



INETA VANAGA

**NEZĀĻU IZPLATĪBAS DINAMIKA UN TO
IEROBEŽOŠANAS IESPĒJAS GRAUDAUGOS
AUGU MAIŅĀ VIDZEMĒ**

**DYNAMICS OF THE DISTRIBUTION OF WEEDS AND
THE POSSIBILITIES OF THEIR CONTROL IN
CEREALS IN CROP ROTATIONS IN VIDZEME**

**Promocijas darba KOPSAVILKUMS
Dr. agr. zinātniskā grāda iegūšanai**

**SUMMARY
of the Doctoral thesis for the scientific degree Dr.agr.**

Jelgava 2010

Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Latvia University of Agriculture

INETA VANAGA

**NEZĀĻU IZPLATĪBAS DINAMIKA UN TO
IEROBEŽOŠANAS IESPĒJAS GRAUDAUGOS
AUGU MAINĀ VIDZEMĒ**

***DYNAMICS OF THE DISTRIBUTION OF WEEDS
AND THE POSSIBILITIES OF THEIR CONTROL
IN CEREALS IN CROP ROTATIONS IN VIDZEME***

Promocijas darba KOPSAVILKUMS

Dr. agr. zinātniskā grāda iegūšanai

SUMMARY

of the Doctoral thesis for the scientific degree Dr.agr.

ISBN 978-9984-861-00-5

Jelgava, 2010

Darba zinātniskais vadītājs/ *Scientific supervisor of the thesis:*
LLU profesors/*LUA professor*
Dr. agr. Dainis Lapiņš

Darba recenzenti/ *Reviewers:*
Dr. agr. Zinta Gaile, Dr. agr. Aleksandrs Adamovičs,
Dr. agr. Veneranda Stramkale

Disertācijas aizstāvēšana paredzēta Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības nozares Laukkopības apakšnozares promocijas padomes atklātā sēdē 2010. gada 14. maijā plkst. 10.00 LLU 123. auditorijā, Lielā ielā 2, Jelgavā.

The defence of thesis in open session of the Promotion Board of Agriculture will be held on May 14, 2010 at 10.00 AM in room 123, LUA, Liela Street 2, Jelgava, Latvia.

Ar zinātnisko darbu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā, Jelgavā, Lielā ielā 2.

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

The thesis is available at the Fundamental Library of the Latvia University of Agriculture, Liela Street 2, Jelgava.

References are welcome to send: Dr. agr. Maija Ausmane, the Secretary of the Promotion Board. Latvia University of Agriculture, Liela Street 2, Jelgava, LV-3001, Latvia.

SATURS / CONTENTS

IEVADS	4
PĒTĪJUMU APSTĀKĻI UN METODIKA	6
PĒTĪJUMU REZULTĀTI UN DISKUSIJA.....	11
Nezāļu izplatības dinamika un to veicinošie apstākļi Vidzemes novada monitoringa vietās.....	11
Sakarības starp graudu ražu un piesārņojuma pakāpi ar nezālēm graudaugu sējumos Rīgas rajona Ādažu pagastā 2000.	22
Herbicīdu lietošanas efektivitātes vērtējums vasaras miežu sējumos Rīgas rajona Ādažu pagastā 2000. – 2002.	26
Nezāļu ietekmes uz graudu ražu salīdzinošais vērtējums ziemas kviešu un vasaras miežu sējumos	29
SECINĀJUMI.....	30
ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA	32

<i>INTRODUCTION</i>	<i>36</i>
<i>CONDITIONS OF RESEARCH AND METHODOLOGY.....</i>	<i>38</i>
<i>RESULTS OF THE RESEARCH AND DISCUSSION</i>	<i>42</i>
<i>Dynamics and factors affecting weed distribution in monitoring areas in Vidzeme region</i>	<i>42</i>
<i>Relationship between grain yield and level of weed infestation in crops in field trials in Riga district Adazi parish in 2000 – 2002.....</i>	<i>50</i>
<i>Evaluations of herbicide efficacy in spring barley in Riga district Adazi parish in 2000 – 2002</i>	<i>53</i>
<i>Comparative evaluations of the influence of weeds on grain yield in winter wheat and spring barley</i>	<i>55</i>
<i>CONCLUSIONS.....</i>	<i>57</i>

IEVADS

Augkopības produkcijas ražošanas tehnoloģiskajā shēmā būtisku vietu ieņem nezāļu ierobežošana. Konkurējot ar kultūraugiem par augu dzīves faktoriem, nezāles nelabvēlīgi ietekmē to ražību un iegūtās produkcijas kvalitāti. Latvijas klimatiskie apstākļi ir piemēroti nezāļu attīstībai, tās neierobežojot, augsne ik gadus papildinās ar ievērojamu sēklu krājumu.

Sējumu nezāļainības dinamikas, sugu sastāva un tā izmaiņu pētījumi Latvijā veikti jau pirms 1947. gada, kad šo darbu pamatā vadīja botāniķis Alfrēds Rasiņš. Pētījumi tika turpināti 1970. – 1980-ajos gados. Latvijā 1990. gadā zemes reformas rezultātā mainījās zemes īpašuma formas. Galvenais saimniekošanas veids bija nelielas zemnieku, piemājas saimniecības un personīgās palīgsaimniecības bijušo kolektīvo lielsaimniecību vietā. Vidēji vienas lauku saimniecības rīcībā bija 13 ha lauksaimniecībā izmantojamās zemes. Strauji samazinājās gan herbicīdu lietošanas apjomi (1986. – 1990.: 722.6 tūkst. ha; 1993.: 148 tūkst. ha). Palielinājās graudaugu sējumu īpatsvars: tie 1994. gadā aizņēma 41%, bet 2001.: jau 52% no visu kultūraugu sējumu kopplatības. Līdztekus tam bija pazeminājusies augsnes apstrādes kvalitāte, un visu šo apstākļu rezultātā palielinājies sējumu nezāļainība.

1994. gadā Latvijas Lauksaimniecības universitātes (LLU) Laukkopības katedra, LLU Skrīveru Zinātnes centrs un Latvijas Valsts Augu aizsardzības centrs uzsāka sadarbību ZP Granta Nr. 93.729 „Latvijas Republikas nezāļu izplatība, botāniskais sastāvs, to dinamika un kaitīgums, nezāļainības ierobežošana un apkarošanas pasākumu optimizācija” ietvaros. Tas deva iespēju veikt sējumu nezāļainības ikgadējas uzskaites dažādos Latvijas novados noteiktās izvēlētās monitoringa vietās un turpināt 1947. gadā botāniķa A. Rasiņa aizsāktos pētījumus. Šis darbs tika veikts tādēļ, ka valstī, salīdzinot ar iepriekš veikto nezāļu izplatības pētījumu laiku bija krasi mainījusies ekonomiskā sistēma: samazinājās līdzekļi herbicīdu iegādei un nezāļu ierobežošana pasākumu izpildei. Literatūrā bija atrodami pētījumu rezultāti par nezāļu sugu sastāva izmaiņām sējumos, bet materiālus par to ietekmējošo faktoru noteikšanu, kā arī sakarībām starp nezālēm un to sēklām labību sējumos ilgākā laika periodā nav izdevies atrast. Lietojot lineārās regresijas analīzes paņēmienus bija iespējams aprēķināt faktoru ietekmes lielumus uz nezāļainības datu atšķirībām monitoringa vietās.

Nezāļu integrētās ierobežošanas sistēmas pamatā jābūt racionālam metožu un paņēmieni kopumam, kas vienlaicīgi novērsīs gan ievērojamus ražas zudumus, samazinot nezāļu skaitu, gan nodrošinās tiešo un netiešo ietekmi uz vidi. Ļoti svarīgi ir noteikt nezāļu ekonomisko kaitīguma robežsliekšni (EKR), pie kura konkrētos apstākļos un noteiktā agrofitocenozē atmaksājas nezāļu ierobežošana, lai nezāļu ierobežošanas process kļūtu efektīvs un lēts. EKR aprēķināšanai

nepieciešams zināt sakarību starp kultūrauga ražu un sējuma piesārņojumu ar nezālēm. Šādiem pētījumiem par herbicīdu lietošanas efektivitāti tika veikti izmēģinājumi, lai pārbaudītu herbicīdu pilnu, 1/2 un 1/4 no rekomendētās devas efektivitāti gan nezāļu ierobežošanā, gan ietekmi uz graudu ražu vasaras miežu sējumos. Veiktie pētījumi bija orientēti uz graudaugiem, jo tā ir galvenā republikā audzējamo kultūraugu grupa. Literatūrā ir maz datu par graudu ražu līmeņu un nezāļu skaitu sējumos sakarībām ar to būtiskuma vērtējumu. Šādu rezultātu ieguve Latvijā turpmāk ļautu tos korekti salīdzināt ar citās valstīs iegūtajiem pētījumu rezultātiem.

Darba mērķis

Sniegt nezāļainības izmaiņu vērtējumu monitoringa vietās graudaugos, nosakot sējumu un augsnes nezāļainību ietekmējošo faktoru: t.sk. kultūraugu un nezāļu izplatības ierobežošanas pasākumu, ietekmes nozīmību augu maiņā, noskaidrot sakarības starp graudu ražu un sējumu nezāļainību vasaras miežos un ziemas kviešos.

Darba uzdevumi

1. Noskaidrot sējumu nezāļainības un nezāļu sēklu skaita augsnē izmaiņas Vidzemes novada piecās monitoringa vietās ražošanas apstākļos.
2. Noskaidrot sakarības starp nezāļainību ziemas kviešu un vasaras miežu sējumos un graudu ražu, tās nozīmīgākajiem struktūrelementiem.
3. Noteikt nezāļu bioloģiskās daudzveidības un ražošanas risku izmaiņas vasaras miežu sējumos herbicīdu lietošanas apstākļos.

Zinātniskā novitāte

1. Noteikti nezāļu sugu sastāva izmaiņu ietekmējošie svarīgākie faktori graudaugos augu maiņā, sniegtas sējumos veģetējošo nezāļu un augsnes nezāļainības sakarības; kā arī pirmo reizi Latvijā veikta augsnes potenciālās nezāļainības noteikšana monitoringa vietās sešu gadu periodā;
2. Noteikta ziemas kviešu, vasaras miežu sējumu nezāļainības un atsevišķu nezāļu sugu ietekme uz graudu ražu un tās nozīmīgākajiem struktūrelementiem, izmantojot sakarību vērtējuma būtiskumu;
3. Herbicīdu lietošanas ietekmes vērtējumam izmantoti nezāļu bioloģiskās daudzveidības indeksi, kā arī atšķirīgu herbicīdu un to devu lietošanas ražošanas riski.

Pētījumu rezultāti atspoguļoti 13 publikācijās un 1 kongresa tēzēs.

Par izmēģinājumu rezultātiem ziņots starptautiskajās konferencēs: Igaunijā 2000., Lielbritānijā 2001., Lietuvā 2002., Latvijā un Vācijā 2004.;

starptautiskajās zinātniskajās konferencēs: Latvijā 2000., 2001., 2002., Igaunijā un Baltkrievijā 2002.; Eiropas nezāļu pētniecības biedrības organizētajos simpozijos: Nīderlandē 2002., Turcijā 2003. un Itālijā 2005.; Ziemeļvalstu Lauksaimniecības zinātnieku asociācijas organizētajā 22. kongresā Somijā 2003.; praktisko bioloģu asociācijas organizētajā konferencē Lielbritānijā 2002., Ziemeļlielbritānijas augu aizsardzības asociācijas organizētajā konferencē Scotijā 2002. gadā.

PĒTĪJUMU APSTĀKĻI UN METODIKA

Darba struktūra. Promocijas darba uzdevumu veikšanai pētījumi veikti piecās monitoringa vietās Vidzemes novadā un lauku izmēģinājumos graudaugos Rīgas rajona Ādažu pagastā. Promocijas darbā administratīvo vietu nosaukumi lietoti, kādi tie bija pētījumu veikšanas gados, pirms Saeimā 2008. gada 18. decembrī tika pieņemts „Administratīvo teritoriju un apdzīvoto vietu likums” (“LV”, 202 (3986), 30.12.2008.) [spēkā ar 31.12.2008.].

Vidzemes novada monitoringa vietas. Pētījumi par nezāļu sugu un grupu sastopamību un izplatības dinamiku Latvijā veikti sējumu un augsnes nezāļainības ikgadējās uzskaitēs (monitoringa sistēmā) Vidzemes novadā (vienā no četriem vēsturiskajiem novadiem Latvijā, kas atrodas valsts ziemeļaustrumos) piecu rajonu (Rīgas, Cēsu, Valkas, Valmieras un Limbažu) monitoringa vietās. Augu maiņu, kā arī nezāļu ierobežošanas pasākumus izvēlējās tās īpašnieks saskaņā ar viņa saimnieciskās darbības interesēm, tāpēc klasiskās augu maiņas prasībām atbilstoša tā bija tikai vienā gadījumā – Cēsu rajonā, bet pārējās bija laikā izvērstā kultūraugu maiņa bez noteiktas kultūraugu rotācijas (1. tabula).

Cēsu rajona 17 ha monitoringa vietā Priekuļu pagastā (ziemeļu platums 57°31'15"; austrumu garums 25°27'29") augsne – velēnu podzolaugsne (PVv), smilšmāls (L). Augsnes reakcija pH KCl 5.5, organiskā viela 16 g kg⁻¹. Nezāļu ierobežošanai 1995. gadā lietoja herbicīdu RP 2.4-D (2.4-D, 500 g L⁻¹), bet 1999. un 2002.: BASF MCPA š.k. (MCPA, 750 g L⁻¹). Kartupeļu stādījumā lietoja herbicīdu titus 25 d.g. (rimsulfurons 250 g kg⁻¹).

Rīgas rajona 30 ha monitoringa vietā Ādažu pagastā (ziemeļu platums 57°05'23"; austrumu garums 24°18'37") augsne – velēnu podzolaugsne (PVv), mālsmilts (LS). Augsnes reakcija pH KCl 5.1, organiskā viela 12 g kg⁻¹. Nezāļu ierobežošanai 1995. gadā kartupeļu stādījumā lietoja herbicīdu zenkors 70 p.s. (metribuzīns 700 g kg⁻¹), bet no 1996. līdz 2000. vasaras graudaugu sējumos lietoja herbicīdu granstars 75 d.g. (tribenuronmetils 750 g kg⁻¹).

Valkas rajona 15 ha monitoringa vietā Plāņu pagastā (ziemeļu platums 57°35'42"; austrumu garums 25°45'50") augsne – velēnu podzolaugsne (PVv), smilšmāls (L). Augsnes reakcija pH KCl 6.2, organiskā viela 27 g kg⁻¹. Nezāļu

ķīmiskā ierobežošana veikta monitoringa vietā tikai vasaras miežos 2002. gadā, kad lietoja Kemira MCPA 750 š.k. (MCPA, 750 g L⁻¹).

