterostichus niger* dinamiskais blīvums kviešu parauglaukumos ar dažādiem priekšaugiem un atšķirīgiem augsnes pamatapstrādes paņēmieniem 2012. gadā un atšķirīgiem priekšaugiem 2013. un 2014. gadā

--- vidējais dinamiskais blīvums; priekšaugi: ■ – vasaras kvieši, ■ un ● – ziemas kvieši, ■ un ■ – rapsis; augsnes pamatapstrāde: ■ – diskošana, ■ – aršana; * – statistiski būtiska priekšauga ietekme, ^ – statistiski būtiska augsnes pamatapstrādes paņēmiena ietekme ($p \leq 0.05$).

Fig. 7. Mean activity density of *Pterostichus niger* in wheat sample plots with different main soil treatment and pre-crops in 2012 and in sample plots with different pre-crops in 2013 and 2014

--- mean activity density; pre-crops: ■ – spring wheat, ■ and ● – winter wheat, ■ and ■ – rapeseed; main soil treatment: ■ – harrowing, ■ – ploughing; * – statistically significant effect of pre-crop, ^ – statistically significant effect of main soil treatment ($p \leq 0.05$).

Vēl divu sugu – *Nebria brevicollis* un *A. plebeja* – dinamiskos blīvumus var izmantot par IAA indikatoriem ziemas kviešu sējumos. *N. brevicollis* dinamiskais blīvums pozitīvi reaģēja uz augu maiņu. Pirmajās divās pētījuma sezonās būtiski vairāk šīs sugas indivīdu tika novēroti parauglaukumos ar priekšaugu rapsi (8. att.). Trešajā sezonā, kad parauglaukumos bija iesēti vasaras kvieši, tajos tika novēroti tikai atsevišķi *N. brevicollis* indivīdi. Arī citviet Eiropā veiktos pētījumos ir konstatēts, ka šī suga gandrīz nemaz neapdzīvo vasarājus, jo, iespējams, to sējas laikā iet bojā *N. brevicollis* kāpuri, kuri ziemo uz lauka. Līdz ar to *N. brevicollis* ir izmantojama par pozitīvo IAA indikatoru ziemas kviešu sējumos. Piemērotākais audzēšanas sezonas periods, kad veikt sugas novērojumus, ir jūnijs.

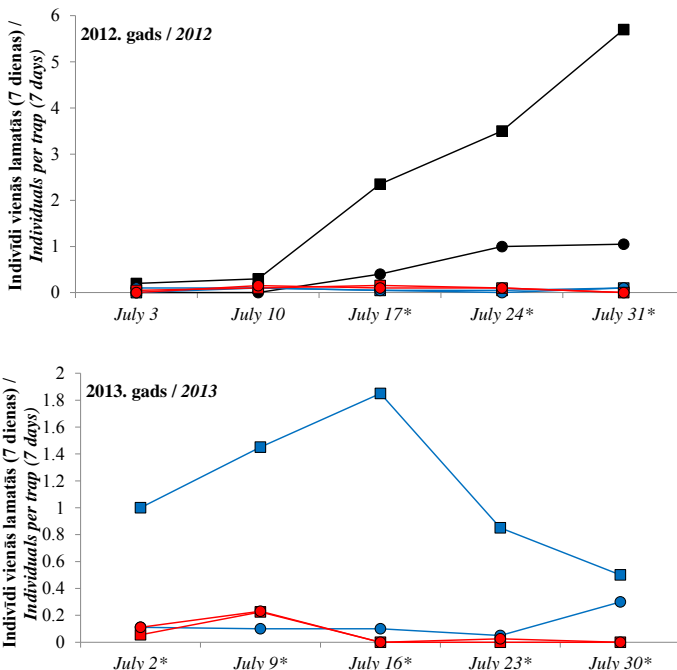


8. att. Vidējais *Nebria brevicollis* dinamiskais blīvums ziemas kviešu parauglaukumos ar dažādiem priekšaugiem 2012. un 2013. gadā
Priekšaugi: ◆ – vasaras kvieši, ● – ziemas kvieši, ■ – rapsis; * – statistiski būtiska priekšauga ietekme, ($p \leq 0.05$).

Fig 8. Mean activity density of *Nebria brevicollis* in winter wheat sample plots with different pre-crops in 2012 and 2013
Pre-crops: ◆ – spring wheat, ● – winter wheat, ■ – rapeseed; * – statistically significant effect of pre-crop ($p \leq 0.05$).

A. plebeja būtiski reaģēja uz abu faktoru kombināciju. 2012. gadā būtiski lielāks tās dinamiskais blīvums bija diskutajos parauglaukumos ar vasaras kviešiem kā priekšaugu, bet 2013. gadā – diskutajos parauglaukumos ar ziemas kviešiem kā priekšaugu (9. att.). Abos pirmajos pētījuma gados šī suga deva priekšroku parauglaukumiem, kuru apsaimniekošanas režīms neatbilda IAA principiem un bija ļāvis attīstīties salīdzinoši blīvai daudzgadīgu nezāļu veģetācijai. Trešajā pētījuma gadā šīs nezāles tika iznīcinātas, izmantojot glifosātu saturošu herbicīdu, tāpēc arī *A. plebeja* parauglaukumos bija pārstāvēta ar atsevišķiem indivīdiem. Šī suga ir izmantojama kā IAA negatīvais indikators ziemas kviešu sējumos. Piemērotākais audzēšanas sezonas periods, kad veikt novērojumus, ir jūlijs.

Vēl septiņu sugu – *Anchomenus dorsalis*, *Bembidion properans*, *B. obtusum*, *Carabus cancellatus*, *Harpalus affinis*, *P. melanarius* un *Trechus quadristriatus* – dinamiskais blīvums būtiski reaģēja uz pētītajiem agroekoloģiskajiem faktoriem. Taču atsevišķos gadījumos reakcija nebija pilnībā izskaidrojama ar līdzšinējām zināšanām par šo sugu ekoloģiju. Tāpēc pagaidām šīs sugas var uzskatīt par potenciāliem IAA indikatoriem, par kuriem vēl nepieciešami papildus pētījumi. Gan *A. dorsalis*, gan *C. cancellatus* varētu būt pozitīvi augu maiņas indikatori, jo to dinamiskais blīvums bija būtiski lielāks parauglaukumos ar rapsi kā priekšaugu. Taču šāda sakarība tika novērota tikai otrajā pētījuma sezonā. Visticamāk, ka abas šīs sugas būtiski ietekmē vēl citi ekoloģiskie faktori, par kuriem pagaidām ir maz zināšanu. *B. properans* varētu būt piemērots negatīvais IAA indikators, ņemot vērā šīs sugas prasības pret vidi un vadoties pēc pētījuma otrās un trešās sezonas rezultātiem, kad šīs sugas dinamiskais blīvums bija būtiski lielāks diskutā augsnē. Taču pētījuma pirmajā sezonā šīs sugas atkarība no augsnes pamatapstrādes paņēmiena nebija tik skaidri izteikta, un tai bija pretēja tendence – lielāks dinamiskais blīvums arī augsnē. Iespējams, ka par IAA pozitīvo indikatoru ir izmantojama *B. obtusum*. Pirmajos divos pētījuma gados tika noskaidrots, ka šīs sugas dinamisko blīvumu būtiski var ietekmēt gan augsnes pamatapstrādes paņēmieni, gan priekšaugi. Šī suga deva priekšroku parauglaukumiem ar artu augsni un/vai priekšaugu rapsi. Taču pētījuma trešajā gadā parauglaukumos tika novērots salīdzinoši neliels *B. obtusum* indivīdu skaits. Šī parādība pagaidām nav izskaidrojama, jo pētījuma parauglaukumi ir pirmā Baltijas valstu reģionā zināmā atradne, kur *B. obtusum* ir viena no dominējošām sugām kviešu agrocenozē. Arī Latvijas kaimiņvalstīs šī suga ir reti sastopama, bet par vasarāju sēšanas ietekmi uz tās dinamisko blīvumu dati nav pieejami. Līdz ar to nav iespējams pateikt, vai *B. obtusum* nelielais indivīdu blīvums vasaras kviešu cenozē ir saistīts ar vasarājiem specifiskiem agrotehniskajiem apstākļiem, vai arī tam ir kāds cits iemesls, kas šo sugu varētu ietekmēt arī ziemas kviešu sējumos. Otrās un trešās pētījuma sezonas rezultāti parādīja, ka *H. affinis* varētu būt negatīvais IAA indikators, jo šī suga acīmredzami deva priekšroku parauglaukumiem, kuros netiek veikta augu maiņa. Taču pirmajā sezonā



9. att. Vidējais *Amara plebeja* dinamiskais blīvums ziemas kviešu parauglaukumos ar dažādām priekšaugu un augsnes pamatapstrādes paņēmieni kombinācijām 2012. un 2013. gadā

Faktoru kombinācijas: —■— — diskota augsne, vasaras kvieši priekšaugi, —●— — arta augsne, vasaras kvieši priekšaugi, —□— — diskota augsne, ziemas kvieši priekšaugi, —●— — arta augsne, ziemas kvieši priekšaugi, —■— — diskota augsne, rapšis priekšaugi, —●— — arta augsne, rapšis priekšaugi; * — statistiski būtiska faktoru kombinācijas ietekme ($p \leq 0.05$).