1. tabula / Table 1

Augu maiņa monitoringa vietās Vidzemes novadā
Crop rotations in monitoring areas in Vidzeme region

Gadi /Years	Monitoringa vietas, rajons/ <i>Monitoring areas, district</i>				
	Cēsu	Rīgas	Valkas	Valmieras	Limbažu
1994	CB/ B	VM/ SB	CB/ B	ZK/ WW	K/ P
1995	VM+SA/ SB+RF	K/ P	VM/ SB	VK/ SW	A/ O
1996	SA/ RF	VM/ SB	ZR/ WR	K/ P	VM/ SB
1997	SA/ RF	VM/ SB	ZR/ WR	VK/ SW	A/ O
1998	VM/ SB	VM/ SB	VM/ SB	A/ O	ZK/ WW
1999	VM/ SB	VM/ SB	P/ F	A/ O	ZR/ WR
2000	K/ P	VK/ SW	ZR/ WR	VK+(T+SĀ)/ SW+(T+RC)	A/ O
2001	ZT+SĀ/ WT+RC	ATM/ UN	K/ P	T+SĀ/ T+RC	ZK/ WW
2002	SĀ/ RC	ATM/ UN	VM/ SB	T+SĀ/ T+RC	A/ O

Saīsinājumi/ *Abbreviations*: ATM – atmata/ UN – uncropped; A – auzas/ O – oats; CB – cukurbietes/ B – sugar beet; K – kartupeļi/ P – potato; VK – vasaras kvieši/ SW – spring wheat; VM – vasaras mieži/ SB – spring barley; VM+SA – vasaras mieži ar sarkanās auzenes pasēju/ SB+RF – spring barley undersown with red fescue; P – papuve/ F – fallow; SA – sarkanā auzene/ RF – red fescue; SĀ – sarkanais āboliņš/ RC – red clover; ZK – ziemas kvieši/ WW – winter wheat; ZR – ziemas rudzi/ WR – winter rye; T, SĀ – timotiņa un sarkanā āboliņa mixtrs/ T, RC – timothy and red clover mixture; ZT+SĀ – ziemas tritikāle ar sarkanā āboliņa pasēju/ WT+RC – winter triticale undersown with red clover

Valmieras rajona 14 ha monitoringa vietā Rencēnu pagastā (ziemeļu platums 57°44'28"; austrumu garums 25°25'09") augsne – velēnu podzolaugsne (PVv), mālsmilts (LS). Augsnes reakcija pH KCl 6.2, organiskā viela 16 g kg⁻¹. Nezaļu ķīmiskā ierobežošana veikta tikai auzu sējumā 1999. gadā, kad lietoja RP MCPA 750 š.k. (MCPA, 750 g L⁻¹). Timotiņš un sarkanais āboliņš tika nopļauts 2001. – 19. jūnijā un 2002. – 1. jūlijā.

Limbažu rajona 15 ha monitoringa vietā Vidrižu pagastā (ziemeļu platums 57°21'05"; austrumu garums 24°40'39") augsne – velēnu podzolaugsne (PVv), mālsmilts (LS). Augsnes reakcija pH KCl 6.0, organiskā viela 18 g kg⁻¹. Nezaļu ierobežošanai lietoja: 1995. gadā RP 2.4–D š.k. (2.4–D, 500 g L⁻¹).

Monitoringa vietās, kurās audzēja kartupeļus vai cukurbietes, veģetācijas periodā tika veikta arī mehāniskā nezāļu ierobežošana.

Monitoringa vietās nezāļu uzskaitē noteikta pēc sastopamības metodes, kuru izstrādājuši A. Rasiņš un M. Tauriņa (1982). Uzskaites veiktas vienu reizi veģetācijas periodā katru gadu jūlija sākumā. Augsnes nezāļainības noteikšanai līdztekus veģetējošo nezāļu uzskaitē no 1997. gada pēc B. Dospheva, I. Vasiļjeva un A. Tuļikova (Доспехов, Васильев, Туликов; 1977) izstrādātās metodikas veikta nezāļu sēklu noteikšana. Nezāļu sēklu skaits pārrēķināts uz 1 m² augsnes 0 – 0.05 m dziļumā.

Nezāļu sugas bioloģiskajās grupās iedalītas pēc to mūža ilguma (īsmūža un daudzgadīgās) un morfoloģiskajām īpašībām (divdīgļlapju un viendīgļlapju). Savukārt īsmūža divdīgļlapju nezāļu sugas pēc to attīstības rakstura un daudzgadīgās divdīgļlapju nezāļu sugas pēc sakņu sistēmas dziļuma un tipa iedalītas apakšgrupās.

Nezāļu izplatības dinamikas noteikšanai aprēķināti vidējie rādītāji veģetējošiem augiem katrai nezāļu sugai un bioloģiskai grupai deviņu gadu (1994. – 2002.), bet sēklām – sešu gadu (1997. – 2002.) periodā, izsakot to īpatsvaru % no kopējā nezāļu skaita. Varianšu (nezāļu skaita un nezāļu sēklu skaita) izkliede ap vidējo rādītāju aprēķināta, izmantojot standartkļūdu.

Nezāļu sugu vai to bioloģisko grupu vidējo rādītāju salīdzināšanai un starpību būtiskuma noteikšanai starp kultūraugu grupām izmantota dispersijas analīze. Nezāļu augu un sēklu sastopamība tika vērtēta ar relatīvo biežumu, t.i., nezāļu sugu augu sastopamības biežums (gados), ja monitoringa gadu skaits augiem: 9 gadi, sēklām: 6 gadi. Pēc to sastopamības biežuma aprēķināja katrai nezāļu sugai rangu. Nezāļu augu un sēklu sastopamības sakarību aprēķiniem un vērtējumam izmantota korelācijas un regresijas analīze.

Vidzemes novada piecu monitoringa vietu un gadu mijiedarbības ietekmes noteikšanai, nezāļu skaita, nezāļu sugu skaita atšķirību aprēķināšanai pa kultūraugu grupām, kultūraugu sugām, izmantoti dati par kopējo nezāļu un sugu skaitu un veikta vienfaktora dispersijas analīze.

Skaita un sugu sastāva izmaiņu noteikšanai katrā nezāļu bioloģiskajā grupā monitoringa periodā, izmantojot vienfaktora lineāro un daudzfaktoru lineāro regresijas analīzi pētīti kā ietekmes faktori „lauks”, „gads”, „kultūraugs”, „priekšaug” un „herbicīds” to relatīvās ietekmes (īpatsvara) noteikšanai. Koriģētos determinācijas koeficientus (R^2_k ; Arhipova I., Bāliņa S., 2003) izmantoja, lai aprēķinātu relatīvo ietekmi katram faktoram gan atsevišķi, gan grupējot.

Lauka izmēģinājumi sakarību izpētei starp graudu ražu un piesārņojuma pakāpi ar nezālēm labību sējumos, kā arī herbicīdu lietošanas efektivitātes

vērtējuma pētījumiem ierīkoti 2000. – 2002. Rīgas rajona Ādažu pagastā. Augsne: velēnu podzolaugsne (PVv), mālsmilts (LS). Katru gadu tie iekārtoti citā laukā, kur augu maiņu un lietoto agrotehniku (izņemot augu aizsardzības pasākumus izmēģinājumu laucīņos) izvēlējās īpašnieks saskaņā ar viņa saimniekošanas agroekonomiskajām interesēm.

Ziemas kviešu lauku augsnes raksturojums: pH KCl 4.6 – 4.9, organiskā viela 11 – 22 g kg⁻¹. Izmēģinājumu laukos: rudenī 1999. un 2000. gadā pēc kartupeļu novākšanas augsne kultivēta, 2001.: pēc vasaras kviešiem: uzarta un kultivēta. Ziemas kviešu ‘Pamjati Fedina’ sēja 1999., 2000. un 2001. gadā veikta attiecīgi 23., 15. un 27. septembrī. Izmēģinājumos 2000. – 2002. gadā herbicīdi smidzināti 25. aprīlī, kultūraugu 25. – 29. attīstības stadijā. Papildmēslojumā dots 120 kg ha⁻¹ N tīrvielā.

Vasaras miežu lauku augsnes raksturojums: pH KCl 4.8 – 5.6, organiskā viela 14 – 21 g kg⁻¹. Izmēģinājumu laukos augsne uzarta rudenī un divas reizes kultivēta pirms sējas. 2000. gadā vasarāji sēti laukā, kur 1999. bija neaizņemtā ķīmiskā papuve, 2001. priekšaugš – kartupeļi un 2002.: ziemas kvieši. Miežu ‘Abava’ sēja 2000., 2001. un 2002. gadā veikta attiecīgi 5., 7. un 4. maijā un izmēģinājumos herbicīdi smidzināti 31., 30. un 24. maijā, kultūraugu 12. – 15. attīstības stadijā. Papildmēslojumā dots 100 kg ha⁻¹ N tīrvielā.

Izmēģinājuma varianti sakarību pētījumiem starp graudu ražu un piesārņojumu ar nezālēm 2000. – 2002. apkopoti 2. tabulā un herbicīdu lietošanas efektivitātes vērtējuma izmēģinājuma varianti – 3. tabulā.

2. tabula / Table 2

**Izmēģinājumu varianti ražas un nezālainības sakarību pētījumiem
ziemas kviešu un vasaras miežu sējumos 2000. – 2002. Ādažu pagastā
Treatments for yield and weed infestation relationship experiments
in winter wheat and spring barley 2000 – 2002 in Adazi parish**

Variants/ Treatments	Preparāta deva ha ⁻¹ / Dose of product ha ⁻¹	
	ziemas kviešos/ winter wheat	vasaras miežos/ spring barley
1. Kontrole/ Untreated	nav lietoti/ not applied	nav lietoti/ not applied
2. Granstars 75 d.g.*/ Granstar 75WG*	15 g	10 g
3. Duplozāns Super š.k./ Duplosan Super 600 SL	2.5 L	2.0 L
4. Duplozāns Super š.k. + Granstars 75 d.g./ Granstar 75WG + Duplosan Super 600 SL	2.0 L + 7.5 g	1.5 L + 7.5 g

* + virsmas aktīvā viela Citovets/ additive Citowett – 100 ml 100 L⁻¹ H₂O

Izmēģinājumā iekļautie herbicīdi bija no sulfonilurīnvielas grupas: granstars 75 d.g. (metil–tribenurons 750 g kg⁻¹) un no augsīnu grupas: duplozāns super š.k. (dihlorprops–P 310 g L⁻¹ + MCPA 160 g L⁻¹ + mekoprops–P 130 g L⁻¹). Virsmas aktīvā viela citovets (alkilfenoletoksidāts) lietota tvertnes maisījumos ar granstaru.

3. tabula / Table 3

Izmēģinājumu varianti herbicīdu lietošanas efektivitātes vērtējumu pētījumos vasaras miežos 2000. – 2002. Ādažu pagastā
Treatments for experiments for evaluations of herbicide efficacy in spring barley 2000 – 2002 in Adazi parish

Variants/ <i>Treatments</i>	Preparāta deva ha ⁻¹ / <i>Dose of product ha⁻¹</i>	Attiecība pret pilno devu/ <i>Ratio of dose</i>
1. Kontrole/ <i>Untreated</i>	nav lietoti/ <i>not applied</i>	nav lietoti/ <i>not applied</i>
2. Granstars 75 d.g.*/ <i>Granstar 75WG*</i>	3.75 g	¼
3. Granstars 75 d.g.*/ <i>Granstar 75WG*</i>	7.5 g	½
4. Granstars 75 d.g.*/ <i>Granstar 75WG*</i>	15.0 g	pilna/ <i>full</i>
5. Duplozāns Super š.k./ <i>Duplosan Super 600 SL</i>	0.5 L	¼
6. Duplozāns Super š.k./ <i>Duplosan Super 600 SL</i>	1.0 L	½
7. Duplozāns Super š.k./ <i>Duplosan Super 600 SL</i>	2.0 L	pilna/ <i>full</i>

* + virsmas aktīvā viela Citovets/ *additive Citowett* – 100 ml 100 L⁻¹ H₂O

Ziemas kviešos un vasaras miežos lauka izmēģinājumu variantu lauciņi izvietoti, izmantojot randomizēto bloku metodi četros atkārtojumos. Lauciņu lielums: 30 m². Herbicīdu efektivitātes novērtēšanai graudaugu sējumos izmantota Eiropas un Vidusjūras Augu aizsardzības organizācijas (EAAO) Vadlīnija Nr. 93. Lauka izmēģinājumos līdztekus nezāļu ierobežošanai veikts pilns augu aizsardzības pasākumu komplekss. Herbicīdu smidzināšana veikta ar muguras smidzinātāju “Gloria”, izmantojot plakanstrūklas sprauslas XR 8003 VS, ar darba šķidrums izlietojumu 300 L ha⁻¹ un spiedienu 300 kPa.

Lauka izmēģinājumos nezāļu skaita un zaļās masas uzskaitē veikta vienu reizi veģetācijas periodā 4 – 6 nedēļas pēc smidzināšanas ar herbicīdiem katrā lauciņā randomizēti trīs vietās, izmantojot 0.25 m² rāmīti. Nezāļu skaits un zaļā masa pārreķināta uz 1 m². Graudu raža ar izmēģinājumu kombainu “Sampo 500” vākta no katra izmēģinājuma lauciņa, izteikta t ha⁻¹ pie 100% tīrības un 15% mitruma.

Ražas veidojošo struktūrelementu (produktīvo stiebru skaits, vārpu garums, 1000 graudu masa, graudu skaits vārpā) un nezāļainības pētījumiem katrā izmēģinājuma lauciņā paņemti paraugkūļi ar rāmīti (0.2 m²) 15 (ziemas kviešos) vai 20 vietās (vasaras miežos). Nezāļu skaits un gaissausā masa noteikta uz 1 m².

Sakarību aprēķinos starp ziemas kviešu, kā arī vasaras miežu ražu un divdīgļlapju nezālēm ar herbicīdiem apstrādātajās un neapstrādātajās platībās izmantoja heterogēnā statistiskā kompleksa vienfaktora dispersijas analīzi un korelācijas – regresijas analīzi. Nezāļu ietekme uz ražu noteikta regresijas vienādojumos, kur: y – graudu raža, t ha⁻¹; un x – divdīgļlapju nezāļu skaits, gab m⁻² vai divdīgļlapju nezāļu zaļā masa, g m⁻², r_{yx} – korelācijas koeficients, b_{yx} – regresijas koeficients, r^2 – determinācijas koeficients, P – rezultātu būtiskuma līmenis.

Bioloģiskās daudzveidības līmeņa raksturošanai izmantots Šenona bioloģiskās daudzveidības indekss H' , kuru aprēķina pēc formulas (1):

$$H' = -\sum \{p_i * \ln(p_i)\}, \quad (1)$$

kur

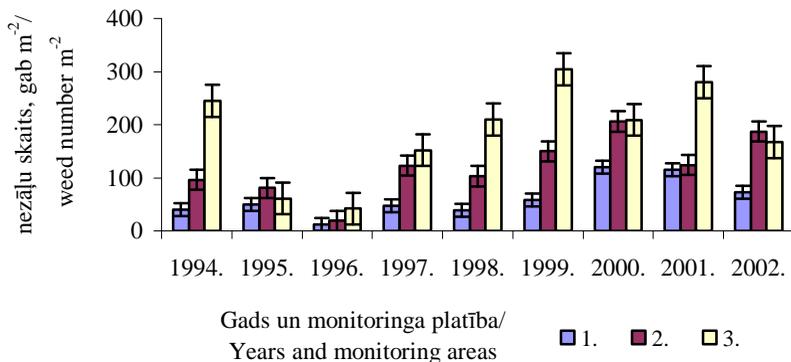
p_i – proporcionālais kopējais nezāļu skaits monitoringa vietā, aprēķināts no katras (i -tās) nezāļu sugas, pēc A. Maguranas (Magurran; 1988) aprakstītās metodes. Indekss tiek aprēķināts no kopējā nezāļu sugu skaita un katras sugas īpatņu skaita sējumā. Šenona bioloģiskās daudzveidības indeksu starpību būtiskums novērtēts ar Stjudenta t kritērija vērtību. Pētījumos par herbicīdu lietošanas pozitīvas vai negatīvas efektivitātes iespējām attiecībā uz vasaras miežu graudu ražu, aprēķināts ražošanas risks P_r , izmantojot Z. Gošas (2003) aprakstīto metodi.

PĒTĪJUMU REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Nezāļu izplatības dinamika un to veicinošie apstākļi Vidzemes novada monitoringa vietās

Vidzemes novada monitoringa vietās nezāļu izplatības un dinamikas salīdzināšanai, tās tika grupētas novērtējot graudaugu sējumu īpatsvaru to augu maiņā. 1. grupa: Cēsu rajona monitoringa vieta, kur uzskaites periodā augu maiņas struktūrā graudaugi bija 44%; 2. grupa: monitoringa vietas Rīgas, Valkas un Valmieras rajonos, kur tie tika audzēti 67% no visu kultūraugu platības, un 3. grupa – monitoringa vieta Limbažu rajonā, kur graudaugi bija 89% no visu kultūraugu platības.

Cēsu rajona monitoringa vietā uzskaites periodā vidējais nezāļu skaits bija 61.5 gab m⁻² ($s_{\text{vid.}} \pm 12$), tas variēja no 12 līdz 120 gab m⁻² (1. att.). Piesārņojuma palielinājums vai samazinājums ar nezālēm no 1994. – 1999. nevienā gadā nepārsniedza standartkļūdu no vidējā nezāļu piesārņojuma. 2000. un 2001. vidējais piesārņojums ar nezālēm palielinājās 1.7 reizes, salīdzinot ar vidējo 9 gadu rādītāju.



1. att. **Nezāļu skaita dinamika Vidzemes novada monitoringa vietās./**
Fig. 1 Dynamics of the numbers of weeds in monitoring areas in Vidzeme region.

1. Cēsu rajonā/ in Cesis district ($s_{\text{vid.}}/s_{\text{av.}} = \pm 12$); 2. vidēji Rīgas, Valkas, Valmieras rajonos/ average in Rīga, Valka, Valmiera districts ($s_{\text{vid.}}/s_{\text{av.}} = \pm 19$);

3. Limbažu rajonā/ in Limbaži district ($s_{\text{vid.}}/s_{\text{av.}} = \pm 30$).

Mērījumu kļūdu atzīmes parāda standartkļūdu no vidējā aritmētiskā, katrai rajonu grupai atsevišķi/ Error bars represent the standard error of the mean for each district group separately.

1994. gadā cukurbiešu un 1995. vasaras miežu sējumos veiktajās nezāļu uzskaitēs dominēja īsmūža divdīgļlapji (70% un 92% no kopskaita) un to skaits bija 40 – 50 gab m⁻². 1996. gadā sarkanās auzenes pirmajā audzēšanas gadā, salīdzinot ar iepriekšējiem gadiem samazinājās gan kopējais nezāļu skaits, gan sugu skaits. Izmainījās arī skaita īpatsvara attiecības starp īsmūža un daudzgadīgajām nezālēm, jo piesārņojums ar daudzgadīgajām nezālēm bija jau 50% no nezāļu kopskaita. 1997. gadā sarkanās auzenes otrā izmantošanas gada sējumā uzskaitē visas noteiktās nezāļu sugas bija daudzgadīgās, no tām 55% – divdīgļlapji, 45% – viendīgļlapji, kā arī nezāļu kopskaits bija palielinājies (47 gab m⁻²). Vasaras miežu sējumos ikgadējās augsnes apstrādes un herbicīdu lietošanas rezultātā daudzgadīgo divdīgļlapju nezāļu skaits 1998. – 1999. bija tikai 2.6 – 3.4% no nezāļu kopskaita un īsmūža divdīgļlapju skaits pakāpeniski ik gadus

palielinājās. Kartupeļu stādījumā 2000. gadā neefektīvas herbicīdu lietošanas (novēlots apstrādes laiks) rezultātā nezāļu kopskaits palielinājās un bija vislielākais novērojumu periodā, palielinājās arī daudzgadīgo nezāļu skaita īpatsvars (41% no kopskaita). Nezāļu kopējais skaits tritikāles ar sarkanā āboliņa pasēju sējumā 2001. un 2002. gadā sarkanā āboliņa pirmajā audzēšanas gadā, ik gadus samazinājās, salīdzinot ar 2000. Turklāt 2002. gadā konstatēja krasas, gan kopējā nezāļu skaita, gan to sugu samazinājumu, kā arī procentuālās īpatsvara izmaiņas starp īsmūža un daudzgadīgajām nezālēm: īsmūža divdīgļlapju nezāles bija tikai 15% no visu nezāļu kopskaita.

Novērtējot nezāļu skaita izmaiņas to bioloģiskajās grupās, vienīgi 1997. gada uzskaitē netika konstatētas īsmūža divdīgļlapju nezāles, kaut gan tās kopumā šajā augu maiņā bija dominējošās: vidēji 9 gados: 32.3 ± 8.2 gab m^{-2} , to skaita īpatsvars bija 52.5% no visu nezāļu kopskaita. Dominējošās īsmūža divdīgļlapju nezāļu sugas bija lauka vijolīte (*Viola arvensis* Murray*; 10.7 ± 4.1 gab m^{-2}), baltā balanda (*Chenopodium album* L.; 3.1 ± 1.5 gab m^{-2}), parastā virza (*Stellaria media* (L.) Vill; 3.0 ± 0.9 gab m^{-2}), tīruma neaizmirstule (*Myosotis arvensis* (L.) Hill; 2.9 ± 1.9 gab m^{-2}), tīruma kumelīte (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch.Bip.; 2.7 ± 0.7 gab m^{-2}), ganu plikstiņš (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.; 1.8 ± 0.8 gab m^{-2}). Graudaugu sējumos 1995. un 1999. gadā pēc herbicīdu lietošanas palielinājās pret tiem izturīgo nezāļu (maura kumelītes (*Chamomilla suaveolens* (Pursh) Rudb.), lauka vijolītes) skaits un līdz ar to šajos gados piesārņojums ar nezālēm palielinājās, salīdzinot ar iepriekšējiem gadiem.

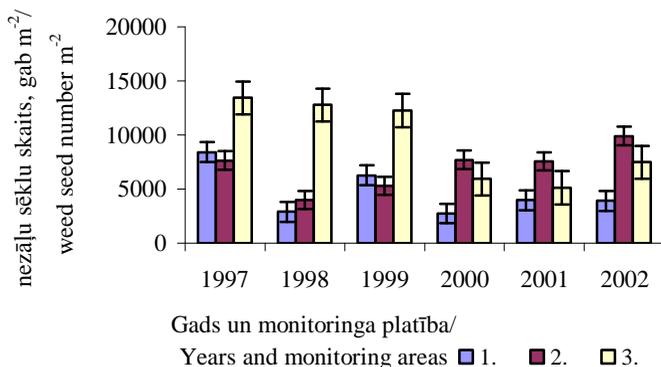
Daudzgadīgās nezāles šajā augu maiņā bija vidēji 27 ± 6.3 gab m^{-2} . Ložņu vārpata (*Elymus repens* (L.) Gould) noteikta visās kultūraugu grupās, tai bija vislielākais skaits īpatsvars (30.9% no kopskaita) un viens no augstākajiem sastopamības rādītājiem (noteikta 8 uzskaites gados). Daudzgadīgo divdīgļlapju skaits būtiski palielinājās zālaugu sējumos 1997. un 2002. gadā. Tīruma usnes (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) skaits 1997. gadā (11 gab m^{-2}) un 2002. (12 gab m^{-2}) bija lielāks nekā vidēji aprēķināts visā uzskaites periodā (6.3 ± 2.5 gab m^{-2}).

Monitoringa vietā uzskaites periodā vidējais nezāļu sēklu skaits bija 4698 gab m^{-2} ($s_{vid.} \pm 904$). Salīdzinot dinamiku pa gadiem, noteiktas nezāļu sēklu skaita ievērojamas izmaiņas ik gadu periodā no 1997. līdz 2000. gadam, kad iegūto datu aprēķinātās starpības katru gadu pārsniedza standartnovirzes robežas (2. att.). Straujš pazeminājums bija 1998. un 2000. gadā salīdzinājumā ar iepriekšējo novērojuma gadu, bet palielinājums – 1999. Ikgadējās augsnes apstrādes un nezāļu ierobežošana netika veikta stiebrzāļu sējumos 1996. un 1997. gadā, kas ietekmēja

* nezāļu nosaukums latīņu valodā un autors tiek minēts tekstā latviešu valodā pieminot šo nezāļu sugu tikai pirmo reizi

Īsmūža nezāļu skaita un sugu samazinājumu sējumos, gan arī kopējo piesārņojumu ar to sēklām augsnē 1998. un 2000. No identificētajām 16 nezāļu sugu sēklām augsnes paraugos, baltās balandas sēklas konstatētas visos sešos novērojumu veikšanas gados, tā bija vidēji 67.1% no kopējā nezāļu sēklu skaita.

Starp graudaugu un pārējo kultūraugu sējumos noteikto nezāļu un sēklu skaitu netika konstatētas būtiskas atšķirības. Konstatēta ļoti cieša ($r = 0.80$), būtiska ($P < 0.01$) kopsakarība starp īsmūža nezāļu un to sēklu sastopamību. Īsmūža nezāļu sēklu skaita izmaiņas augsnē būtiski ietekmēja šīs nezāļu grupas īpatņu sastopamība sējumos ($r^2 = 64\%$, $b_{yx} = 0.91$, $P < 0.01$).



2. att. **Nezāļu sēklu skaita dinamika Vidzemes novada monitoringa vietās./**
Fig. 2 Dynamics of the number of weed seeds in monitoring areas in Vidzeme region.

1. Cēsu rajonā/ in Cesis district ($s_{vid.}/s_{av.} \pm 904$); 2. vidēji Rīgas, Valkas, Valmieras rajonos/ average in Rīga, Valka, Valmiera districts ($s_{vid.}/s_{av.} \pm 48$); 3. Limbažu rajonā/ in Limbaži district ($s_{vid.}/s_{av.} \pm 1526$).

Mērījumu kļūdu atzīmes parāda standartkļūdu no vidējā aritmētiskā, katrai rajonu grupai atsevišķi./ Error bars represent the standard error of the mean for each district group separately.

Cēsu rajona monitoringa vietas nezāļu skaita dinamikas rezultāti parāda, ka:

1. zālaugu augstais īpatsvars šajā augu maiņā ietekmēja nezāļu sugu un to grupu sastāvu un izmaiņas tajā. Zālaugi bija konkurētspējīgāki, salīdzinot ar vasaras un ziemas labībām īsmūža divdīgļlapju nezāļu ierobežošanā;

2. herbicīdu – gramīnīdu lietošanas ierobežojums stiebrzāļu sējumos, vai arī to neefektīvas lietošanas rezultātā šajā augu maiņā palielinājās ložņu

vārpata skaits. Tai noteikts vislielākais īpatsvars no nezāļu kopskaita un augsts sastopamības rādītājs šajā monitoringa vietā;

3. salīdzinot konstatēto nezāļu sugu izplatību kultūraugu sējumos ar identificētajām sēklām augsnes paraugos, noteiktas ciešas būtiskas sastopamības sakarības tām īsmūža nezāļu sugām, kuras vairojas ar sēklām.

Trīs rajonu: **Rīgas, Valkas un Valmieras** monitoringa vietu augu maiņās graudaugi tika audzēti 67%, bet konkrētu kultūraugu sugu izvēle un to izvietojums pa gadiem atšķirās, tādēļ nezāļu skaita samazinājuma vai palielinājuma tendence konkrētajā augu maiņā ne vienmēr bija tāda pati, kā šo trīs rajonu vidējiem rādītājiem. Zemākais piesārņojums ar nezālēm (19 gab m⁻²) noteikts 1996. gadā, bet visaugstākais: 2000. (206 gab m⁻²), šīs atšķirības būtiski pārsniedza vidējā aritmētiskā ticamības intervālu (121 ± 19 gab m⁻², P < 0.05; 1. att.). Augsto piesārņojumu ar nezālēm rajonos 2000. un 2002. gadā veicināja gan atkārtota graudaugu audzēšana augu maiņā, gan lauka atstāšana atmatā.

Piesārņojuma izmaiņas ar īsmūža nezālēm bija līdzīgas visās trīs monitoringa vietās līdz 2001. gadam, kad ievērojams skaita samazinājums tika noteikts Valkas un Valmieras rajona, bet palielinājums – Rīgas rajona monitoringa vietā. 2002. gadā ievērojami īsmūža nezāļu skaits palielinājās Valkas rajona, bet samazinājās Rīgas rajona monitoringa vietā. Dominēja īsmūža divdīgļlapju nezāles un visbiežāk sastopamākās bija: parastā virza (9.1 gab m⁻²), baltā balanda (7.2 gab m⁻²), lauka vijolīte (6.6 gab m⁻²), tūruma kumelīte (6.4 gab m⁻²) un dārza vējagriķis (*Polygonum convolvulus* L.; 5.7 gab m⁻²).

Daudzgadīgo nezāļu skaita dinamika laika posmā no 1994. līdz 1999. gadam bija līdzīga visās trīs monitoringa vietās, pēc tam piesārņojums ar nezālēm strauji samazinājās Valkas rajona, bet palielinājās ik gadu Rīgas un Valmieras rajona monitoringa vietās. Ložņu vārpata bija 25% no visu nezāļu kopskaita: 30 gab m⁻². Vissastopamākās daudzgadīgās divdīgļlapju nezāles bija tūruma usne (5.3 gab m⁻²) un tūruma mīkstpiene (*Sonchus arvensis* L.; 4.7 gab m⁻²).

Novērojumu periodā vidējais nezāļu sēklu skaits šajās 3 monitoringa vietās bija 7014 sēklas m⁻² (s_{vid.} ± 849; 2. att.). Nezāļu sēklām noteikts ievērojams skaita samazinājums 1998. gadā, salīdzinot ar 1997. un pēc tam tendence palielināties līdz novērojumu perioda beigām. Salīdzinoši vismazākā nezāļu sēklu skaita variēšana novērojumu gados noteikta Valkas rajona monitoringa vietā. Augsnes paraugos dominēja īsmūža divdīgļlapju nezāļu sēklas, tās bija 89.4% no visu noteikto nezāļu sēklu skaita. Visos novērojumu gados augsnes paraugos tika noteiktas baltās balandas sēklas, tās bija 49% no nezāļu sēklu kopskaita. Parastās virzas sēklas bija 6.7% no nezāļu sēklu kopskaita, tūruma kumelītes: 5.7%, tūrainās sūrenes (*Polygonum lapathifolium* L.): 4.4%, tūruma nauduļa (*Thlaspi arvense* L.): 3.9% un lauka vijolītes: 3.9%. Vienīgi Valmieras rajona monitoringa

vietā noteikta būtiska ietekme paaugstinātam sējumu piesārņojumam ar nezālēm uz sēklu skaita izmaiņām augsnē uzskaitē pēc 2 gadiem ($r = 0.87$, $r^2 = 0.76$, $P < 0.05$).