Fig. 9. Mean activity density of *Amara plebeja* in winter wheat sample plots with different combinations of main soil treatment and pre-crop in 2012 and 2013
 Combinations of factors: —■— — harrowed soil, spring wheat as pre-crop, —●— — ploughed soil, spring wheat as pre-crop, —□— — harrowed soil, winter wheat as pre-crop, —●— — ploughed soil, winter wheat as pre-crop, —■— — harrowed soil, rapeseed as pre-crop, —●— — ploughed soil, rapeseed as pre-crop; * — statistically significant effect of combination of factors ($p \leq 0.05$).

statistiski būtiskas dinamiskā blīvuma atšķirības starp parauglaukumiem ar dažādiem priekšaugiem netika konstatētas, lai arī *H. affinis* dinamiskais blīvums bija pietiekami liels. Iespējams, ka šo parādību var izskaidrot ar pirmās sezonas salīdzinoši vēso un lietaino laiku, bet pagaidām tas ir tikai pieņēmums. Potenciāli

par IAA negatīvo indikatoru ir izmantojama arī *P. melanarius*. Divās pētījuma sezonās šī suga deva priekšroku parauglaukumiem bez augu maiņas un ar diskotu augsni. Taču vienā sezonā tās dinamiskais blīvums bija būtiski lielāks parauglaukumos ar rapsi kā priekšaugu. *T. quadristriatus* ir potenciāls pozitīvais IAA indikators. Pirmajās divās sezonās šīs sugas dinamiskais blīvums bija būtiski lielāks parauglaukumos ar artu augsni un rapsi kā priekšaugu. Taču trešajā sezonā šī suga parauglaukumos gandrīz nemaz nebija sastopama, un šis faktors nav izskaidrojams ar līdzšinējām zināšanām par sugas ekoloģiju. Līdz ar to pagaidām nav pilnīgas pārliecības par to, ka augsnes pamatapstrādes paņēmieni un priekšaugi ir vienīgie ekoloģiskie faktori, kuri varētu būtiski ietekmēt *T. quadristriatus* kviešu sējumos.

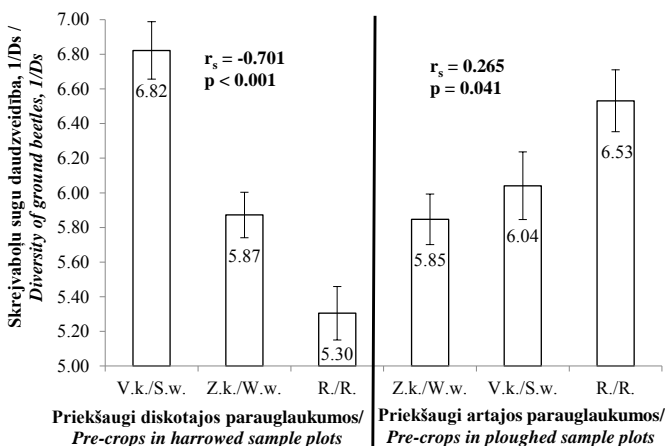
Četras skrejvaboļu sugas, kuru dinamiskais blīvums būtiski reaģēja uz pētītajiem agroekoloģiskajiem faktoriem, nevar izmantot par IAA indikatoriem. Tās ir *Bembidion lampros*, *H. rufipes*, *L. pilicornis* un *P. cupreus*. *B. lampros* dinamiskais blīvums uz pētītajiem faktoriem būtiski reaģēja tikai otrajā pētījuma sezonā. Taču tad šī suga deva priekšroku parauglaukumiem ar rapsi kā priekšaugu, kas ir pretrunā ar līdzšinējām zināšanām par šīs sugas ekoloģiju. *H. rufipes* uz pētītajiem agroekoloģiskajiem faktoriem vai nu nereaģēja, vai arī šī reakcija bija pretrunīga vienas sezonas ietvaros – sezonas sākumā lielāks dinamiskais blīvums bija parauglaukumos ar vienu priekšaugu, turpinājumā – ar citu priekšaugu, bet beigās – atkal ar pirmo priekšaugu. Līdz ar to var secināt, ka augsnes pamatapstrādes paņēmieni un augu maiņa visticamāk nav limitējošie šīs sugas ietekmējošie faktori kviešu sējumos. *L. pilicornis* dinamiskais blīvums pirmajās divās sezonās bija būtiski lielāks diskotā augsnē, salīdzinot ar artu augsni, bet trešajā sezonā tika novērota pretēja sakarība. Turklāt otrajā pētījuma sezonā šīs sugas dinamisko blīvumu pozitīvi ietekmēja rapsis kā priekšaugšs. Tas nozīmē, ka vienas sezonas gaitā suga pozitīvi reaģē uz augsnes pamatapstrādes paņēmieni, kurš nav uzskatāms par labu IAA praksi, un uz augu maiņu, kas ir uzskatāma par labu IAA praksi. Līdzīga situācija tika novērota ar *P. cupreus* dinamisko blīvumu, kuru pozitīvi ietekmēja rapsis kā priekšaugšs un diskota augsne.

Par IAA indikatoriem nav izmantojams skrejvaboļu kopējais dinamiskais blīvums, jo tas uz augsnes pamatapstrādes paņēmieniem un priekšaugiem reaģēja neviennozīmīgi. Pirmās sezonas gaitā atsevišķos pētījuma periodos tika konstatēta priekšauga būtiska ietekme uz skrejvaboļu kopējo dinamisko blīvumu, taču ne visos šajos periodos viens un tas pats priekšaugšs veicināja lielāko skrejvaboļu aktivitāti. Otrā sezona bija vienīgā, kad visā tās laikā rapsis kā priekšaugšs veicināja būtiski lielāku skrejvaboļu kopējo dinamisko blīvumu, nekā ziemas kvieši kā priekšaugšs. Trešajā sezonā būtisku ietekmi radīja augsnes pamatapstrādes paņēmieni, bet priekšaugi summāro dinamisko blīvumu neietekmēja. Ņemot vērā rezultātus par atsevišķu biežāk sastopamo sugu dinamiskā blīvuma atkarību no agroekoloģiskajiem faktoriem, jāsecina, ka summārā dinamiskā blīvuma konsekventa reakcija uz kādu no faktoriem drīzāk

ir uzskatāma par nejaušību. Kopējais dinamiskais blīvums uz faktoru reaģēs tāpat, kā reaģēs dominējošās sugas ar nosacījumu, ka dominējošās sugas uz faktoriem reaģē vienādi. Šī paša iemesla dēļ par IAA indikatoru nav izmantojams dažādu skrejvaboļu ekoloģisko grupu summārais dinamiskais blīvums. Pētījuma ietvaros tika analizēta abu agroekoloģisko faktoru ietekme uz mazajām skrejvabolēm (ķermeņa garums līdz 5 mm) un vidējām un lielajām skrejvabolēm (ķermeņa garums virs 5 mm) 2012. gadā. Tika konstatēts, ka mazo skrejvaboļu kopējais dinamiskais blīvums ir būtiski lielāks artos parauglaukumos, bet vidējo un lielo skrejvaboļu – diskotajos parauglaukumos. Taču, kad tika konstatēts, ka vienas un tās pašas ekoloģiskās grupas sugas uz augsnes pamatapstrādes paņēmieniem un priekšaugiem reaģē atšķirīgi, skrejvaboļu ekoloģisko grupu kopējā dinamiskā blīvuma analizēšana netika turpināta.

Kviešu sējumu augsnes pamatapstrādes paņēmiena un priekšaugu ietekme uz skrejvaboļu sugu daudzveidību. Visās pētījuma sezonās parauglaukumos tika konstatēta augsnes pamatapstrādes paņēmiena un priekšaugu ietekme uz skrejvaboļu sugu daudzveidību. Taču ne vienmēr novērotā ietekme bija vienāda visos trīs gados. 2012. gadā vislielākā sugu daudzveidība tika novērota parauglaukumos ar divām abu faktoru kombinācijām: arta augsne un rapsis priekšaug, kas veicina blīvāku kviešu veģētāciju (1), diskota augsne un vasaras kvieši priekšaug, kas veicināja vājāku kviešu veģētāciju, kuru kompensēja blīvāka nezāļu veģētācija (2). Abos gadījumos parauglaukumu veģētācija skrejvabolēm ir veicinājusi lielākus paslēptuvju un barības resursus, piesaistot fitofāgos bezmugurkaulniekus vai veicinot nezāļu sēklu klātbūtni. Pārējos parauglaukumos sugu daudzveidība bija būtiski zemāka. Nav izskaidrojams, kāpēc viszemākā sugu daudzveidība tika konstatēta diskotajos parauglaukumos ar rapsi kā priekšaugu (10. att.).