Rīgas, Valkas un Valmieras rajonu monitoringa vietās konstatēts, ka:

1. dominējošās bija īsmūža divdīgļlapju nezāles un to sugas baltā balanda, lauka vijolīte, tūruma kumelīte un parastā virza konstatētas kā vissastopamākās gan veģetējošo augu uzskaitēs, gan augsnes paraugos;
2. nezāļu skaita izmaiņas ievērojami ietekmēja kultūraugs un tā audzēšanas ilgums augu maiņā:

2.1. ložņu vārpatas skaita palielinājumu veicināja vasaras miežu audzēšana atkārtotos sējumos četrus gadus, sarkanā āboliņa un timotiņa audzēšana divus gadus un lauks atmatā otro gadu;

2.2. ložņu vārpatas un īsmūža divdīgļlapju nezāļu skaita samazinājumu konstatēja vasaras miežos, kurus audzēja pēc kartupeļiem, kuru stādījumā tika izmantota gan mehāniskā, gan ķīmiskā nezāļu ierobežošana;

2.3. piesārņojums ar ziemotspējīgo divdīgļlapju nezālēm (lauka vijolīti, tūruma kumelīti) palielinājās 6 reizes (30.4 ± 6.6 gab m^{-2}), audzējot ziemas rudzus divus gadu pēc kārtas;

3. kultūraugs un sējumā lietotā audzēšanas tehnoloģija ietekmēja nezāļu sugu bioloģisko daudzveidību:

3.1. timotiņa un āboliņa konkurētspējīgais zelmenis un zālaugu pļauja sienam ierobežoja īsmūža nezāļu sugu izplatību augu maiņā;

3.2. augstāks piesārņojums ar daudzgadīgajām nezālēm noteikts neaizņemtajā agrīnajā papuvē (90 gab m^{-2}), salīdzinot ar tehniskajos kultūraugos un labību sējumos noteikto. Daudzgadīgo nezāļu skaita atšķirības starp papuvē un vasaras labībās noteikto (76.7 ± 15.1 gab m^{-2}) bija būtiskas ($P < 0.05$);

4. sistemātiska sulfonilurīnvielas herbicīda granstara lietošana vasaras labību sējumā veicināja pret šo herbicīdu izturīgas īsmūža divdīgļlapju nezāļu sugas – ķeraiņu madaras (*Galium aparine* L.), kā arī MCPA lietošana palielināja pret šo preparātu izturīgo nezāļu: parastās virzas, tūruma gaura (*Spergula arvensis* L.), tūbainās sūrenes un tūruma kumelītes izplatību monitoringa vietās;

5. sējumos sastopamo nezāļu izmaiņas būtiski ietekmēja nezāļu sēklu izmaiņas augsnē un atsevišķām nezāļu sugām iespējams prognozēt piesārņojumu ar tām sējumos, jo vidēji 37% nezāļu sugām no kopējā skaita, kuras noteiktas uzskaitēs, arī to sēklas bija konstatētas augsnes paraugos. Divdīgļlapju nezāles baltā balanda, parastā virza, lauka vijolīte, tūruma kumelīte tika gan uzskaitītas sējumos 6 – 9 gadu periodā, gan arī šo nezāļu sēklas dominēja augsnes paraugos.

Limbažu rajona monitoringa vietā, kur no 9 novērojumu gadiem, 8 gadus atkārtoti audzēja graudaugus, vidējais piesārņojums ar nezālēm bija 186 gab m^{-2} ($s_{\text{vid.}} \pm 30$). Uzskaites perioda sākumā 1994. gadā (kartupeļu

stādījumā) nezāļu skaits bija 245 gab m⁻² un 1999. (ziemāji otro gadu) noteikts augstākais piesārņojuma līmenis: 304 gab m⁻² (1. att.). Ik gadus nezāļu skaits nebija mazāks par 150 gab m⁻², izņemot 1995. un 1996. gadu, kad piesārņojums ar nezālēm bija zemāks (attieciņi 61 gab m⁻² un 42 gab m⁻²), salīdzinot ar vidējo skaitu. Kopumā novērojumu periodā dominēja īsmūža divdīgļlapju nezāles: to īpatsvars bija 56% no kopskaita. Vasaras graudaugos īsmūža nezāles bija 81% no visu nezāļu kopskaita un šajos sējumos dominēja vasaras divdīgļlapji: parastā virza, baltā balanda, dārza mīkstpiene (*Sonchus oleraceus* L.) un ziemotspējīgie divdīgļlapji: tūruma kumelīte un lauka vijolīte. Ziemāju sējumos dominējošās bija daudzgadīgās nezāles, it sevišķi ložņu vārpata, tās vislielākais skaits (195 gab m⁻²) noteikts 1999. gadā, kad monitoringa vietā atkārtoti tika iesēti ziemāji. Ziemājos ložņu vārpata skaits bija vidēji 115 gab m⁻², kas bija būtiski augstāks nekā vasaras graudaugu sējumos (14.4 gab m⁻²; 100.6 ± 31.90, P < 0.05).

Salīdzinot nezāļainību vasarājos, konstatēto sugu skaits (26.5 gab.), gan nezāļu kopējais skaits (188 gab m⁻²) bija augstāks vasarāju sējumos, kuri tika audzēti pēc ziemājiem, nekā tajos, kur priekšaugi bija vasarāji (attieciņi 17.0; 97.0). Dominējošo nezāļu (parastās virzas, baltās balandas, dārza vējagriķa, tūruma kumelītes, lauka vijolītes un ložņu vārpata) skaits bija augstāks sējumos, kur priekšaugi bija ziemāji.

Augsnes paraugos kopumā noteiktas 20 nezāļu sugu sēklas. Augstāks piesārņojums ar nezāļu sēklām nekā vidēji (9502 ± 1393 gab m⁻²) monitoringa vietā konstatēts no 1997. – 1999., bet zemāks – periodā no 2000. līdz 2002. gadam (2. att.). Nezāļu sēklu lielākais skaits noteikts 1997. gadā, kad tas pārsniedza standartklūdu ($s_{\text{vid.}} \pm 2078$), salīdzinot ar aprēķināto vidējo rādītāju. Baltās balandas sēklas dominēja augsnes paraugos un tās noteiktas visu sešu gadu augsnes paraugos (7046 ± 1477 gab m⁻²), bet pēdējos 3 uzskaites gados tām noteikta tendence samazināties. Tūruma kumelītes (445 ± 231 gab m⁻²) un dārza vējagriķa (216 ± 83 gab m⁻²) sēklas konstatētas 4 gadus un parastās virzas (165 ± 82 gab m⁻²) un tūruma nauduļa (101 ± 44 gab m⁻²) – 3 gadus. Daudzgadīgo nezāļu sēklu īpatsvars laika periodā 1999. – 2002. gadam palielinājās no 1% līdz 8% no visu nezāļu sēklu kopskaita.

Noteikta pozitīva, matemātiski ticama sakarība starp visām monitoringa vietā noteiktajām nezālēm un visām identificētajām nezāļu sēklām ($r = 0.40$, $P < 0.01$). Palielināta nezāļu augu sastopamība sējumos būtiski ietekmēja 16% ($P < 0.01$) no kopējās sēklu izplatības augsnē ($r_{yx} = 0.32$, $P < 0.01$). Pozitīva un būtiska attiecība konstatēta arī starp visām īsmūža nezālēm un to sēklām ($r_{yx} = 0.34$, $P < 0.01$; $r^2 = 17\%$, $P < 0.05$).

Augstais piesārņojums ar daudzgadīgām nezālēm, kuras vairojas galvenokārt veģetatīvi un tā izmaiņas ietekmēja nezāļu sēklu skaita dinamiku augsnē, jo to skaits monitoringa vietā no 1995. līdz 2000. gadam attiecīgi bija 15%, 5%, 27%, 62%, 74% un 18% no nezāļu kopējā skaita. Ļoti cieša, būtiska

lineāra negatīva sakarība noteikta starp nezāļu skaitu un konstatēto sēkļu skaitu uzskaitē pēc 2 gadiem ($r_{yx} = -0.92$, $P < 0.01$), kas norāda, ka palielinoties augu skaitam, samazinājās nezāļu sēkļu skaits augsnē ($r_{yx} = -34.6$, $r^2 = 84.5\%$, $P < 0.01$). Nezāļu skaits no 1995. līdz 2000. gadam variēja: 61 – 209 gab m^{-2} , bet sēkļu skaits noteikts 1997. – 2002. attiecīgi bija 13425 – 7480 gab m^{-2} .

Limbažu rajona monitoringa vietas nezāļu uzskaitēs konstatēts, ka:

1. audzējot graudaugus pēc graudaugiem, piesārņojums ar nezālēm bija vidēji 186 gab m^{-2} ;
2. šajā augu maiņā sējumu un augsnes paraugos dominēja īsmūža divdīgļlapju nezāles: parastā virza, baltā balanda, dārza vējagriķis un tīruma kumelīte;
3. piesārņojums ar ložņu vārpatu bija visaugstākais, salīdzinot ar pārējām nezāļu sugām, tomēr, tās skaits variēja pa gadiem atkarībā no audzējamā kultūrauga šajā monitoringa vietā (0 – 195 gab m^{-2});
4. būtiska lineāra sastopamības sakarība bija starp nezāļu sugām sējumos un to sēklām augsnē un starp kopējo nezāļu skaitu un kopējo nezāļu sēkļu skaitu augsnē, konstatētu uzskaitē pēc 2 gadiem.

Sējumu nezālainības izmaiņu ietekmējošie faktori Vidzemes novadā.

Nezāļu skaita izmaiņu pētīšanai monitoringa vietās deviņu gadu periodā tika novērtēti pieci ietekmes faktori: „lauks”, „gads”, „kultūraugs”, „priekšaugš” un „herbicīdu lietošana” gan atsevišķi, gan grupējot tos kopā (4. tabula). Nosacīti pieņemot, ka faktora „kultūraugs” ietekmi veido kultūrauga suga, šķirne un to audzēšanai izmantotie citi augu aizsardzības līdzekļi; „gads”: meteoroloģiskie apstākļi un kultūrauga audzēšanas tehnoloģija; „lauks”: monitoringa vietas augsnes fizikālās un agroķīmiskās īpašības; „priekšaugš”: priekšauga audzēšanas tehnoloģijas, meteoroloģiskie apstākļi, šķirnes pēcietekme. Šo faktoru ietekmes īpatsvaru noteikšanai izmantoja korigētos determinācijas koeficientus (R^2_k), %. Aprēķinos tika ietverti 5 rajonu monitoringa vietas, 9 nezāļu uzskaites gadi, 12 kultūraugu sugas, papuve un atmata, 9 priekšaugi, papuve, atmata un 2 novērtēšanas veidi: ar un bez herbicīdu lietošanas.

Salīdzinot atsevišķi faktoru ietekmi, tika konstatēts, ka vislielākā nozīme uz nezāļu skaita izmaiņām bija kultūraugam, tam noteikta vislielākā ietekme uz 3 nezāļu grupu un kopējām nezāļu skaita izmaiņām. Dažādi kultūraugi savu bioloģisko īpašību dēļ atšķirīgi ietekmē nezālainību. Zālaugu sējumos konstatēja zemāku īsmūža divdīgļlapju skaitu nekā vidēji noteiktais monitoringa vietās. Ziemas rudzi bija konkurētspējīgāki ar īsmūža divdīgļlapjiem nekā ziemas kvieši.

Vislielākā ietekme uz īsmūža divdīgļlapju nezālēm konstatēta kompleksu faktoru grupai „lauks, gads, kultūraugs”. Šie faktori kā nozīmīgākie noteikti uz ziemotspējīgo divdīgļlapju izmaiņām, jo vislielākais to skaits noteikts ziemas labību sējumos, kur nezāļu sadīgšanu un attīstību īpaši ietekmē laika apstākļi rudenī. Augsts piesārņojums ar šīm nezālēm noteikts neaizņemtā agrīnā papuvē,

kur pēc aršanas pavasarī līdz augsnes apstrādei rudenī tās varēja sadīgt un attīstīties.

4. tabula/ Table 4

**Nezāļu skaita monitoringa vietās ietekmējošo faktoru salīdzinājums,
1994. – 2002.**
*Comparisons of the importance of factors influencing numbers of weeds
in monitoring areas 1994 – 2002*

Faktori/ Factors	Nezāļu grupas/ Weed group					
	1.	2.	3.	4.	5.	Kopā/ Total
Vienfaktora lineārā regresija/ Simple linear regression	$R^2_k, \%$					
L/ F	15.7	16.8	-	9.4	10.1	26.0
G/ Y	45.9	8.3	0.0	6.3	2.6	25.0
K/ C	34.7	46.8	98.5	33.0	21.0	31.0
P	12.1	43.2	-	29.0	41.6	28.4
H	-	5.1	-	14.4	1.2	3.0
Daudzfaktoru lineārā regresija/ Multiple linear regression	$R^2_k, \%$					
L+G/ F+Y	35.1	30.4	-	18.8	15.6	60.6
L+K/ F+C	28.3	45.8	98.7	35.5	40.6	36.3
L+P/ F+P	13.7	47.5	2.7	35.6	40.8	24.9
L+H/ F+H	13.8	16.8	0.2	14.4	12.1	25.6
L+G+K/ F+Y+C	61.6	59.9	98.9	31.0	61.0	69.3
L+G +P/ F+Y+P	44.7	60.0	-	43.7	69.9	77.0
L+G+H /F+Y+H	33.0	37.1	-	23.1	24.6	66.2
K+P/ C+P	26.7	64.9	98.5	24.5	32.5	31.8
K+H/ C+H	33.9	45.2	98.5	39.2	18.6	29.0
K+P+H/ C+P+H	23.6	64.5	98.4	30.5	33.3	29.8
L+G+K +P+H/ F+Y+C+P+H	56.8	83.6	96.8	33.3	71.8	74.4

Nezāļu grupas/ Weed groups: 1. īsmūža divdīgļlapji/ annual dicots; 2. daudzgadīgie divdīgļlapji/ perennial dicots; 3. viendīgļlapji, kas nepieder graudzālēm/ monocots which are not grasses; 4. īsmūža viendīgļlapji/ annual monocots; 5. daudzgadīgie viendīgļlapji/ perennial monocots.

Saīsinājumi/ Abbreviations: L/ F – lauks/ field; G/ Y – gads/ year; K/ C – kultūraugs/ crop; P/ P – priekšaugš/ previous crop; H/ H – herbicīds/ herbicide.

Apzīmējumi/ Symbols: R^2_k koriģētais determinācijas koeficients./ adjusted coefficient of determination;

" - ": aprēķinātā faktora ietekme ļoti zema/ calculated impact of factor was very low

Priekšaugu vislielākā ietekme noteikta uz daudzgadīgo divdīgļlapju skaita izmaiņām, kā arī uz ložņu vārpatas piesārņojuma dinamiku. Ķīmiskās nezāļu ierobežošanas apjomi bija nelieli (22% no 45 uzskaitēm), turklāt tikai vasarāju labību sējumos un izvēlēto preparātu efektivitāte atsevišķos laukos bija zema, tādēļ herbicīdu lietošana noteikta kā vismazāk nozīmīgākais nezāļu skaita izmaiņu sējumos ietekmējošais faktors.

Ražošanas apstākļos nezāļu skaita izmaiņas ietekmē visu faktoru kopums, jo tie savstarpēji cieši saistīti. Novērojumu periodā vislielākā ietekme noteikta visu piecu faktoru (gads, lauks, kultūraugs, priekšaug un herbicīds) kopējai mijiedarbībai uz daudzgadīgo nezāļu (divdīgļlapju un viendīgļlapju) skaita dinamiku sējumos (attiecīgi $R^2_k = 83.6\%$ un $R^2_k = 71.8\%$).

Īsmūža divdīgļlapju piesārņojums sējumos bija visvairāk atkarīgs no faktoru „kultūraugs, lauks, gads” ietekmes ($R^2_k = 61.6\%$), tas norāda, ka kultūrauga ietekmes īpatsvaram palielinoties priekšauga un herbicīdu nozīme samazinājās ($R^2_k = 56.8\%$). Savukārt īsmūža viendīgļlapju nezāļu skaita izmaiņas bija atkarīgas no „lauks, gads, priekšaug” ietekmes.

Augsnes nezālainība un tās ietekmējošie faktori. Kopumā analizētajos augsnes paraugos 0 – 0.05 m dziļā slānī identificētas 39 nezāļu sugu sēklas, no tām 69% – īsmūža divdīgļlapju nezāļu sugas. Dominējošās nezāļu sugu sēklas bija tās, kuras tika noteiktas arī kā dominējošās nezāles sējumos: baltā balanda, parastā virza, dārza vējagriķis, tūruma kumelīte un lauka vijolīte. Šo nezāļu sēklu īpatsvars bija 75% no visu sēklu kopskaita.

Ietekmējošos faktorus grupējot kopā trīs faktoru kopumam „lauks, gads, kultūraugs” tika noteikta vislielākā ietekme uz visu nezāļu sēklu skaitu (5. tabula). Daudzgadīgo divdīgļlapju un īsmūža viendīgļlapju skaitu visvairāk ietekmēja „lauks, gads un priekšaug”.

Vienfaktora lineārās regresijas analīzes rezultāti rāda, ka vislielākā ietekme no faktoriem gan uz visu nezāļu sēklu skaitu, gan atsevišķi uz īsmūža divdīgļlapju nezāļu sēklu skaitu bija apstākļiem, kas bija katrā monitoringa vietā. Priekšauga audzēšanas gada meteoroloģisko apstākļu un lietotās agrotehnikas pēcietekmei noteikts vislielākais ietekmes īpatsvars uz daudzgadīgo divdīgļlapju un īsmūža viendīgļlapju nezāļu sēklu skaitu. Novērojumu gadu apstākļi ietekmēja ložņu vārpatas sēklu skaitu. Herbicīdu lietošanai netika noteikta vislielākā ietekme ne uz vienu no nezāļu grupas sēklu skaita izmaiņām.

Nezāļu skaita sējumos un sēklu skaita augsnē savstarpējo sakarību izpētē konstatēts, ka apmēram 50% no nezāļu sugu kopskaita (31 nezāļu sugai) noteikti augi sējumos, gan sēklas augsnes paraugos. 33 nezāļu sugām, kuras bija noteiktas sējumos, netika konstatētas sēklas analizētajos augsnes paraugos. Daudzām nezāļu sugām sastopamība sējumos bija zema (piemēram, ārstniecības matuzālei; *Fumaria officinalis* L.), tomēr tās sēklas konstatēja visu rajonu monitoringa vietās.

**Nezāļu sēklu skaita monitoringa vietās ietekmējošo faktoru salīdzinājums,
1997. – 2002.**

**Comparisons of the importance of factors influencing numbers of weed seeds
in monitoring areas 1997 – 2002**

Faktori/ Factors	Nezāļu grupas/ Weed group				
	1.	2.	3.	4.	Kopā/Total
Vienfaktora lineārā regresija/ Simple linear regression	$R^2_k, \%$				
L/ F	12.5	10.2	-	-	12.0
G/ Y	-	12.8	4.0	11.4	-
K/ C	-	14.1	27.3	-	0.6
P/ P	-	56.7	59.5	-	-
H/ H	-	-	0.1	-	-
Daudzfaktoru lineārā regresija/ Multiple linear regression	$R^2_k, \%$				
L+G/ F+Y	6.6	28.1	3.5	8.9	6.5
L+K/ F+C	6.9	5.1	24.4	-	19.3
L+P/ F+P	-	57.2	57.1	17.2	-
L+H/ F+H	9.3	14.2	-	-	9.3
L+G+K/ F+Y+C	28.3	14.6	26.0	-	39.1
L+G +P/ F+Y+P	-	67.3	51.5	55.9	-
L+G+H/ F+Y+H	2.5	38.9	-	7.1	4.1
K+P/ C+P	-	52.2	36.1	-	13.5
K+H/ C+H	-	9.5	27.8	-	-
K+P+H/ C+P+H	-	47.0	34.5	-	3.4

Nezāļu grupas/ Weed groups: 1. ģismūža divdīgļlapji/ annual dicots; 2. daudzgadīgie divdīgļlapji/ perennial dicots; 3. ģismūža viendīgļlapji/ annual monocots; 4. daudzgadīgie viendīgļlapji/ perennial monocots.

Saīsinājumi/ Abbreviations: L/ F – lauks/ field; G/ Y – gads/ year; K/ C – kultūraugs/ crop; P/ P – priekšaugš/ previous crop; H/ H – herbicīds/ herbicide.

Apzīmējumi/ Symbols: R^2_k koriģētais determinācijas koeficients./ adjusted coefficient of determination;

" - ": aprēķinātā faktora ietekme ļoti zema/ calculated impact of factor was very low

Vidzemes novada nezāļu izplatības salīdzinājums ar pārējiem Latvijas novadiem. Salīdzinot nezāļu sugu sastopamību graudaugos Vidzemē ar Kurzemē – Zemgalē (novadi Latvijas centrālajā un rietumu daļā), nebija konstatētas krāsas atšķirības (Lapiņš, Bērziņš, Rubenis, 1997; Lapiņš, Bērziņš, Koroļova u.c., 2002.). Kā vissastopamākās sugas abos reģionos bija noteiktas: ložņu vārpata, dārza vējagriķis, lauka vijolīte, parastā virza, tūruma kumelīte, balandas (*Chenopodium* spp.) un usnes (*Cirsium* spp.). Kurzemes – Zemgales

novadu graudaugu sējumos kā viena no visizplatītākajām nezāļu sugām noteikta ķeraīņu madara, un piesārņojums ar to ik gadus palielinās, turpretī Vidzemes novadā ķeraīņu madara, starp 30 dominējošām nezālēm, ranžējot pēc to sastopamības bija tikai 29 vietā. Kurzemes – Zemgales novadā augsta sastopamība noteikta vējzauzai (*Avena fatua* L.), turpretī Vidzemes novada monitoringa vietās šī suga netika konstatēta nevienā no uzskaites gadiem.

Austrumlatvijā veikto nezāļu uzskaites rezultāti 1994. – 1996. un 1999. gadā parāda, ka divas izplatītākās nezāļu sugas: ložņu vārpata un tūruma kumelīte bija vissastopamākās arī Vidzemes novada monitoringa vietās (Lejiņš, Āboliņš, 2000). Salīdzinoši biežāk sastopamas noteiktas daudzgadīgās divdīgļlapju nezāles: tūruma mīkstpiene un parastā vībotne (*Artemisia vulgaris* L.), tās tiek minētas starp pirmajām desmit vissastopamākajām sugām graudaugos.

Vidzemes novada nezāļu izplatības salīdzinājums 1994. – 2002. ar pētījumu rezultātiem Latvijā 1947. gadā un 1981. – 1982. Salīdzinot nezāļu uzskaites rezultātus pēdējo 60 gadu laikā (Rasiņš, Bērziņa, 1984), bija iespējams grupēt nezāles pēc to sastopamības izmaiņām: iepriekšējās uzskaitēs reti sastopamas, pēdējā ļoti bieži (tūruma kumelīte, parastā virza); iepriekšējās bieži sastopamas, pēdējās uzskaitēs – reti vai pat netika konstatētas: rudzu lāčauza (*Bromus secalinus* L.), parastais kokālis (*Agrostemma githago* L.); sastopamība periodiski uzskaitēs palielinājās: ganu plikstiņš, dārza vējagriķis, baltā balanda; sastopamība uzskaitēs samazinājās: akļi (*Galeopsis* spp.), parastais pelašķis (*Achillea millefolium* L.), mazā skābene (*Rumex acetosella* L.), tūruma kosa (*Equisetum arvense* L.), parastā mällēpe (*Tussilago farfara* L.); katrā uzskaitē dominēja: lauka vijolīte; mainīga sastopamība sējumos: ārstniecības pienene (*Taraxacum officinale* Web.agg.), ložņu vārpata, maura sūrene (*Polygonum aviculare* L.s.l.), tūruma usne.

Sakarības starp graudu ražu un piesārņojuma pakāpi ar nezālēm graudaugu sējumos Rīgas rajona Ādažu pagastā, 2000. – 2002.

Ziemas kviešu 2000. – 2002. gada izmēģinājumos gan pēc skaita, gan pēc masas pārsvarā bija īsmūža ziemotspējīgās divdīgļlapju nezāles. Priekšaugam bija būtiska ietekme uz nezāļu piesārņojuma palielinājumu. Ziemas kviešos (2002.), kas tika audzēti pēc vasaras kviešiem, konstatēja lielāku gan nezāļu sugu skaitu (19), gan arī nezāļu skaitu, kurš bija 2 – 2.5 reizes lielāks nekā sējumos, kur priekšaugi bija kartupeļi (2000. un 2001.). Herbicīdu lietošana sējumos būtiski samazināja divdīgļlapju nezāļu skaitu un to zaļo masu, izņemot 2000. gadu, kad pavasara salnu dēļ nezāļu zaļā masa bija neliela un atšķirības starp variantiem ar un bez herbicīdu lietošanas nebija matemātiski pierādāmas. Nelabvēlīgo

2000. gada pavasara meteoroloģisko apstākļu dēļ iegūtās graudu ražas krasi atšķīrās no citiem izmēģinājumu gadiem. 2000. gadā raža bija no 2 līdz 3 t ha⁻¹, 2001.: 6.5 – 7 t ha⁻¹ un 2002.: 5 – 6 t ha⁻¹. Būtisks ražas pieaugums herbicīdu lietošanas rezultātā tika iegūts visos trīs izmēģinājumu veikšanas gados.

2002. gadā noteikta cieša, negatīva, lineāra un būtiska sakarība starp kviešu ražu un nezāļu skaitu ($r_{yx} = -0.70$, $P < 0.01$) un vidēji cieša, negatīva, lineāra un būtiska starp nezāļu zaļo masu ($r_{yx} = -0.63$, $P < 0.01$), kad izmēģinājuma variantos nezāļu skaits bija vidēji no 6.8 līdz 102.1 gab m⁻², to zaļā masa: 3.3 – 132.5 g m⁻² un graudu raža 4.9 – 5.8 t ha⁻¹. Sakarība nebija matemātiski ticama (2000. un 2001.), ja nezāļu skaits nepārsniedza 50 gab m⁻² un to zaļā masa bija mazāka par 66.2 g m⁻².

2002. gadā nezāļu negatīvo ietekmi uz ražu noteica regresijas vienādojumos: ražai un nezāļu skaitam (2):

$$y = -0.006x + 5.6852, \quad (2)$$

kur

y – graudu raža / *grain yield*, t ha⁻¹;

x – divdīgļlapju nezāļu skaits / *number of dicotyledonous weeds*,
gab / *plants* m⁻²

un ražai un nezāļu zaļai masai (3):

$$y = -0.0035x + 5.6109, \quad (3)$$

kur

y – graudu raža / *grain yield*, t ha⁻¹;

x – divdīgļlapju nezāļu zaļā masa / *fresh weight of dicotyledonous weeds*,
g m⁻²,

kuri parādīja, kāds bija graudu ražas samazinājums, nezāļainības rādītājam palielinoties par vienu vienību.

Vasaras miežos iekārtotajos izmēģinājumos 2000. – 2002. labāki augu augšanas un attīstības apstākļi bija izveidojušies 2001. gadā priekšauga kartupeļu ietekmē. 2002. gadā iegūtas viszemākās ražas un vislielākais piesārņojums ar nezālēm un lielākais divdīgļlapju nezāļu sugu skaits, kad vasaras mieži tika audzēti pēc ziemas kviešiem. Baltā balanda dominēja visos trīs izmēģinājuma gados. Tās īpatsvars bija gandrīz puse vai vairāk no visu nezāļu kopskaita, bet 2002. gadā tās skaits – 68% no visu nezāļu kopskaita un zaļā masa – 85% no kopējās nezāļu zaļās masas. Kultūrauga vārpošanas stadijas sākumā veiktajā nezāļu uzskaitē noteikts, ka divdīgļlapju nezāļu skaits un to zaļā masa bija būtiski samazinājies ($P < 0.001$) variantos, kur bija lietoti herbicīdi miežu cerošanas stadijas sākumā.

Noteikts, ka starp herbicīdu lietošanas variantiem nebija būtiskas atšķirības, turklāt tikai 2000. un 2001. gada izmēģinājumos konstatēja tendenci, ka herbicīdu maisījumu variantos bija augstāka efektivitāte nekā tajos, kur lietoja

herbicīdus atsevišķi. Iegūtās vasaras miežu graudu ražas: 2000. gadā 2 – 3 t ha⁻¹, 2001.: 3 – 4 t ha⁻¹ un 2002.: līdz 2 t ha⁻¹.

Vasaras miežu graudu raža kontroles variantā 2001. gadā vidēji bija 3.4 t ha⁻¹. 2001. gadā izmēģinājumā noteikta cieša, negatīva, lineāra un būtiska sakarība starp vasaras miežu ražu un divdīgļlapju nezāļu skaitu ($r_{yx} = -0.76$, $P < 0.01$) un to zaļo masu ($r_{yx} = -0.77$, $P < 0.01$). Nezāļu negatīvo ietekmi uz ražu noteica regresijas vienādojumos: ražai un nezāļu skaitam (4):

$$y = -0.0028x + 3.6229, \quad (4)$$

kur

y – graudu raža / *grain yield*, t ha⁻¹;
 x – divdīgļlapju nezāļu skaits / *number of dicotyledonous weeds*,
gab / *plants m⁻²*

un ražai un nezāļu zaļai masai (5)

$$y = -0.0007x + 3.616, \quad (5)$$

kur

y – graudu raža / *grain yield*, t ha⁻¹;
 x – divdīgļlapju nezāļu zaļā masa / *fresh weight of dicotyledonous weeds*,
g m⁻²,

kuri parādīja, ja vasaras miežu graudu raža vidēji ir 3.6 t ha⁻¹, tad nezāļu skaits 78 gab m⁻² un to zaļā masa 297 g m⁻² varēja samazināt graudu ražu par 0.2 t ha⁻¹, t.i., 5.6% no vidējās ražas. Šo divdīgļlapju nezāļu skaita un tās zaļās masas līmeni uz m² var noteikt par nezāļu kaitīguma sliekšni vasaras miežos, jo A. Rasiņa un M. Tauriņas pētījumos noskaidrots (Расиньш, Тауриня, 1979), ka herbicīdu lietošana sējumā neattaisnojās, ja ražas paaugstinājums nav 5%.