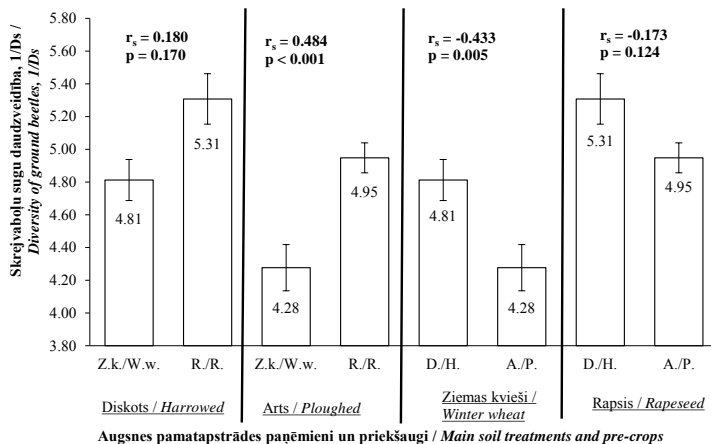
2013. gadā lielāku skrejvaboļu sugu daudzveidību visos parauglaukumos veicināja rapsis kā priekšaug. Taču statistiski būtiska atšķirība tika novērota tikai artajos parauglaukumos. Diskota augsne kombinācijā ar ziemas kviešiem kā priekšaugu, pateicoties blīvajai nezāļu veģētācijai, veicināja līdzvērtīgu skrejvaboļu sugu daudzveidību, kā priekšaug rapsis neatkarīgi no augsnes apstrādes. Arī augsnes pamatapstrādes paņmiens, neatkarīgi no priekšaugiem, būtiski ietekmēja sugu daudzveidību. Pētījuma otrajā gadā diskotā augsnē tika konstatēta lielāka skrejvaboļu daudzveidība nekā artā augsnē (11. att.). Tas skaidrojams ar to, ka 2013. gadā nezāļu ierobežošana ar herbicīdiem nebija tik sekmīga kā gadu iepriekš. Visos diskotajos parauglaukumos pēc herbicīda smidzināšanas nezāļu blīvums nesamazinājās, bet vairākos parauglaukumos tas ievērojami pieauga.



10. att. Skrejvaboļu sugu daudzveidība ziemas kviešu parauglāukumos ar atšķirīgiem augsnes pamatapstrādes paņēmieniem un priekšaugiem 2012. gadā. Priekšaugi: V.k. – vasaras kvieši, Z.k. – ziemas kvieši, R. – rapsis.

Fig. 10. Diversity of ground beetles in winter wheat sample plots with different main soil treatments and pre-crops in 2012

Pre-crops: S.w. – spring wheat, W.w. – winter wheat, R. – rapeseed).



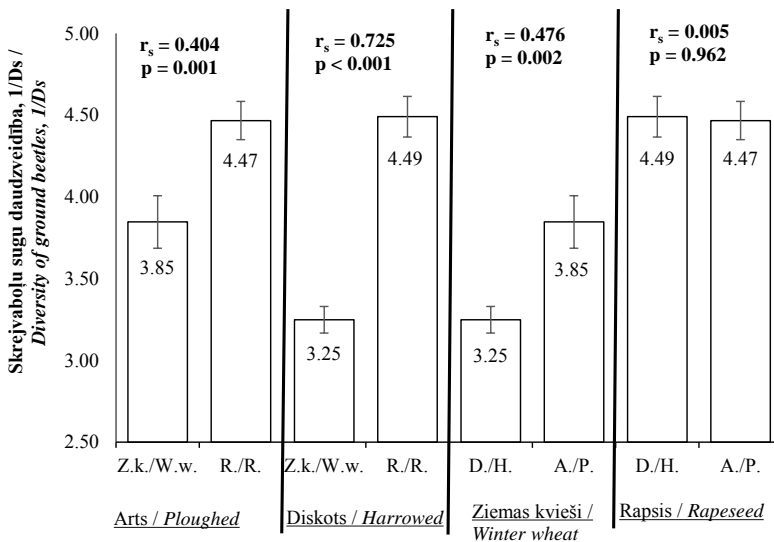
11. att. Skrejvaboļu sugu daudzveidība ziemas kviešu parauglāukumos ar atšķirīgiem augsnes pamatapstrādes paņēmieniem un priekšaugiem 2013. gadā. Priekšaugi: Z.k. – ziemas kvieši, R. – rapsis; augsnes pamatapstrādes paņēmieni: D. – diskošana, A. – aršana.

Fig. 11. Diversity of ground beetles in winter wheat sample plots with different main soil treatments and pre-crops in 2013

Pre-crops: W.w. – winter wheat, R. – rapeseed; main soil treatments: H. – harrowing, P. – ploughing.

Trešajā pētījuma sezonā parauglaukumos tika īstenota intensīvāka nezāļu ierobežošana. Pirms vasaras kviešu sējas, izmantojot glifosātu saturošu preparātu, tika iznīcināta daudzgadīgo nezāļu veģetācija, kura vislabāk bija attīstījusies parauglaukumos bez augu maiņas un ar diskotu augsni. Arī audzēšanas sezonas laikā herbicīdu smidzināšana bija efektīva. Pēc tās nezāļu blīvums visos parauglaukumos bija līdzīgi neliels. Tā rezultātā vislielākā skrejvaboļu sugu daudzveidība tika novērota parauglaukumos ar rapsi kā priekšaugu, bet augsnes pamatapstrādes paņēmienam šajos parauglaukumos nebija būtiskas ietekmes. Parauglaukumos ar ziemas kviešiem kā priekšaugu būtiski lielāka skrejvaboļu daudzveidība tika konstatēta, ja augsne bija arta (12. att.).

Skrejvaboļu sugu daudzveidība varētu būt piemērotāks IAA indikators nekā sugu sabiedrība. Pētījums apliecināja, ka starp parauglaukumiem ar dažādu apsaimniekošanas režīmu pastāvēja būtiskas skrejvaboļu sugu daudzveidības atšķirības. Taču pagaidām pastāv viens nozīmīgs kavēklis sugu daudzveidības izmantošanai par indikatoru. Pirmie divi pētījuma gadi apliecināja, ka augstākā sugu daudzveidība ir novērojama gan parauglaukumos, kuri tiek apsaimniekoti atbilstoši labai IAA praksei, gan parauglaukumos, kuru apsaimniekošana neatbilst IAA principiem, bet augsto skrejvaboļu sugu daudzveidību tajos nodrošina ilgstoši pastāvējusī nezāļu veģetācija. Šī iemesla dēļ nepieciešami papildus pētījumi par skrejvaboļu sugu daudzveidību kviešu sējumos ar atšķirīgu augsnes pamatapstrādes paņēmieni un dažādiem priekšaugiem. Viens no papildus pētījumu virzieniem varētu būt sugu daudzveidības analīze fenoloģiskā griezumā. Šādi varētu pārbaudīt, vai atsevišķos veģetācijas sezonas periodos kviešu sējumos, kuri tiek apsaimniekoti atbilstoši IAA principiem, skrejvaboļu sugu daudzveidība ir būtiski atšķirīga no citiem sējumiem, kuros laba IAA prakse netiek īstenota, bet nezāļu ierobežošanas sekmes tajos neatstāj ietekmi uz skrejvabolēm.



Augsnes pamatapstrādes paņēmieni un priekšaugi / Main soil treatments and pre-crops

12. att. Skrejvaboļu sugu daudzveidība vasaras kviešu parauglaukumos ar atšķirīgiem augsnes pamatapstrādes paņēmieniem un priekšaugiem 2014. gadā

Priekšaugi: Z.k. – ziemas kvieši, R. – rapsis; augsnes pamatapstrādes paņēmieni: D. – diskošana, A – aršana.

Fig. 12. Diversity of ground beetles in spring wheat sample plots with different main soil treatments and pre-crops in 2014

Pre-crops: W.w. – winter wheat, R. – rapeseed; main soil treatments: H. – harrowing, P. – ploughing.