Ražas struktūrelementu un nezāļu sakarību pētījumi Rīgas rajona Ādažu pagastā 2001. – 2002. Ziemas kviešu kontroles lauciņu paraugkūļu paraugos 2001. gadā dominēja tūruma kumelīte (98% no nezāļu kopskaita), bet lauka vijolīte: variantos, kur lietoti herbicīdi. 2002. gadā kontroles lauciņu paraugos noteica 14 nezāļu sugas, no kuru kopskaita 45% bija dārza vējagriķis, 21% baltā balanda, 8% tūruma mīkstpiene un 6% tūruma radzene (*Cerastium arvense* L.). Dārza vējagriķis pēc skaita dominēja arī visos variantos, kuros tika lietoti herbicīdi, jo to efektivitāte bija tikai no 54.6% līdz 70.4%, bet baltās balandas un tūruma mīkstpienes ierobežošanā herbicīdu efektivitāte bija ļoti augsta (94 – 100%).

Tikai 2002. gadā paraugos konstatēja negatīvas, būtiskas ($P < 0.001$) sakarības starp nezāļu skaitu un produktīvo stiebru skaitu ($r_{yx} = -0.29$), ziemas kviešu vārpu garumu ($r_{yx} = -0.49$) un graudu skaitu vārpā ($r_{yx} = -0.18$), kad kontrolē nezāļu skaits bija lielāks par 185 gab m⁻². 2001. un 2002. gadā ziemas kviešos tika noteiktas negatīvas, vājas būtiskas korelācijas starp produktīvo stiebru

skaitu un nezāļu gaissauso masu (attiecīgi ($r_{yx} = -0.14$, $P < 0.05$; $r_{yx} = -0.19$, $P < 0.001$). 2002. gadā matemātiski pierādīta negatīva sakarība starp nezāļu gaissauso masu un kviešu vārpu garumu ($r_{yx} = -0.35$, $P < 0.001$) un graudu skaitu vārpā ($r_{yx} = -0.18$, $P < 0.001$). Tas norāda, ka nezālēm konstatēta būtiska ietekme uz ziemas kviešu ražas formēšanos.

Vasaras miežu 2001. gadā izmēģinājumā no kontroles varianta lauciņiem ievāktajos paraugos tika konstatēta tikai baltā balanda, bet ar herbicīdiem apstrādātajos lauciņos kopumā tika noteiktas 7 īsmūža divdīgļlapju nezāļu sugas, t.sk. vissastopamākās bija lauka vijolīte, maura sūrene, dārza vējagriķis. 2002. gadā izmēģinājuma paraugos kopumā noteiktas 9 īsmūža divdīgļlapju nezāļu sugas, kontrolē pēc skaita dominēja baltā balanda (76% no kopskaita), bet ar herbicīdiem apstrādātajos variantos arī lauka vijolīte un dārza vējagriķis. Vasaras miežos abos pētījumu gados konstatēja negatīvas vidēji ciešas būtiskas ($P < 0.001$) sakarības gan starp produktīvo stiebru skaitu un nezāļu skaitu (attiecīgi: $r_{yx} = -0.44$ un $r_{yx} = -0.47$), gan produktīvo stiebru skaitu un nezāļu gaissauso masu (attiecīgi: $r_{yx} = -0.42$ un $r_{yx} = -0.45$).

Herbicīda granstars lietošanas variantā vasaras miežu izmēģinājumā 2002. gadā iegūta būtiski zemāka 1000 graudu masa, salīdzinot ar kontroli un pārējiem diviem herbicīdu lietošanas variantiem. Herbicīda granstars izsmidzināšana ļoti sausus meteoroloģiskos apstākļos, kad apsmidzināmā kultūrauga augšana ir aizkavēta (2002. gada maija trešajā dekādē nokrišņi netika reģistrēti), varēja ietekmēt miežu produktivitātes rādītājus. Tikai 2001. gadā izmēģinājumā konstatēja būtisku negatīvu, vāju sakarību gan nezāļu skaitam ($r_{yx} = -0.21$, $P < 0.01$), gan gaissausai masai ar 1000 graudu masu ($r_{yx} = -0.32$, $P < 0.001$), jo meteoroloģiskie apstākļi 2002. gadā ietekmēja herbicīdu selektivitāti. 2002. gadā izmēģinājumā būtiska negatīva vāja korelācija noteikta starp graudu skaitu vārpā un nezāļu skaitu, gaissauso masu ($r_{yx} = -0.12$, $P < 0.05$), bet 2001. gadā tā tika matemātiski pierādīta tikai ar nezāļu gaissauso masu ($r_{yx} = -0.15$, $P < 0.05$). Nezāļu skaits kontroles variantā: 83.2 gab m^{-2} nebija pietiekoši augsts, lai būtiski ietekmētu graudu skaitu, kas veidojas vārpā. Mazāks sugu skaits no kontroles variantiem atlasītajos ziemas kviešu un vasaras miežu paraugos, salīdzinot ar tiem, kas bija no lauciņiem, kuros izsmidzināja herbicīdus, norāda, ka konkurētspējīgu nezāļu klātbūtne (tūruma kumelīte, baltā balanda) ietekmēja ne tikai kultūraugus, bet arī konkurencē starp sugām samazināja citu nezāļu skaitu sējumā.

Herbicīdu lietošanas variantos vasaras miežu produktīvo stiebru skaita palielinājums, salīdzinot ar kontroli, bija būtisks ($P < 0.01$) abos pētījumu gados, jo nezāles tika ierobežotas, kad kultūraugam bija 4 – 5 lapas un nezāles – līdz 4 īsto lapu stadijai, kas nodrošināja kultūraugam labākus attīstības apstākļus produktīvo stiebru veidošanai. Ziemas kviešos produktīvo stiebru skaita būtisks palielinājums konstatēts tikai 2002. gadā, jo 2001. izmēģinājumā dominēja

ziemospējīgā divdīgļlapju nezāle tūruma kumelīte, kuras īpatsvars sējumā bija vairāk kā puse no visu nezāļu kopskaita. Tā galvenokārt sadīga tieši rudenī, kad ziemas kvieši bija cerošanas stadijā un bija kultūrauga konkurents augu dzīves faktoru izmantošanā.

Herbicīdu lietošanas efektivitātes vērtējums vasaras miežos Rīgas rajona Ādažu pagastā, 2000. – 2002.

Vismazākais nezāļu skaits kontroles variantā konstatēts 2000. gadā (6. tabula; 77 gab m²), kad vasarājus audzēja pēc neaizņemtās ķīmiskās papuves. Audzējot vasaras miežus pēc kartupeļiem vai ziemas kviešiem 2001. un 2002. gadā, nezāļu skaits kontrolē bija attiecīgi 170 un 198 gab m², bet 2002. gadā nezāļu zaļā masa pārsniedza 900 g m². Izmēģinājumos noteiktas 15 – 22 divdīgļlapju nezāļu sugas, t.sk. baltā balanda bija 30 – 48% no nezāļu kopskaita, lauka vijolīte 20 – 29%, dārza vējagriķis 3 – 19% un ganu plikstiņš 1 – 7%. Augstu piesārņojumu ar velnarutku grābeklīti (*Erodium cicutarium* (L.) L'Her; 38.7 gab m²; 23% no nezāļu kopskaita) izmēģinājuma kontroles vietās konstatēja 2001. gadā.

Pavasara meteoroloģiskie apstākļi 2000. un 2002. gadā nelabvēlīgi ietekmēja kultūraugu augšanu un attīstību, tādēļ šajos gados iegūtā graudu raža bija ļoti zema, bet 2001. gadā tā bija par 32 – 47% augstāka. Būtisks ražas pieaugums tika noteikts herbicīdu lietošanas variantos tikai 2001. gadā, kad vidējā vasaras miežu graudu raža bija 3.8 t ha⁻¹ (6. tabula).

Vasaras miežu izmēģinājumos herbicīdu lietošanas rezultātā būtiski samazinājās gan divdīgļlapju nezāļu skaits, gan to zaļā masa, salīdzinot ar kontroli. Vasaras miežu sējumos 4 – 6 nedēļas pēc herbicīdu smidzināšanas, lietojot Šenona bioloģiskā daudzveidības indeksu (*H'*), tika konstatēts, ka kontroles lauciņos aprēķinātais indekss 2000. un 2001. gadā bija lielāks, nekā tajos, kur tika lietoti herbicīdi (3. att.).

2002. gadā izmēģinājuma kontrolē konstatēja augstu piesārņojumu ar balto balandu (94.3 gab m²), kas bija 1.4 reizes augstāks nekā 2001. un 4.1 reizi augstāks nekā 2000. Lauciņos, kur bija lietoti herbicīdi, 2002. gadā uzskaitītas par 8 nezāļu sugām vairāk nekā kontrolē, jo kontroles variantos dominēja baltā balanda gan pēc skaita, gan pēc zaļās masas. Tā nomāca citas sugas, kam bija mazāka zaļā masa un bija vēlīnākas pēc to attīstības rakstura. 2001. un 2002. gada izmēģinājumos, palielinot herbicīda granstars lietošanas devu, pakāpeniski samazinājās arī Šenona indeksa vērtība. Lietojot duplozāns super vasarājos, šāda tendence tika novērota tikai 2000. gadā.

2000. gadā herbicīda duplozāna super pilnas rekomendētās lietošanas devas variantos aprēķinātais bioloģiskās daudzveidības indekss bija būtiski

zemāks, salīdzinot ar kontroles, abu zemāko devu ($\frac{1}{4}$ un $\frac{1}{2}$) un granstara pilnas devas variantos iegūtajiem rādītājiem. Herbicīda pilnas devas lietošanas rezultātā tika iegūta 100% efektivitāte tādu nezāļu, kā, piemēram, tūruma kumelītes, tūruma gaura, parastās virzas un ganu plikstiņa ierobežošanā un kopumā tika uzskaitītas tikai 3 nezāļu sugas. Bioloģiskās daudzveidības indeksa vērtība granstara zemākās devas ($\frac{1}{4}$) lietošanas variantos bija būtiski zemāka kā kontroles variantos, jo herbicīda efektivitāte pie izvēlētās devas ir par zemu (67 – 73%) lauka vijolītes, tūruma kumelītes un dārza vējagriķa zaļās masas ierobežošanā, kā arī konkurences starp sugām rezultātā atstīstījās pēc zaļās masas lielāki, tādējādi konkurētspējīgāki, šo sugu īpatņi, nekā lauciņos, kuros tika lietots herbicīds lielākās devās.

6. tabula / Table 6

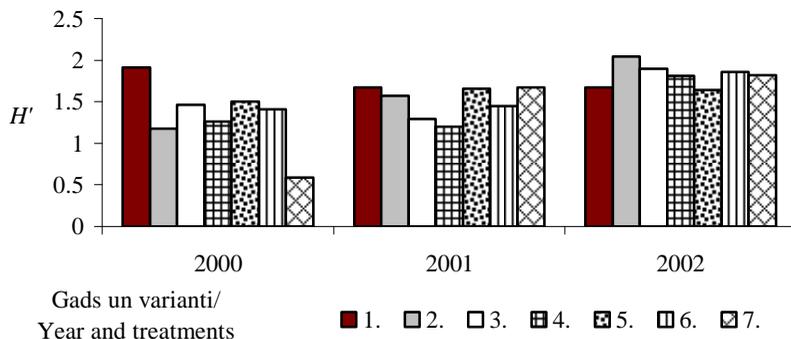
Korelatīvās sakarības starp vasaras miežu ražu (y) un divdīgļlapju nezāļu piesārņojumu (x)
Correlations between spring barley yields (y) and dicotyledonous weed infestations (x)

Rādītāji/ Values	2000	2001	2002
Korelācijas koeficients r_{yx} (ražā un skaits)/ Correlation coefficient r_{yx} (yield and number)	0.02	-0.46*	-0.05
Korelācijas koeficients r_{yx} (ražā un zaļā masa)/ Correlation coefficient r_{yx} (yield and fresh weight)	0.09	-0.42*	-0.05
Vidējā graudu raža/ average grain yield, $t\ ha^{-1}$	2.63	3.78	2.04
Nezāļu skaits kontrolē, gab m^{-2} / number of weeds in untreated, number m^{-2}	77.0	170.0	198.0
Nezāļu zaļā masa kontrolē, g m^{-2} / fresh weight of weeds in untreated, g m^{-2}	158.8	919.0	282.0

Būtiskuma līmenis/ Probability: * $P < 0.05$

2001. gadā herbicīda granstara pilnas rekomendētās lietošanas devas variantos bioloģiskās daudzveidības indekss bija būtiski zemāks, salīdzinot ar kontroles un duplozāna super pilnas devas variantos iegūtajiem rādītājiem, jo ieguva 100% efektivitāti deviņu nezāļu sugu skaita samazināšanā, t.sk. arī dominējošo nezāļu parastās virzas un ganu plikstiņa ierobežošanā. 2002. gadā izmēģinājumā kontroles un herbicīda duplozāns super zemākās devas lietošanas variantā dominēja pēc skaita 3 divdīgļlapju nezāļu sugas: baltā balanda, lauka vijolīte un dārza vējagriķis, tās bija 75% no visu nezāļu kopskaita. Šāda dažu nezāļu sugu un augu skaita pārsvara un līdz ar to augu izplatības neizlīdzinātības rezultātā šajos variantos tika iegūts būtiski zemāks bioloģiskās daudzveidības indekss, salīdzinot ar pārējiem iegūtajiem rādītājiem.

Ražošanas riska novērtēšanai, lietojot herbicīdu samazinātas devas, tika aprēķināta varbūtība iegūt ražas pieaugumu vasaras miežu sējumā, ja herbicīdu devas palielinātu no 0 uz ¼, no ¼ uz ½ un no ½ uz pilnu lietošanas devu. Iespējamība iegūt ražas pieaugumu, lietojot granstaru, būtiski samazinājās ($P < 0.05$) ar katru nākošo preparāta palielināto devu: 75; 56; 50%.



3. att. Vasaras miežu sējumu nezāļainības summējošais vērtējums 4 – 6 nedēļas pēc herbicīdu smidzināšanas, lietojot Šenona bioloģiskās daudzveidības indeksu (H')/

Fig. 3 Shannon Diversity Index (H') values for summary evaluations of weed infestations in spring barley 4 – 6 weeks after herbicide application.

1. Kontrole/ *Untreated*; 2. Granstars/ *Granstar*, 3.75 g ha⁻¹);
 3. Granstars/ *Granstar*, 7.5 g ha⁻¹); 4. Granstars/ *Granstar*, 15 g ha⁻¹);
 5. Duplozāns Super/ *Duplosan Super*, 0.5 L ha⁻¹);
 6. Duplozāns Super/ *Duplosan Super*, 1.0 L ha⁻¹);
 7. Duplozāns Super/ *Duplosan Super*, 2.0 L ha⁻¹);
 Apzīmējumi/ *Symbols*: „¹⁾” + Citovets/ *Citowett*, 100 g 100 L⁻¹ H₂O.