Secinājumi

1. Pētītajos kviešu sējumos skrejvaboļu sugu sabiedrību veidoja 75 sugas, no kurām dominējošākās bija *Bembidion guttula*, *Loricera pilicornis*, *Harpalus rufipes*, *Poecilus cupreus*, *Pterostichus melanarius* un *P. niger*.
2. Atšķirīgi augsnes pamatapstrādes paņēmieni un dažādi priekšaugi kviešu sējumos ietekmēja skrejvaboļu sugu sabiedrības. Atkarībā no agroekoloģisko faktoru izpausmes sugu īpatsvars varēja būtiski mainīties, taču galvenās dominējošās sugas lielākoties saglabājās vienas un tās pašas neatkarīgi no kviešu sējumu apsaimniekošanas režīma.
3. Viens vai abi egroekoloģiskie faktori būtiski ietekmēja dinamisko blīvumu piecpadsmit skrejvaboļu sugām: *Amara plebeja*, *Anchomenus dorsalis*, *B. guttula*, *B. lampros*, *B. properans*, *B. obtusum*, *Carabus cancellatus*, *Harpalus affinis*, *H. rufipes*, *L. pilicornis*, *Nebria brevicollis*, *P. cupreus*, *P. melanarius*, *P. niger* un *Trechus quadristriatus*. Abu faktoru kombinācija ietekmēja vienas sugas – *A. plebeja* – dinamisko blīvumu.
4. Augsnes pamatapstrādes paņēmieni un priekšaugi kviešu sējumos būtiski ietekmēja skrejvaboļu sugu daudzveidību. Lielāku sugu daudzveidību veicināja divi kviešu sējumu apsaimniekošanas režīmi: augsnes aršana un priekšaugš rapsis (1), augsnes diskošana un augu maiņas neveikšana (2). Otrā apsaimniekošanas režīma gadījumā augsta skrejvaboļu sugu daudzveidība bija novērojama, ja sējumos pietiekami sekmīgi netika ierobežota nezāļu veģetācija.
5. Četru sugu – *B. guttula*, *P. niger*, *A. plebeja* un *N. brevicollis* – dinamiskos blīvumus ir iespējams izmantot par IAA indikatoriem kviešu sējumos. *A. plebeja* un *N. brevicollis* izmantojamas par indikatoriem tikai ziemas kviešu sējumos, bet pārējās divas sugas izmantojamas gan ziemas, gan vasaras kviešu sējumos.
6. Potenciāli par IAA indikatoriem kviešu sējumos varētu izmantot skrejvaboļu sugu sabiedrību, skrejvaboļu sugu daudzveidības indeksu un septiņu sugu – *A. dorsalis*, *B. obtusum*, *B. properans*, *C. cancellatus*, *H. affinis*, *P. melanarius* un *T. quadristriatus* – dinamiskos blīvumus. Sugu daudzveidības indekss varētu būt piemērotāks indikators nekā sugu sabiedrība. Taču par šiem parametriem nepieciešami papildus pētījumi.
7. Skrejvaboļu summārais dinamiskais blīvums, dažādu skrejvaboļu sugu ekoloģisko grupu summārais dinamiskais blīvums, kā arī četru sugu – *B. lampros*, *H. rufipes*, *P. cupreus* un *L. pilicornis* – dinamiskie blīvumi nav izmantojami par IAA indikatoriem kviešu sējumos.

Pētījuma aprobācija

Approbation of the scientific work

Zinātniskie raksti, kas indeksēti Scopus un/vai Web of Science datu bāzēs/
Articles indexed in Scopus and/or Web of Science data bases

1. Gailis J., Turka I. (2013). Discussion on ground beetles and rove beetles as indicators of sustainable agriculture in Latvia: Review. *Proceedings of Annual 19th International Scientific Conference 'Research for Rural Development 2013'*, Vol. 1, p. 56–62.
2. Gailis J., Turka I. (2014). The diversity and structure of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) assemblages in differently managed winter wheat fields. *Baltic Journal of Coleopterology*, Vol. 14, No. 1, p. 33–46.
3. Gailis J., Turka I., Ausmane M. (2017). Soil tillage and crop rotation differently affect biodiversity and species assemblage of ground beetles inhabiting winter wheat fields. *Agronomy Research*, Vol. 15, No. 1, p. 94–111.
4. Gailis J., Turka I., Ausmane M. (2017). The most frequent ground beetles (Coleoptera, Carabidae) are differently affected by main soil treatment and crop rotation in winter wheat fields. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*, Vol. 17, No. 1, p. 29–52.

Citi zinātniskie raksti/ *Other scientific articles*

1. Gailis J., Turka I. (2014). Preliminary research on ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as indicators of integrated pest management in winter wheat. *Proceedings of the 55th International Scientific Conference of Daugavpils University*, p. 13–20.
2. Gailis J., Turka I. (2014). Bembidion ģints skrejvaboļu (Coleoptera: Carabidae) fenoloģija atšķirīgi apsaimniekotos ziemas kviešu sējumos. *Ražas svētki "Vecauce – 2014": Lauksaimniecības zinātne jaunajā plānošanas periodā. Zinātniskā semināra rakstu krājums*. 20.–23. lpp.

Populārzinātniski raksti/ *Popular science articles*

1. Gailis J. (2015). Skrejvaboles – integrētās augu aizsardzības elementi laukkopībā. *Saimnieks LV*, Nr. 8 (134), 46.–49. lpp.

Konferenču tēzes/ *Abstracts*

1. Gailis J., Turka I. (2012). Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and row beetles (Coleoptera: Staphylinidae) as indicators of integrated pest management in winter wheat fields. *NJF Report*, Vol. 8, No. 7, p. 101–102.
2. Gailis J., Turka I. (2013). Preliminary Research on Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) as Indicators of Integrated Pest Management in Winter Wheat. *Abstracts of the 55th International Scientific Conference of Daugavpils University*, p. 26.
3. Gailis J., Turka I. 2014. The Dominance Structure of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) Within Differently Managed Winter Wheat Fields. *LU 72. konferences tēzes*. (http://priede.bf.lu.lv/konf/apsek/zoo/2014/Bezmugurkaulnieki/Gailis_Turka_Carabidae.pdf). [Skatīts 2017. gada 13. septembrī].
4. Gailis J., Turka I. (2014). The Biodiversity of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Differently Managed Winter Wheat Fields. *Abstracts of the 56th International Scientific Conference of Daugavpils University*, p. 32.
5. Gailis J., Turka I. (2015). The assessment of Previously Unapplied field Method for Research on Ground Beetles as Indicators of Integrated Pest Management. *Proceedings of the 25th NJF Congress (Riga, Latvia, 16th – 18th of June, 2015)*, p. 60 (indexed in Scopus).
6. Gailis J., Turka I. (2015). The Heterogeneity of Landscape Enhances Species Richness of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Wheat Fields. *NJF Report*, Vol. 11, No 2, p. 39.
7. Gailis J., Turka I. 2016. The Phenology of Ground Beetles (Carabidae) in Differently Managed Winter Wheat Fields. *20th Baltic Agronomy Forum, Book of Abstracts*, p. 26.
8. Gailis J., Turka I. (2017). Phenological research on ground beetles (Coleoptera: Carabidae) inhabiting differently tilled and pre-cropped winter wheat fields. *9th International Conference on Biodiversity Research, Book of Abstracts*, p. 38–39.

Referāti starptautiskās konferencēs/ *Oral and poster presentations in international conferences*

1. Gailis J., Turka I. (2012). Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and row beetles (Coleoptera: Staphylinidae) as indicators of integrated pest management in winter wheat fields. *NJF Seminar 457 'Sustainable Agriculture in The Baltic Sea Region with focus on climate change'*. Uppsala, Sweden (30–31 October 2012).
2. Gailis J., Turka I. (2013). Preliminary Research on Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) as Indicators of Integrated Pest Management in

- Winter Wheat. *The 55th International Scientific Conference of Daugavpils University*. Daugavpils, Latvia (April 10–12, 2013).
3. Gailis J., Turka I. (2013). Discussion on Ground Beetles and Rove Beetles as Indicators of Sustainable Agriculture in Latvia. *Annual 19th International Scientific Conference 'Research for Rural Development 2013'*. Jelgava, Latvia (15–17 May 2013).
 4. Gailis J., Turka I. (2014). The Biodiversity of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Differently Managed Winter Wheat Fields. *The 56th International Scientific Conference of Daugavpils University*. Daugavpils, Latvia (9–11 April 2014).
 5. Gailis J., Turka I. (2015). The assessment of Previously Unapplied field Method for Research on Ground Beetles as Indicators of Integrated Pest Management. *25th NJF Congress 'Nordic View to Sustainable Rural Development'*. Rīga, Latvia (16–18 June 2015).
 6. Gailis J., Turka I. (2015). The Heterogeneity of Landscape Enhances Species Richness of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Wheat Fields. *NJF Seminar 484 'Biodiversity Based Integrated Pest Management in Field Crops'*. Wiks Castle, Uppsala, Sweden (3 September 2015).
 7. Gailis J., Turka I. (2016). The Phenology of Ground Beetles (Carabidae) in Differently Managed Winter Wheat Fields. *20th Baltic Agronomy Forum*. Jelgava, Latvia (7–8 July 2016).
 8. Gailis J., Turka I. (2017). Phenological research on ground beetles (Coleoptera: Carabidae) inhabiting differently tilled and pre-cropped winter wheat fields. *9th International Conference on Biodiversity Research*. Daugavpils, Latvia (26–28 April 2017).

Referāti vietēja mēroga konferencēs/ *Oral and poster presentations in local conferences*

1. Gailis J., Turka I. (2013). Integrētās augu aizsardzības metodes elementu – skrejvaboļu (Coleoptera: Carabidae) un īsspārņu (Coleoptera: Staphylinidae) – pētījumi ziemas kviešu sējumos. *Zinātniski praktiskā konference „Lauksaimniecības zinātne veiksmīgai saimniekošanai”*. Jelgava, Latvija (21.02.–22.02.2013.).
2. Gailis J., Turka I. (2014). Skrejvaboļu (Coleoptera: Carabidae) dominances struktūra atšķirīgi apsaimniekotos ziemas kviešu laukos. *Latvijas Universitātes 72. zinātniskā konference*. Rīga, Latvija (2014. gada 31. janvāris).
3. Gailis J., Turka I. (2014). Skrejvaboles (Coleoptera: Carabidae) – integrētās augu aizsardzības elementi. *Zinātnisks seminārs „Ražas svētki „Vecauce – 2014”: Lauksaimniecības zinātne jaunajā plānošanas periodā”*. Vecauce, Latvija (2014. gada 6. novembris).

Introduction

Integrated Pest Management is a practical tool allowing to significantly decrease the usage of chemicals, but at the same time maintaining a high crop productivity. Thus, it is possible to significantly decrease the agricultural load on environment. Though IPM was started already at the beginning of the 20th century and its first definition was published in 1959 (Stern, Smith, van den Bosch et al., 1959), in practice it has been implemented quite slowly and ponderously. In Latvia, according to the Law on Plant Protection, implementation of IPM in farms is mandatory since January 1 2014. This requirement applies to professional users of plant protection products using protection products of the second registration class or who use services provided by professional plant protection products' users.

One of the IPM elements is natural enemies of various organisms harmful to crops, including ground beetles (*Carabidae*). Beetles of this family inhabit all terrestrial ecosystems, are ecologically related to topsoil and are economically significant suppressor of harmful invertebrates and weeds in different agrocenoses. Studies in Europe and elsewhere in the world have shown that ground beetles – activity density of their populations, species diversity, number of species and other parameters – react significantly to various changes of environmental factors, including agrotechnical activities in agrocenoses. Thus, it can be considered that ground beetles are able to indicate different IPM events, as IPM is a complex of various purposeful agronomic activities.

Topicality of the Doctoral Thesis. The necessity to determine IPM indicators derives from a number of political documents. OECD, whose member state since 2016 is also Latvia, has agreed on this on an international level. This organization has defined two IPM indicator groups: uptake indicators and impact indicators. Usage ratio of biological methods for the control of harmful species have been mentioned as one of the IPM intensity indicators. However, IPM impact indicators are various environmental parameters, including biological diversity indicators. Essential features determined for potential indicators are simplicity (understandable), comparability, low costs, related to IPM definition, applicable to all countries, etc. At present, IPM indicators have not been developed yet; however, the main target of OECD is to develop impact indicators that should include terrestrial biological diversity indicators. Ground beetles as IPM elements and a part of biological diversity can be used as both IPM intensity indicators and impact indicators. Moreover, they possess most characteristics determined for the indicators.

In Latvia, the development of IPM indicators is indirectly determined in the Order No. 146 'On the action plan for sustainable use of plant protection products for the period 2013-2015' issued on 12.04.2013 by the Cabinet of Ministers of the Republic of Latvia. This document provides determination of risk indicators for the usage of plant protection products. As the main objective

of IPM is the decrease of risk caused by plant protection products, IPM indicators might be used as low risk plant protection products indicators. Such indicators have not been developed neither in Latvia nor in Europe, therefore it is suggested in the Order issued by the Cabinet of Ministers to use biological diversity indicators as determined in Regulations No. 175 'Regulations on National Environmental Indicators' issued by the Cabinet of Ministers of the Republic of Latvia on 24.02.2009. From the indicators mentioned in the list sustainable use of plant protection products is better characterized by rural bird index and amphibian species index. However, these indicators depend not only on plant protection products but also on general load on environment created by agriculture. As ground beetles in agrocenoses react specifically on the usage of plant protection products, their structure of species assemblage, species diversity and other parameters might potentially be a better indicator of the sustainable use of pesticides.

The novelty of the Doctoral Thesis. IPM indicators have not been developed neither in Latvia, nor elsewhere in Europe. Therefore, for the first time within the framework of this research IPM indicators will be determined for wheat sowings.

Hypothesis of the Doctoral Thesis. Ground beetles can be used as IPM indicators in wheat sowings.

The objective of the Doctoral Thesis. To determine how and how significantly do various parameters related to ground beetles – species assemblage, activity density and species diversity – react on different main soil treatment methods and different crop rotation regimes in wheat sowings.

Soil treatment and crop rotation are among the most important IPM elements in agriculture, therefore these agro-ecological factors were chosen for the study. Wheat sowings as research environment were chosen, as there is no need to use insecticides in these agrocenoses in Latvian conditions. Thus, wheat sowings are a suitable environment for this study, as the obtained data is not directly affected by the usage of plant protection products.

Tasks of the Doctoral Thesis:

- 1) To calculate ground beetle dominance structures and species diversity, as well as to determine activity densities of species populations in differently managed sample plots;
- 2) To determine how significantly are the parameters related to ground beetles affected by the different main soil treatment methods and winter wheat pre-crops;
- 3) To determine the potential IPM indicators in wheat sowings.

Provable Theses:

- 1) Different main soil treatment methods and pre-crops significantly influence species assemblage of ground beetles in wheat sowings;
- 2) Different main soil treatment methods and pre-crops significantly influence the total ground beetle activity density, the activity density

of the most commonly occurring species and the activity density of species ecological groups in wheat sowings;

- 3) Different main soil treatment techniques and pre-crops significantly influence ground beetle species diversity in wheat sowings.

Doctoral study was carried out **within the framework of two projects:**

- 1) State Research program project ‘Sustainable Use of Local Agricultural Resources for the Development of High Nutritive Value Food Products’ sub-project 3.1. ‘Sustainable Use of Soil as the Main Resource for the Production of Safe and Qualitative Food and Feed from the Main Agricultural Crops’ (2012–2013).
- 2) State Research program ‘Agricultural Resources for Sustainable Production of Qualitative and Healthy Foods in Latvia’ project ‘Sustainable use of soil resources and abatement of fertilisation risks’ (since 2014).

Approbation of research results. The results of this research have been presented in seven reports in international scientific conferences and in three reports in Latvian scientific conferences. Four articles have been published in scientific magazines, indexed in *Scopus* or *Thomson Reuters Web of Science* databases, two articles in other scientific magazines and one article in popular science magazine, as well as theses of eight scientific conferences.

Research conditions and methodology

Description of research location and conditions. Research was carried out during 2012–2014 at stationary of agronomic trials located in Jelgava region Platone municipality, LLU Research and Study Farm (RSF) ‘Pēterlauki’ near Poķi village, 14 km South of Jelgava (56°30’39.38’’N; 23°41’30.15’’E). Stationary of Agronomic trials was established in 2009 for different researches of good agricultural practice in the most popular crop sowings in Latvia. Stationary consisted of 24 rectangular sample plot grid. The size of each sample plot was 30 x 85 m, but area 0.25 ha. Sample plot grid was enclosed by conventionally treated arable land, but 30 m to South a narrow (35 x 510 m) forest zone was located, made up of about 60 years old deciduous wood that developed on former agricultural land. The nearest buildings were located 120 m to West from the research sample plot grid. Sample plots were separated from both each other and from surrounding fields with 2.5 m wide land zones covered with wild herbaceous plant vegetation. Since the establishment of the stationary all activities, e.g., soil treatment, field crop sowing, usage of fertilizers and pesticides, harvesting, etc., was carried out in accordance with the principles of conventional agricultural practice, using a traditional agricultural techniques as it would have been done in any commercial field.

The upper layer of the research land was Endogleyic Calcisol (GLu) with pH KCl 6.8 and low humus content – 20 g kg⁻¹. Two different main soil treatment methods are used to all sample plots. Since the establishment of the grid, 12 sample plots were ploughed with mould-board plough every autumn. Depth of ploughing 0.22–0.23 m. In other 12 sample plots, the topsoil was not overturned. Their main soil treatment was harrowing at a 0.10–0.11 m depth using disc harrows (hereinafter – harrowing). Other soil treatment activities of the sample plots were carried out according to traditional agricultural practice as in any other commercial field.