Herbicīda duplozāns super lietošanas variantos graudu ražas paaugstinājuma varbūtības rādītāji bija pretēji granstara variantiem: 58; 67; 83% ($P < 0.05$). Šo atšķirību varētu skaidrot ar preparātu efektivitāti, it sevišķi nezāļu zaļās masas ierobežošanā, jo tās samazinājums, salīdzinot ar kontroli, lietojot granstaru, bija: 90.6%, 93.2% un 97.8%, bet duplozānu super: 80.1%, 87.4% un 95.7%. Salīdzinot ar kontroli, lietojot duplozāns super pilnu devu, graudu ražas pieaugums bija 115%, bet variantos ar granstara pilnu devu: 109%.

Nezāļu ietekmes uz graudu ražu salīdzinošais vērtējums ziemas kviešu un vasaras miežu sējumos

Vidzemes novada monitoringa vietu nezāļu uzskaitēs deviņu gadu novērojumu periodā un nezāļu ierobežošanas pētījumu lauku izmēģinājumos graudaugos noskaidrots, ka visbiežāk sastopamākās gan kā augi sējumā, gan kā sēklas augsnē noteiktas īsmūža divdīgļlapju nezāles. Herbicīdu lietošana var būt kā viens no iespējamajiem efektīviem īsmūža divdīgļlapju nezāļu ierobežošanas paņēmieniem, tomēr būtiski graudu ražas zudumi ir tikai atsevišķu nezāļu sugu ietekmē, ja sējumā piesārņojums ar tām ir augsts.

Noteikta negatīva būtiska sakarība starp graudu ražu un nezāļainību, kad kontroles variantos ziemas kviešos dominēja pēc skaita īsmūža vasaras divdīgļlapji baltā balanda un dārza vējagriķis (2002.). Ja graudu ražas līmenis ir $5 - 6 \text{ t ha}^{-1}$, tad baltās balandas skaitam (izmēģinājumā tas variēja no 0.3 līdz 54.7 gab m^{-2}), noteikta vidēji cieša negatīva sakarība ar ziemas kviešu graudu ražu ($r_{yx} = -0.54$, $P < 0.05$), bet tās zaļai masai ietekmes būtiskums nesasniedza 95% ticamības līmeni. Dārza vējagriķa skaitam (izmēģinājumā variēja no 4.3 līdz 15.0 gab m^{-2}) un tā zaļai masai ($1.6 - 10.9 \text{ g m}^{-2}$) sakarība bija cieša, kas norāda par šīs sugas būtiski negatīvo ietekmi uz graudu ražu (attiecīgi: $r_{yx} = -0.66$, $P < 0.01$; $r_{yx} = -0.75$, $P < 0.001$).

Vasaras miežos 2001. gadā būtiski ražas zudumus ietekmēja nezāļu sugu sastāvs sējumā. Kontroles variantā pēc skaita dominēja īsmūža divdīgļlapji: baltā balanda (37.3 gab m^{-2}), parastā virza (7.3 gab m^{-2}), akļi (6.0 gab m^{-2}), dārza vējagriķis (4.7 gab m^{-2}) un velnarutku grābeklīte (3.7 gab m^{-2}) un šo nezāļu skaits bija 80% no visu nezāļu kopskaita. Šajā izmēģinājumā vislielākā vidējā viena auga zaļā masa aprēķināta akļiem – 10.3 g un velnarutku grābeklītei – 6.6 g.

Piesārņojums ar balto balandu bija attiecīgi 5 un 10 reizes lielāks par iepriekšminēto nezāļu skaitu, tomēr tās viena auga vidējā masa bija tikai 4.2 g. Salīdzinot starp nezāļu sugām to kaitīgo ietekmi uz vasaras miežu graudu ražu, aprēķināts, ka visbūtiskākais ražas samazinājums noteikts no akļu zaļās masas un velnarutku grābeklītes skaita. Visaugstākais ticamības līmenis ($P < 0.001$), salīdzinot starp nezāļu sugām to kaitīgo ietekmi uz vasaras miežu graudu ražu, noteikts no akļu zaļās masas lieluma ($r_{yx} = -0.74$) un velnarutku grābeklītes skaita sējumā ($r_{yx} = -0.77$).

SECINĀJUMI

1. Vidzemes novada Rīgas, Cēsu, Valkas, Valmieras un Limbažu rajonu monitoringa vietās, kur augu maiņā kopumā 67% bija graudaugi, konstatētas 64 nezāļu sugas, no tām 61 – graudaugos un 39 nezāļu sugu sēklas, no kurām 33 – graudaugos, kā dominējošās noteiktas īsmūža divdīgļlapju nezāles;

a) kultūrauga izvēle noteikta kā nozīmīgākais nezāļu kopējo skaitu ietekmējošais faktors ($R^2_k = 31.0\%$); bet nelielo ķīmisko nezāļu ierobežošanas apjomu dēļ (22% no 45 uzskaitēm) vismazāk nozīmīgākais – herbicīdu lietošana ($R^2_k = 3.0\%$);

b) faktoru kopumam „kultūraugs, lauks, gads” ($R^2_k = 28.3\%$) konstatēta visnozīmīgākā ietekme uz īsmūža divdīgļlapju nezāļu sēklu skaitu, bet uz daudzgadīgo divdīgļlapju un viendīgļlapju nezāļu sēklu skaita izmaiņām vislielākais īpatsvars noteikts „priekšaugš, lauks, gads” kopējai iedarbībai (attieciņi: $R^2_k = 67.3\%$ un 55.9%).

2. Palielinoties graudaugu īpatsvaram augu maiņā, palielinājās sējumu piesārņojums ar nezālēm un nezāļu sugu skaits, kā arī nezāļu sēklu skaits augsnē, bet dominējošo nezāļu sastāvs nemainījās.

3. Konstatēts, ka 15 – 40 % no nezāļu sēklu sastopamības atšķirībām augsnē nosaka šo nezāļu sugu sastopamība sējumos, sēklu skaita izmaiņas būtiski ietekmē gan sējumu kopējā nezāļainība ($r^2 = 76.0\%$, $b_{yx} = 46.6$, $P < 0.05$), gan piesārņojuma līmenis ar daudzgadīgajām nezālēm ($r^2 = 84.5\%$, $b_{yx} = -34.6$, $P < 0.01$) pirms diviem gadiem, ja ir veikta ikgadēja augsnes virskārtas apvēršana.

4. Vidzemes novada monitoringa vietās dominējošo nezāļu sugu sastāvam nav konstatēta krasas atšķirība salīdzinot ar pārējos Latvijas novados noteikto, bet salīdzinot ar uzskaites rezultātiem 1947. gadā konstatēts, ka ziemāju sējumos atsevišķas sugas (parastais kokālis, rudzu lāčauza) vairs nav sastopamas; ievērojami samazinājusies parastā pelašķa, parastās mällēpes, mazās skābenītes, tūruma kosas un akļu izplatība, bet tūruma kumelītes – palielinājusies.

5. Būtisks ražas pieaugums herbicīdu lietošanas rezultātā tika iegūts un būtiskas negatīvas korelatīvās sakarības noteiktas starp graudu ražu un piesārņojumu ar divdīgļlapju nezālēm:

a) ja ziemas kviešu graudu raža ir 5 – 6 t ha⁻¹ un kontroles variantā divdīgļlapju nezāļu skaits 102 augi m⁻², to zaļā masa 132 g m⁻² ($P < 0.01$);

b) ja vasaras miežu graudu ražas ir 3 – 4 t ha⁻¹ un kontrolē divdīgļlapju nezāļu skaits 78 augi m⁻² un to zaļā masa 297 g m⁻² ($P < 0.01$).

6. Graudaugu ražas veidojošo struktūrelementu un divdīgļlapju nezāļu sakarību pētījumos:

a) noteikta būtiska negatīva nezāļu ietekme uz ziemas kviešu produktīvo stiebru skaitu, vārpu garumu, graudu skaitu vārpā, ja sējumā nezāļu skaits lielāks par 190 augi m^{-2} un to gaissausā masa 369 g m^{-2} ($P < 0.05$);

b) noteikta būtiska negatīva nezāļu ietekme ($P < 0.001$) uz vasaras miežu produktīvo stiebru skaitu, ja sējumā vismaz ir 85 augi m^{-2} nezāļu un to gaissausā masa 160 g m^{-2} .

7. Vasaras miežos herbicīdu lietošanas apstākļos:

a) nezāļu bioloģiskās daudzveidības indeksa vērtību būtiski ietekmē dominējošo sugu: baltās balandas, dārza vējagriķa un lauka vijolītes skaits sējumos un auksīna un sulfonilurīnvielas grupas lietoto herbicīdu atšķirīgā efektivitāte to ierobežošanā;

b) ražošanas risku novērtējumā noteicošais ir herbicīdu izvēle, jo iespēja iegūt ražas pieaugumus, lietojot auksīna grupas herbicīdu iespējamība būtiski palielinās, bet sulfonilurīnvielas grupas preparāta variantos tā būtiski ($P < 0.05$) samazinās ar katru nākošo preparāta palielināto devu. Iespējamību iegūt ražas pieaugumus, ietekmē preparātu efektivitāte nezāļu, it īpaši dominējošo: baltās balandas, lauka vijolītes, dārza vējagriķa ierobežošanā.

ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

Publikācijas, tēzes, referāti *Publications, abstracts, presentations*

Publikācijas/ *Publications*

1. Vanaga I. (2000) Sakarības starp nezāļainību un ražu ziemas kviešu sējumos. **No:** *Zinātne. Latvija. Eiropa*: starptautiskās zinātniskās konferences referāti, Jelgavā 2000.gada 22. – 24.maijs. Jelgava : LLU, 23. – 27. lpp
2. Vanaga I., Lapins D. (2000) Relationships between weed infestation and yield in winter wheat sowings. **In:** *Proceedings of the International Conference „Development of Environmentally Friendly Plant Protection in the Baltic Region”*, September 28 – 29, Tartu, Estonia, p. 227 – 229.
3. Vanaga I. (2001) Sējumu un augsnes nezāļainības dinamika Vidzemes novada stacionārajās novērojumu platībās. **No:** *Zinātne. Latvija. Eiropa*: starptautiskās zinātniskās konferences referāti, Jelgava, 2001.gada 23. – 25.maijs. Jelgava: LLU, 46. – 52. lpp.
4. Vanaga I. (2001) Spring cereal sowings and soil infestation with *Chenopodium album* and its influence on the spring barley yield in the distinctive weather conditions. **In:** *Proceedings of the BCPC International Conference „Weeds – 2001”*, November 12 – 15, 2001. Brighton, UK, Vol. 1, p. 313 – 316.
5. Vanaga I. (2002) Changes of weed flora in arable fields in central Latvia and prospects for control with herbicides. **In:** *Proceedings of the Dundee Conference “Crop Protection in Northern Britain 2002”*, February 19 – 20, 2002, Dundee, UK, p. 33 – 40.
6. Vanaga I. (2002) Weed infestation and control in spring barley. **In:** *Research for Rural Development 2000: proceedings of the international scientific conference*, Jelgava, Latvia, 22 – 24 May, 2000. Jelgava: Latvia University of Agriculture, p. 29 – 33.
7. Vanaga I., Lapins D., Berzins A., Korolova J., Sprincina A. (2002) Dynamics of weed infestation in spring cereals in Latvia. **In:** *Proceedings of 12th EWRS Symposium „Wageningen 2002”*. Papendal, Arnhem, Netherlands, 24 – 27 June, 2002, p. 316 – 317.
8. Vanaga I. Yu., Gurkina E. V. (2002) The effect of reduced herbicides use in spring barley. **In:** *Materials of the International Scientific Conference „Integrated Systeme of Plant protection. The Present and the Future”*, Minsk, Byelorussia, July 15 – 17, 2002, p. 35 – 36.

9. Vanaga I. (2003) Efficacy of reduced doses of herbicides and the development of a decision support system for spring barley in Latvia. **In:** *Proceedings of 7th EWRS Mediterranean Symposium*, Adana, Turkey, May 6 – 9, 2003, p. 47 – 48.
10. Vanaga I. (2003) Weed infestation and control in spring and winter cereals in central Latvia. **In:** *Vagos: research papers*. Nr. 59 (12). Kaunas: Lithuanian University of Agriculture. p. 98 – 103.
11. Vanaga I., Gurkina J. (2004) Efficacy of reduced doses of herbicides in integrated weed management in Latvia. **In:** *Journal of Plant Diseases and Protection*. Special Issue: XIX of the 22nd German Conference on Weed Biology and Weed Control, Stuttgart–Hohenheim, Germany, March 2 – 4, 2004, p. 779 – 785.
12. Vanaga I. (2004) Dynamics of the flora of arable fields in central Latvia. **In:** *Agronomijas Vēstis = Latvian Journal of Agronomy*, Nr. 7, p. 176 – 182. Issue of the International Scientific Conference, Jelgava, Latvia, August 26 – 28, 2004.
13. Vanaga I. (2005) Weed seed and weed plant dynamics in arable fields in central Latvia. **In:** *Proceedings of 13th EWRS Symposium*, Bari, Italy, June 19 – 23, 2005. CD. ISBN 90–809789–1–4.

Kongresu tēzes/ Congress abstracts

1. Vanaga I., Gurkina J. (2003) Possible causal factors in the increase of *Elymus repens* populations in arable crops in Latvia and its control in wheat. **In:** *Proceedings of the NJF's 22nd Congress „Nordic Agriculture in Global Perspective”*, Turku, Finland, July 1 – 4, 2003, p. 99.

Referāti/ Presentations

1. Vanaga I. (2000) Sakarības starp nezāļainību un ražu ziemas kviešu sējumos: mutiskais referāts. Starptautiskā zinātniskā konference „Zinātne–Latvija–Eiropa”. 22. – 24. maijs, 2002, Jelgava.
2. Vanaga I., Lapiņš D. (2000) Relationships between weed infestation and yield in winter wheat sowings: stenda referāts. Development of Environmentally Friendly Plant Protection in the Baltic Region: starptautiskā konference. 28. – 29. septembris, 2002, Tartu, Igaunija.
3. Vanaga I. (2001) Ķeraiņu madaras izplatības ierobežošana ziemas kviešu un vasaras miežu sējumos: stenda referāts. Lauksaimniecības zinātne praksei: zinātniskā konference, 8. – 9. februāris, 2001, Jelgava. LLMZA, LLU Lauksaimniecības fakultātes.
4. Vanaga I. (2001) Sējumu un augsnes nezāļainības dinamika Vidzemes novada stacionārajās novērojumu platībās: mutiskais referāts. Starptautiskā zinātniskā konference „Zinātne – lauku attīstībai”. 23. – 25. maijs, 2001, Jelgava.