In 2012 and 2013, the research was carried out in six ploughed and six harrowed sample plots sown with winter wheat (variety ‘Zentos’). However, in 2014 spring wheat (variety ‘Taifun’) was sown in the 12 sample plots, as winter wheat was destroyed by frost during winter 2013/2014. Other sample plots of the stationary were sown with other field crops each year. Thus, during each research year, several agroecological two-factor combinations formed: main soil treatment type and pre-crop. Spring wheat, winter wheat and spring rapeseed were pre-crops for winter wheat in every two harrowed and ploughed sample plots in 2012. Thus, six both-factor combinations formed in this vegetation season. Four both-factor combinations formed in 2013, when spring rapeseed was a pre-crop for winter wheat in four ploughed and four harrowed sample plots, but in two ploughed and two harrowed sample plots – it was winter wheat. Five both-factor combinations formed in 2014, when winter wheat and spring and winter rapeseed were pre-crops in spring wheat sample plots. In this study, the

results of 2014 are analysed within the frameworks of four combinations: two ploughed and two harrowed sample plots with winter wheat as a pre-crop, as well as four ploughed and four harrowed sample plots with rapeseed as a pre-crop (Fig.1).

After harvesting, straw and other plant remains were left on sample plots as fertilizer, however, each year mineral fertilizers were used for soil fertilization. Each year, herbicides, fungicides and growth regulators registered in Latvia were used in the study sample plots sown with wheat. Insecticides and other plant protection products were not used to control undesirable organisms of wildlife. All plant protection products were used if necessary, when determined by the results of weed and plant disease monitoring.

Red dead-nettle (*Lamium purpureum*), wall speedwell (*Veronica arvensis*), cleavers (*Galium aparine*) and knotgrass (*Polygonum aviculare*) were the most commonly detected weed species in all sample plots. However, in the harrowed sample plots, where wheat followed wheat each year, also loose silky-bent (*Apera spica-venti*) was among the most dominating weed species. Total weed density in sample plots was twice assessed during each study year. The first accounting was carried out during the first decade of May in 2012 and 2013, on 3rd and 10th May, respectively. However, the first weed accounting of 2014 was carried out during the third decade of May – on May 22. The second weed accounting was carried out during the first decade of July in 2012 and 2013, on 8th and 9th July, respectively, but in 2014 – during the 3rd decade of July, on July 24. Each year, approximately one week after the first weed accounting, weed control using herbicides was carried out. However, in 2014, sample plots were sprayed with herbicide (glyphosate-containing) also before spring wheat sowing. Weed chemical control was successful in 2012 and 2014, weed density decreased significantly in sample plots. However, in 2013, after the use of herbicide weed density decreased minimally in some sample plots, but increased significantly in most sample plots (Fig. 1).

During each study year, the average daily temperature and the amount of precipitation was registered in sample plots, using the Davis Vantage Pro2 meteorological station located 100 m from the study stationary. The dynamics of meteorological factors is shown in Fig. 2.

Methods of ground beetle collection, processing and data analysis.

Ground beetles were collected using the Barber pitfall trap – transparent plastic glasses dug into soil up to the upper edge. The trap-opening diameter was 65 mm, but the capacity was 200 cm³. Ten traps in a diagonally drawn transect were installed in every sample plot; distance between the traps was 3 m. Traps were half-filled with 4–5% acetic acid solution to which several drops of detergent were added for ground beetle fixing. During the first two study years, trap exhibition was started in spring, when the first active ground beetles were observed. It happened on April 17 2012 and on April 23 2013, respectively. During the third research year (2014) trap exhibition was started on April 22 or

three days after the destroyed by frost winter wheat oversowing with spring wheat. The trapped beetles were removed and traps were filled with fresh acetic acid every seven days. Trap exhibition was finished on July 31 2012, July 30 2013 and on July 29 2014, respectively. During the first two research years, it was two and four days, respectively, before winter wheat cutting. Whereas, during the third year trap exhibition was finished 25 day before spring wheat cutting. Such decision was made, as it was not possible to obtain data for this 25-day period from the first two research years.

The material of trapped ground beetles is appropriately labelled and stored in 70% solution of ethyl alcohol at the LLU Faculty of Agronomy Institute of Soil and Plant Sciences in Jelgava, Strazdu Street 1. Ground beetle species were determined using Central European beetle species identification key. Species names in this Doctoral Thesis have been used according to the check-list of Latvian beetles.

Ground beetle species assemblages were analysed by calculating species dominance structure according to the scale suggested by H.-D. Engelmann. According to this scale, species are divided into five groups depending on their proportion of individuals in species assemblage: eudominant species (40.0 – 100.0 %), dominant species (12.5 – 39.9 %), subdominant species (4.0 – 12.4 %), recedent species (1.3 – 3.9 %) and subrecedent species (<1.3 %). Both the summary and phenological calculation of dominance structure were carried out for each main soil treatment technique and pre-crop combination for each research year. In order to calculate the annual summary proportion of each species in sample plots with the corresponding agroecological factor combination, the number of individuals of a specific species and the number of all ground beetle individuals, who were trapped during the whole research season in all soil traps exhibited in corresponding sample plots, was used. For the phenological calculation, the number of individuals of each species and the number of all ground beetle individuals, who were trapped in all each factor combinations' sample plot traps during each seven-day research period, was used. Annual total estimates were made to analyse the effect of both agroecological factors on ground beetle species assemblages; however, the phenological calculations were made to determine the most commonly found species in wheat sowings during the vegetation season. Verification of activity density dependence on both agroecological factors and their combinations was performed on species that reached subdominant or higher status during at least one research period in at least one agroecological factor combination.

The total activity density dependence on both agroecological factors of the most common and all species was analysed using analysis of variance (ANOVA). If, while analysing, it was determined that the pre-crop statistically significantly ($p \leq 0.05$) affected the ground beetle activity density or the number of observed species during the season of 2012, or the both-factor combination during any research season, *Scheffé's post-hoc* test was used. The test

determined, under which conditions created by pre-crop or factor combination the studied ground beetle parameters were significantly different. ANOVA and *post-hoc* test, if necessary, was performed for each research period, obtaining a picture of phenological factor effect on ground beetle activity density.

Ground beetle species diversity was determined by calculating the Simpson's index (D_s):

$$D_s = \sum \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \quad (1)$$

where: n_i – the number of indexed ground beetle species individuals in traps;
 N – the number of all ground beetle individuals in traps.

The bigger the species diversity, the smaller the numeric value of Simpson's index. Therefore, for a better transparency, the reciprocal Simpson's index ($1/D_s$), whose numeric value increases with increasing species diversity, was used in this study. The index was determined for all 120 traps used in every research season. Annual summary data of each trap was used for the index calculation – annual summary number of each ground beetle species individuals and annual summary number of all ground beetle individuals. Coherence between ground beetle species diversity and researched agroecological factors was evaluated by calculating Spearman's rank correlation coefficient (r_s) with a two-tailed significance test. For each research season, correlation was calculated in seven different versions for the season of 2012 and in six different versions for the other two seasons:

- 1) between species diversity and main soil treatment method, regardless the pre-crop;
- 2) between species diversity and pre-crop, regardless the main soil treatment method;
- 3) between species diversity and pre-crop in harrowed soil;
- 4) between species diversity and pre-crop in ploughed soil;
- 5) between species diversity and main soil treatment method, if pre-crop is rape;
- 6) between species diversity and main soil treatment method, if pre-crop is winter wheat;
- 7) between species diversity and main soil treatment method, if pre-crop is spring wheat (only for the 2012 season).

The correlation strength was determined on such scale:

$|r_s| = 0.00-0.19$ – very weak correlation;

$|r_s| = 0.20-0.39$ – weak correlation;

$|r_s| = 0.40-0.59$ – moderate correlation;

$|r_s| = 0.60-0.79$ – strong correlation;

$|r_s| = 0.80-1.00$ – very strong correlation.

All statistic calculations were performed using SPSS 22.0. Indices (beetles' activity density, reciprocal Simpson index) obtained with one trap were used as one replication.

Results

Ground beetle species assemblages in differently managed wheat sowings. During all three research years, cumulatively, 113 946 ground beetle individuals from 75 species were observed in sample plots. The number of observed individuals varies over the research seasons. During the first season, 25 369 ground beetles were caught in traps, during the second season – 60 024 ground beetles, and during the third season – 28 563 ground beetles. Part of the species in sample plots were observed only during one or two research years. Thus, in 2012, 66 species were observed, in 2013 – 57 species and in 2014 – 45 species.

Annual summary the most common or dominant ground beetle species assemblage formed mostly the same species during all research seasons. However, differences in these assemblages were observed between both variously managed sample plots within one research season and between various research seasons. During the season of 2012, eudominant species were not observed in any sample plot. Two species – *Loricera pilicornis* and *Bembidion guttula* – were the most dominant in all sample plots. Regardless of pre-crop, *L. pilicornis* was the most commonly observed species in harrowed sample plots, but *B. guttula* – in ploughed sample plots. Another six species – *Bembidion obtusum*, *Poecilus cupreus*, *Harpalus rufipes*, *Pterostichus melanarius*, *Pterostichus niger* and *Amara plebeja* – reached at least a subdominant state in sample plots with at least one main soil treatment method and pre-crop combination (Fig. 3).

In 2013, the most common ground beetle species assemblages in sample plots were formed by almost the same species as in 2012; however, the dominance structure was significantly different. Five species – *H. rufipes*, *P. niger*, *P. melanarius*, *P. cupreus* and *B. guttula* – reached at least subdominant status in the sample plots, but *L. pilicornis* was subdominant in all sample plots, except those with ploughed soil and winter wheat as pre-crop (Fig. 4). *H. rufipes* dominated significantly over other species in all sample plots, but it was most evident in the already mentioned sample plots with ploughed soil and winter wheat as pre-crop, where *H. rufipes* reached an eudominant state. Compared to the season of 2012, the proportion has increased significantly also for both *Pterostichus* species, as well as for *P. cupreus*. Whereas, the proportion of *B. guttula* and *L. pilicornis* had significantly decreased. Both species were able to reach the maximum subdominant state. However, *A. plebeja* and *B. obtusum* did not reach even a subdominant state in 2013 in any sample plot, though its activity density was comparatively high.

During the season of 2014, only five ground beetle species – *P. melanarius*, *P. niger*, *H. rufipes*, *P. cupreus* and *B. guttula* reached at least subdominant state in sample plots with at least one combination of pre-crop and main soil treatment method. The dominance structure in sample plots with

harrowed soil and winter wheat as pre-crop differed the most from other dominance structures in other sample plots. *P. melanarius* was an eudominant species in these sample plots, *H. rufipes* – a dominant species, but *P. niger* – a subdominant species. The proportions of other species in these sample plots corresponded to recedent or subcedent status. The mentioned three species reached a dominant status in other sample plots, but *P. cupreus* was subdominant. However, *B. guttula* reached subdominant level only in sample plots with rapeseed as pre-crop, regardless the main soil treatment methods (Fig. 5).

Ground beetle activity density and their proportion of individuals in species assemblage can vary significantly between different years. It is influenced directly and indirectly by meteorological conditions. The season of 2012, if compared to the other two, was colder and rainier. If there is a large amount of precipitation, more specimens of hygrophilic ground beetles can be found in agrocenoses, e.g., *B. guttula*. Precipitation also contributes to a higher density of springtails (*Collembola*) at top soil, yet springtails are the main feed for *L. pilicornis*. Air temperature can affect the reproduction cycles of ground beetles. The highest *P. niger* and *P. melanarius* population density is observed after comparatively cooler summers.

The proportion of several ground beetle species was affected by researched agroecological factors. The proportion of *L. pilicornis* during the first two seasons was remarkably higher in harrowed soil. *P. niger* was more commonly found in sample plots with crop rotation, but the proportion of *P. melanarius* had the tendency to be higher in sample plots without crop rotation. During the first research season, *B. guttula* preferred ploughed soil, but *A. plebeja* – harrowed soil in combination with spring wheat as a pre-crop; however, in other sample plots only some individuals of this species were observed. High proportion of *A. plebeja* formed in sample plots, where rather dense weed vegetation remained even after spraying with herbicides. Also in 2013, a large number of these individuals were observed in sample plots whose management regime (harrowed soil, winter wheat as a pre-crop) contributed to a significantly denser weed vegetation, however, the sharp increase of activity density of other species did not allow *A. plebeja* to attain at least a subdominant level in species assemblage.

It can be concluded that the main soil treatment method and pre-crop affect ground beetle species assemblage in wheat sowings. Therefore, it has the potential to be an IPM indicator; however, an additional study is needed, as other environmental factors, e.g., meteorological conditions, can have a significant impact on the proportion of the dominant species.

Ground beetle activity density dependence on pre-crop and main soil treatment method from phenological point of view. The most occurring ground beetle species, whose proportion of individuals reached a subdominant or higher level in at least one seven-day period in sample plots with at least one combination of main soil treatment method and pre-crop, were separated from

the total amount of observed species in the research. During the three research years, total of 25 species correspond to such criteria (Table 1). Activity densities of 10 ground beetle species – *Notiophilus aestuans*, *N. germinyi*, *Bembidion quadrimaculatum*, *Acupalpus meridianus*, *Platynus assimilis*, *Poecilus versicolor*, *Amara familiaris*, *A. ovata*, *A. similata* and *A. apricaria* – were not affected by any of both studied agroecological factors. From these species, only *A. meridianus* corresponded with the most commonly observed species criteria during all three research seasons, other species, however, corresponded with the criteria only during one season.

The activity density of two species – *B. guttula* and *P. niger* reacted comparatively consistently to agroecological factors during all three seasons. Therefore, it is recommended to use these species as IPM indicators in wheat sowings. Both species need moderately moist environmental conditions, therefore, their activity density is significantly higher in sample plots whose management regime contributes to a denser wheat vegetation.

The activity density of *B. guttula* is positively affected by both ploughing and rapeseed as a pre-crop. Exception is the beginning of season 2014, when many individuals of this species were observed in harrowed sample plots, as the weed vegetation developed denser after sowing of spring wheat. However, during the second part of the same season, higher activity density of *B. guttula* was observed in the ploughed sample plots (Fig. 6). Thus, the activity density of *B. guttula* can be used as a positive IPM indicator in both sowings of winter and spring wheat. The most suitable period for observation of this species is July.

The activity density of *P. niger* was mainly affected by the pre-crop. This species has tried to avoid sample plots without crop rotation. During the first research season, positive effect of soil ploughing on the activity density of *P. niger* was also observed (Fig. 7). Therefore, this species can also be used as a positive IPM indicator in both sowings of winter and spring wheat. The most suitable period for *P. niger* observation is July.

The activity densities of other two species – *Nebria brevicollis* and *A. plebeja* – can be used as IPM indicators in winter wheat sowings. The activity density of *N. brevicollis* reacted positively to crop rotation. During the first two research seasons, significantly more individuals of this species were observed in sample plots with rapeseed as a pre-crop (Fig. 8). During the third season, when spring wheat was sown in sample plots, only some individuals of *N. brevicollis* were observed. Studies elsewhere in Europe show that this species almost never inhabits sowings of spring cereals, as the larvae of *N. brevicollis*, who overwinter on field, most probably perish during the sowing of spring crop. Thus, *N. brevicollis* can be used as a positive IPM indicator in winter wheat sowings. The most suitable period for species observation is June.

A. plebeja reacted significantly to both factor combination. In 2012, its activity density was significantly higher in harrowed sample plots with spring wheat as a pre-crop, but in 2013 – in harrowed sample plots with winter wheat

as a pre-crop (Fig. 9). During both first research years, this species preferred sample plots whose management regime did not correspond to IPM principles and had allowed the development of rather dense perennial weed vegetation. During the third research year, these weeds were destroyed using a glyphosate containing herbicide, therefore, also *A. plebeja* was represented by separate individuals in sample plots. This species can be used as a negative IPM indicator in winter wheat sowings. The most suitable period for observations is July.

The activity density of other seven species – *Anchomenus dorsalis*, *Bembidion properans*, *B. obtusum*, *Carabus cancellatus*, *Harpalus affinis*, *P. melanarius* and *Trechus quadristriatus* – reacted significantly to studied agroecological factors. However, reaction could not be fully explained with current knowledge about ecology of these species. Therefore, for now these species can be considered potential IPM indicators that need additional research. Both *A. dorsalis* and *C. cancellatus* might be positive crop rotation indicators, as their activity density was significantly higher in sample plots with rapeseed as pre-crop. However, such coherence was observed only during the second research season. Most likely other ecological factors that are less known affect both these species. *B. properans* might be suitable as a negative IPM indicator, taking into account the environmental requirements of these species and following the results of second and third season, when the activity density of this species was significantly higher in harrowed soil. However, during the first season of the research, the dependence of this species on main soil treatment method was not clearly expressed and had an opposite tendency – higher activity density in ploughed soil. It is possible that *B. obtusum* can be used as a positive IPM indicator. During the first two research years, it was found that the activity density of this species can be significantly affected by both main soil treatment method and pre-crops. This species preferred sample plots with ploughed soil and/or rapeseed as a pre-crop. However, during the third year of the research, rather small number of *B. obtusum* individuals was observed in sample plots. This phenomenon cannot be explained yet, as the research sample plots are the first known locality in the Baltic region, where *B. obtusum* is one of the dominating species in wheat agrocenosis. This species is rare also in neighbouring countries of Latvia, but there is no data on the effect of spring crop sowing on its activity density. Thus, it is impossible to say, whether the low density of *B. obtusum* in spring wheat cenosis is related to specific agrotechnical conditions of spring crops, or there is another reason that might affect this species also in winter wheat sowings. The results of the second and third season showed that *H. affinis* might be a negative IPM indicator as this species preferred sample plots without crop rotation. However, during the first season, statistically significant differences in activity density between sample plots with different pre-crops were not found, though, the activity density of *H. affinis* was sufficiently high. It is possible that this phenomenon can be explained with the comparatively cold and rainy conditions of the first season, however, for the time

being it is only an assumption. *P. melanarius* can also be used as a negative IPM indicator. In two research seasons, this species preferred sample plots without crop rotation and with harrowed soil. However, in one season, its activity density was significantly higher in sample plots with rapeseed as a pre-crop. *T. quadristriatus* is a potentially positive IPM indicator. During the first two research seasons, the activity density of this species was significantly higher in sample plots with ploughed soil and rapeseed as a pre-crop. However, during the third season, this species was almost not observed in sample plots, and this factor cannot be explained with current knowledge on species ecology. Thus, for the time being it is uncertain whether main soil treatment method and pre-crops are the only ecological factors that might significantly affect *T. quadristriatus* in wheat sowings.

The four ground beetle species, whose activity density reacted significantly to the researched agroecological factors, cannot be used as IPM indicators. The species are: *Bembidion lampros*, *H. rufipes*, *L. pilicornis* and *P. cupreus*. The activity density of *B. lampros* reacted significantly to the researched factors only during the second season. However, then this species preferred sample plots with rapeseed as a pre-crop, which is contrary to the present knowledge about the ecology of this species. *H. rufipes* either did not react to the researched agroecological factors, or the reaction was contradictory in the context of one season – at the beginning of season, the activity density was higher in sample plots with one pre-crop, in the sequel – with another pre-crop, but in the end – again with the first pre-crop. Thus, it can be concluded that main soil treatment and crop rotation is unlikely a limiting factors affecting this species in wheat sowings. The activity density of *L. pilicornis* during first two seasons was significantly higher in harrowed soil, if compared to ploughed soil, but during the third season, opposite coherence was observed. Moreover, during the second season the activity density of this species was positively affected by rapeseed as pre-crop. It means that during one season the species reacts positively to main soil treatment method, which is not considered a good IMP practice, and to crop rotation, which is considered a good IPM practice. A similar situation was observed with the activity density of *P. cupreus*, which was positively affected by rapeseed as a pre-crop and harrowed soil.

Total ground beetle activity density cannot be used as IPM indicator, as it reacted ambiguously to main soil treatment methods and pre-crops. During the first season, significant effect of pre-crop to the total ground beetle activity density was observed in separate periods, however, not during all these periods the same pre-crop contributed to greater activity of ground beetles. The second season was the only one, when rapeseed, and not winter wheat, as a pre-crop contributed to a significantly higher total activity density of ground beetles throughout the whole season. During the third season, main soil treatment method created a significant effect, but pre-crops did not affect the total activity density. Taking into account the results of the dependence of some most

commonly found species activity density on agroecological factors, it should be concluded that the consistent reaction of total activity density to any of the factors is rather accidental. Total activity density will have the same reaction to a factor as the dominant species would react, with the precondition that the dominant species react equally to the factors. Due to this also the total activity density of different ground beetle species ecological groups cannot be used as IPM indicator. The effect of both agroecological factors on small ground beetles (body length 5 mm) and medium and large ground beetles (body length >5 mm) was analysed within the research in 2012. It was found that the total activity density of small ground beetles is significantly higher in ploughed sample plots, but that of medium and large ground beetles – in harrowed sample plots. However, when it was found that the species of the same ecological group reacted differently on the main soil treatment methods and pre-crops, the analysis of total activity density of ground beetle ecological groups was not continued.

The influence of the main soil treatment method and pre-crop in wheat sowings on ground beetle species diversity. During all research seasons, the influence of main soil treatment method and pre-crop on ground beetle species diversity in sample plots was observed. However, the observed effect was not always the same during all three years. In 2012, the highest species diversity was observed in sample plots with two both factor combinations: ploughed soil and rapeseed as a pre-crop contributing to a denser wheat vegetation (1), harrowed soil and spring wheat as a pre-crop contributing to a weaker wheat vegetation compensated by a denser weed vegetation (2). In both cases, the sample plot vegetation has contributed to increased resources of shelters and food for ground beetles by attracting phytophagous invertebrates or promoting the presence of weed seeds. Species diversity was significantly lower in other sample plots. The lowest species diversity in harrowed sample plots and rapeseed as a pre-crop cannot be explained (Fig. 10).

In 2013, rapeseed as pre-crop contributed to a higher species diversity in all sample plots. However, a statistically significant difference was observed only in ploughed sample plots. Harrowed soil in combination with winter wheat as a pre-crop contributed to an equal ground beetle species diversity due to dense weed vegetation, as did rapeseed as pre-crop, regardless of main soil treatment. The main soil treatment method, regardless of pre-crops, also significantly affected species diversity. During the second year of the research, higher species diversity was found in harrowed soil than in ploughed soil (Fig. 11). This can be explained with a less successful weed control using herbicides in 2013 than in a previous year. Weed density did not decrease in all harrowed sample plots after spraying with herbicides; however, in several harrowed sample plots it increased significantly.

During the third research season, a more intense weed control was performed in sample plots. Perennial weed vegetation, which was better developed in sample plots without crop rotation and harrowed soil, was destroyed

before sowing of spring wheat using glyphosate-containing preparation. Herbicide spraying was also effective during growing season. Weed density was similarly low in all sample plots after it. As a result, the highest species diversity was observed in sample plots with rapeseed as a pre-crop, but main soil treatment method had no significant effect in these sample plots. Significantly higher species diversity in sample plots with winter wheat as a pre-crop was observed if soil was ploughed (Fig. 12).

Ground beetle species diversity might be a more suitable IPM indicator than species assemblage. The study showed that significant differences of ground beetle species diversity existed between sample plots with various management regimes. However, one significant obstacle for the use of species diversity as an indicator exists yet. The first two research years showed that the higher species diversity is observed in both sample plots that are managed according to the good IPM practice and in sample plots whose management does not correspond to a good IPM practice principles; yet, the high ground beetle species diversity was secured with a long-lasting weed vegetation in them. Due to this reason, additional research on ground beetle species diversity in wheat sowings with diverse main soil treatment method and different pre-crops is needed. One of the addition research directions might be analysis of species diversity from phenological aspect. Thus it might be possible to verify, whether the ground beetle species diversity significantly differs during separate vegetation season periods among wheat sowings that are managed according to a good IPM practice and other sowings, where good IPM practice is not implemented, and weed control does not leave an effect on ground beetles.

Conclusions

1. Ground beetle species assemblage in researched wheat sowings was formed by 75 species, of which the most dominant were *Bembidion guttula*, *Loricera pilicornis*, *Harpalus rufipes*, *Poecilus cupreus*, *Pterostichus melanarius* and *P. niger*.
2. Ground beetle species assemblages were affected by diverse main soil treatment methods and different pre-crops in wheat sowings. Species proportion might change significantly depending on the manifestation of agroecological factors, however, the main dominant species mostly remained the same regardless of wheat sowing management regime.
3. One or both agroecological factors significantly influenced activity density of fifteen ground beetles species: *Amara plebeja*, *Anchomenus dorsalis*, *B. guttula*, *B. lampros*, *B. properans*, *B. obtusum*, *Carabus cancellatus*, *Harpalus affinis*, *H. rufipes*, *L. pilicornis*, *Nebria brevicollis*, *P. cupreus*, *P. melanarius*, *P. niger* and *Trechus quadristriatus*. Both factor combination influenced the activity density of one species – *A. plebeja*.
4. The main soil treatment method and pre-crops significantly influenced ground beetle species diversity in wheat sowings. Two wheat sowing management regimes contributed to a higher species diversity: ploughed soil and rapeseed as a pre-crop (1), harrowed soil and no crop rotation (2). In the case of second management regime, high species diversity was observed if weed control was insufficiently successful in wheat sowings.
5. The activity density of four species – *B. guttula*, *P. niger*, *A. plebeja* and *N. brevicollis* – can be used as IPM indicators in wheat sowings. *A. plebeja* and *N. brevicollis* can be used as indicators only in winter wheat sowings, but other two species can be used in both winter and spring wheat sowings.
6. Potentially, ground beetle species assemblage, ground beetle species diversity index and the activity density of seven species – *A. dorsalis*, *B. obtusum*, *B. properans*, *C. cancellatus*, *H. affinis*, *P. melanarius* and *T. quadristriatus*, might be used as IPM indicators in wheat sowings. Species diversity index might be a more suitable indicator than species assemblage. However, additional research on these parameters is needed.
7. The total activity density of ground beetle species, the total activity density of various ground beetle species ecological groups, as well as the activity densities of four species – *B. lampros*, *H. rufipes*, *P. cupreus* and *L. pilicornis* – cannot be used as IPM indicators in wheat sowings