5. Vanaga I. (2001) Cereal sowings and soil infestation with *Chenopodium album* and its influence on the spring barley yield: stenda referāts. Sustainable Agriculture in Baltic States: starptautiskā konference, 28. – 30. jūnijs, 2001, Tartu, Igaunija.
6. Vanaga I. (2001) Spring cereal sowings and soil infestation with *Chenopodium album* and its influence on the spring barley yield in the distinctive weather conditions: stenda referāts. “Weeds – 2001”: Lielbritānijas augu aizsardzības padomes (BCPC) organizētā starptautiskā konference, 12. – 15. novembris, 2001, Braitona, Lielbritānijas un Ziemeļīrijas Apvienotā Karaliste.
7. Vanaga I., Gurkina J. (2002) Herbicīdu samazinātu devu ietekme divdīgļlapju nezāļu ierobežošanā vasaras miežu sējumā 2000. – 2001.g.: stenda referāts. Lauksaimniecības zinātne praksei: LLMZA un LLU LF starptautiskā zinātniskā konference, 7. – 8.februāris, 2002, Jelgava.
8. Vanaga I. (2002) Changes of weed flora in arable fields in central Latvia and prospects for control with herbicides: mutiskais referāts. The Dundee Conference: Ziemeļlielbritānijas augu aizsardzības asociācijas (NBPC) organizētā konference, 19. – 20. februāris, 2002, Dundijā, Skotijā (Lielbritānijas un Ziemeļīrijas Apvienotā Karalistē).
9. Vanaga I. (2002) Weed infestation and control in spring barley: mutiskais referāts. Research for Rural Development 2002: starptautiskā zinātniskā konference, 22. – 24. maijs, Jelgava.
10. Vanaga I., Lapiņš D., Bērziņš A. u.c. (2002) Dynamics of weed infestation in spring cereals in Latvia: stenda referāts. Wageningen 2002: Eiropas nezāļu pētniecības biedrības (EWRS) organizētais 12. Starptautiskais simpozījs, 24. – 27. jūnijs, 2002, Papendāle, Arnema, Nīderlande.
11. Vanaga I., Gurkina J. (2002) The effect of reduced herbicides use in spring barley: Mutiskais referāts. Integrated Systeme of Plant protection. The Present and the Future: starptautiskā zinātniskā konference, 15. – 17. jūlijs, 2002, Minska, Baltkrievija.
12. Vanaga I. (2002) Changes in *Galium aparine* population in arable fields in Latvia and their control with herbicides: mutiskais referāts. Advances in the understanding and control cleavers: praktisko biologu asociācijas (Association of Applied Biologists) organizētā konference, 10. septembris, 2002, Redinga, Lielbritānijas un Ziemeļīrijas Apvienotā Karaliste.
13. Vanaga I. (2002) Weed infestation and control in spring and winter cereals in central Latvia: mutiskais referāts. Plant Protection in the Baltic Region in the Context of Integration to EU: starptautiskā konference, 26. – 27. septembris, 2002, Kauna, Lietuva.

14. Vanaga I. (2003) Efficacy of reduced doses of herbicides and the development of a decision support system for spring barley in Latvia: mutiskais referāts. Eiropas nezāļu pētniecības biedrības (EWRS) organizētais 7. EWRS Vidusjūras valstu simpozījs. 6. – 9. maijs, 2003, Adana, Turcija.
15. Vanaga I., Gurkina J. (2003) Possible causal factors in the increase of *Elymus repens* populations in arable crops in Latvia and its control in wheat: mutiskais referāts. Nordic Agriculture in Global Perspective: Ziemeļvalstu Lauksaimniecības zinātnieku asociācijas (NJF) organizētais 22. kongress, 1. – 4. jūlijs, 2003, Turku, Somija.
16. Vanaga I., Gurkina J. (2004) Efficacy of reduced doses of herbicides in integrated weed management in Latvia: stenda referāts. Weed biology and weed control: Hohenheimas Universitātes Fitomedicīnas institūta Nezāļu pētniecības katedras organizētā 22. Vācijas konference, 2. – 4. marts, 2004, Štutgarte–Hohenheima, Vācija.
17. Vanaga I. (2004) Dynamics of the flora of arable fields in central Latvia: Stenda referāts. Epidemiology facets of harmful organisms in cropping systems: starptautiskā zinātniskā konference, 26. – 28. augusts, 2004, Jelgava.
18. Vanaga I. (2005) Weed seed and weed plant dynamics in arable fields in central Latvia: stenda referāts. Eiropas nezāļu pētniecības biedrības (EWRS) organizētais 13. Starptautiskais simpozījs. 19. – 23. jūnijs, 2005, Bari, Itālija.

**Līdzdalība starptautiskajos projektos/
*Copartnership in international projects***

1. 1997. – 2001. starptautiskais projekts “Pesticīdu bioloģiskās efektivitātes pārbaudes izmēģinājumu harmonizācija un pilnveidošana Baltijas jūras valstu reģionā” (“Harmonizing and upgrading of pesticides efficacy testing in the Nordic/Baltic region”).
2. 2000. – 2002. starptautiskais projekts “Lēmuma atbalsta sistēmas izstrādāšana un ieviešana integrētajā augu aizsardzībā Latvijā” (“Development and implementation of an internet based Decision Support System for Integrated Pest Management in Latvia 2000 – 2002”).

INTRODUCTION

Weed control has a very important place in the technology of crop production. Weeds compete with crops for factors of plant life and adversely affect the yield and quality of the crop. The climatic conditions in Latvia are favourable for the development of weeds and if the weeds are not controlled, the numbers of weed seeds in the soil can increase markedly each year.

Research in Latvia on the dynamics of weed infestation in crops, the species composition of the weed populations and changes in them had begun in 1947, when it was organised by botanist Alfreds Rasins. Investigations were continued in 1970 – 1980. In 1990 land reform in Latvia changed the structure of land ownership. The main management type was family farms, household plots and part-time farms which replaced the previous large state collective farms. The average farm size was then 13 ha of agricultural land. The area treated with herbicides decreased rapidly (1986 – 1990: 722.6 thousand ha; 1993: 148 thousand ha). The proportion of the total cropped area under cereals increased: in 1994 it was 41%, but by 2001 was 52%. In addition, there was a decline in the quality of soil tillage, and all these changes resulted in increased infestations of weeds in growing crops.

In 1994, the Department of Soil Management of Latvia University of Agriculture (LUA), LUA Skriversi Research Centre and the Latvian State Centre of Plant Protection started to collaborate in a joint programme funded by Scientific Council Grant Nr 93.729 on “Distribution of weeds in the Republic of Latvia, their botanical composition, dynamics and harmfulness, and optimisation of weed control and limiting measures”. This involved making repeated annual weed assessments in a fixed selection of monitoring areas in different regions of Latvia and continued the studies which were started by the botanist A. Rasins in 1947. This work was undertaken because the economic situation in the country had changed since the previous research had been done on weed infestations: the resources for herbicide purchase and the implementation of weed control measures had both decreased. Data for variations in the weed species composition in crops are available in the literature, but it was not possible to find results from which to determine the influencing factors that caused those changes or any description of the relationships between above-ground weeds and weed seeds in cereals during any long period. Using methods of linear regression analyses it was possible to estimate the relative influence of factors on the differences in the weed infestations in the monitoring areas.

Integrated weed management systems should be based on a combination of rational methods and approaches which could together both prevent large losses of yield by reducing of the infestation of weeds and have minimal direct and

indirect adverse effects on the environment. It is important to determine the economic threshold of harmfulness (ETH) at which, in specified conditions and specified agrophytocenosis, weed control could be effective and profitable. To determine the ETH it is necessary to know the relationship between crop yield and weed infestation. This research included trials in spring barley with herbicides at full, $\frac{1}{2}$ and $\frac{1}{4}$ of the recommended doses to evaluate both the efficacy of weed control and the effect on grain yield. The studies performed were focused on cereals, because these are the main crop group grown in Latvia. In the literature there were few results for the relationships among levels of cereal grain yield and the density of weeds in the crop with evaluations of their significance. Obtaining such results would allow further comparisons with the results of investigations in other countries.

The aim of the research

To evaluate the changes in weed infestations in cereals in the monitoring areas, making an assessment of the factors influencing crop and soil infestation with weeds, including the crop and weed management measures in the crop rotations, to clarify the relationship between grain yields and weed infestations in spring barley and winter wheat.

The tasks of the investigations

1. To investigate the changes in the numbers of weeds in crops and seeds in soil in five monitoring areas in the Vidzeme region under the conditions of practical crop production.
2. To determine the relationships between weed infestation in winter wheat and spring barley and grain yield, including its major components.
3. To assess the changes in weed biodiversity and in the risk to production in spring barley under the conditions of herbicide application.

Novelty of investigations

1. The factors that influenced changes in the weed infestations in cereals in different crop rotations were established and the relationship between actual flora and potential flora was determined; for the first time in Latvia the soil infestation of seeds in monitoring areas was determined over a six year period;
2. The effects of weed infestation on grain yield and its major components in winter wheat and spring barley, and the importance of individual weed species, were determined, with assessments of significance for evaluation relationships;

3. For evaluations of the influence of herbicide application the indices of weed biodiversity were determined, as well as the risk to production from the application of different herbicides at various doses.

The results of this research have been disclosed in 14 publications and 1 congress abstract.

The results of these experiments have been reported at international conferences: in Estonia 2000, Great Britain 2001, Lithuania 2002, Latvia and Germany 2004; at international scientific conferences: Latvia 2000, 2001, 2002, Estonia and Belarus 2002; at Symposiums organized by the European Weed Research Society: in the Netherlands 2002, Turkey 2003 and Italy 2005; at 22nd Congress organized by the Nordic Association of Agricultural Scientists in Finland 2003; at a conference organized by the Association of Applied Biologists in Great Britain 2002, at a conference organized by the Association for Crop Protection in Northern Britain Scotland 2002.

CONDITIONS OF RESEARCH AND METHODOLOGY

Structure of research work. For performing the tasks of investigation for this thesis the research work was carried out in five monitoring areas in the Vidzeme region and in field trials in the Riga district Adazi parish. The names of administrative places were used which were in force during the research period, before “The law for administrative territory and places of inhabited locality” (“LV”, 202 (3986), 30.12.2008) was adopted in Saeim on 18 December 2008 [implemented 31.12.2008].

Monitoring areas of Vidzeme region. Research for annual counts of weeds (monitoring system) in the actual flora and the weed seedbank was carried out in the Vidzeme region (one of four historical territories in Latvia, lying in the north-east of the country) in monitoring areas in five districts (Riga, Cesis, Valka, Valmiera and Limbazi), to determine the abundance of weed species and their groups in Latvia and the dynamics of their occurrence. The crop rotations and the crop husbandry, including the weed control measures, were determined by the individual farmers in accordance with the interests of their commercial activities thus only in one case, in the Cesis district monitoring area, was a classical crop rotation followed; in the others, crops were grown without recognised crop rotations (Table 1).

In the 17 ha monitoring area in Cesis district in Priekuli parish (57°31'15" N, 25°27'29" E) the soil was sod-podzolic soil (PVv) loam (L), pH KCl 5.5,

content of organic matter 16 g kg^{-1} . In cereals the herbicide RP 2.4-D SC (2,4-D, 500 g L^{-1}) was applied in 1995, but BASF MCPA SC (MCPA, 750 g L^{-1}) was applied in 1999 and in 2002. In the potato crop Titus 25 WG (rimsulphuron 250 g ha^{-1}) was applied.

In the 30 ha monitoring area in Riga district in Adazi parish ($57^{\circ}05'23'' \text{ N}$, $24^{\circ}18'37'' \text{ E}$) the soil was sod-podzolic soil (PVv) loamy sand (LS), pH KCl 5.1, an organic matter content of 12 g kg^{-1} . In the potato crop the herbicide Sencor 70 s.p. was applied (metribusin 700 g kg^{-1}). In 1996 – 2000 the herbicide Granstar 75 WG (tribenuron-methyl 750 g kg^{-1}) was applied.

In the 15 ha monitoring area in Valka district in Plani parish ($57^{\circ}35'42'' \text{ N}$, $25^{\circ}45'50'' \text{ E}$) the soil was sod-podzolic soil (PVv) loam (L), pH KCl 6.2, content of organic matter 27 g kg^{-1} . Chemical weed control was used once only in spring barley in 2002, when Kemira MCPA 750 SC (MCPA, 750 g L^{-1}) was applied.

In the 14 ha monitoring area in Valmiera district in Renceni parish ($57^{\circ}44'28'' \text{ N}$, $25^{\circ}25'09'' \text{ E}$) the soil was sod-podzolic soil (PVv) loamy sand (LS), pH KCl 6.2, content of organic matter 16 g kg^{-1} . Chemical weed control was done once only in oats in 1999, when RP MCPA 750 SC (MCPA, 750 g L^{-1}) was applied. The timothy and red clover were cut on 19 June 2001 and in the second successive year on 1 July 2002.

In the 15 ha monitoring area in Limbazi district in Vidrizi parish ($57^{\circ}21'05'' \text{ N}$, $24^{\circ}40'39'' \text{ E}$) the soil was sod-podzolic soil (PVv) loamy sand (LS), pH KCl 6.0, content of organic matter 18 g kg^{-1} . Chemical weed control was done in 1995, when RP 2.4-D SC (2.4-D, 500 g L^{-1}) was applied. In the monitoring areas where potato and sugar beet were grown, mechanical weed control was carried out during the growing season.

In the monitoring areas the occurrence of each weed species was recorded as percentage frequency by the method of A. Rasins and M. Taurina (1982). Assessments were made in each year at the beginning of July. From 1997, soil samples for weed seed assessment were collected at the same time as the plant counts by the method of Dospheov B., I.Vasiljev I. and Tulikov A. (Доспехов, Васильев, Туликов; 1977). The seed numbers were converted to numbers per m^2 for soil to 0.05 m depth.

The species were assigned to weed groups on the basis of life form (annual or perennial) and morphological characters (dicotyledonous or monocotyledonous). In turn, annual dicotyledonous weeds were classified by period of growth and perennial dicotyledonous weeds were divided by depth of root system and type.

To determine the weed dynamics for each species and each biological group of weed species within the nine year period (1994 – 2002) and weed seed

number within the six year period (1997 – 2002) were calculated and also expressed as percentages of the total weed numbers. Dispersion around the averages (weed number and weed seed number) was assessed using the standard error.

Comparisons of the averages for species and the biological groups of weeds were made among the groups of crops by analysis of variance. To examine the relationships between the occurrence of weed plants and weed seeds, the relative frequencies were compared, i.e. the frequency of occurrence (by years) of each weed species during the whole monitoring period: for plants: 9 years, for seeds: 6 years. The species were ranked in order according to frequency of occurrence. The relationships between occurrence of weed plants and seeds were evaluated by correlation and regression analyses.

The data for total weed plant numbers and total numbers of weed species in each weed biological group in the observation areas in Vidzeme region in the five districts were subjected to analyses of variance to examine the effects of fields and years and the differences in numbers of weed plants and numbers of weed species among different crops and crop groups.

The relative importance of „field”, „year”, „crop”, „previous crop” and „herbicide” as factors to explain the observed changes during the monitoring period in the numbers of species plants and seeds was assessed by fitting simple and multiple linear regressions to the data for each weed group. The adjusted determination coefficient (R^2_k ; Arhipova, Bāliņa, 2003) was used to assess the relative importance of the factors singly and in combination.

Field trials to examine the relationship between grain yield and level of weed infestation and to examine the effects of applying herbicides were carried out in 2000 – 2002 in the Riga district in Adazi parish on sod-podzolic (PVv) loamy sand (LS) soil. Each year the trials were in different fields where the crop rotation and crop husbandry (except plant protection in the trial plots) had been decided by the farmer according to the agro-economic interests of his commercial activity.

The soil in the winter wheat fields had pH KCl 4.6 – 4.9, an organic content of 11 – 22 g kg⁻¹. In 1999 and 2000 the soil was cultivated in the autumn after potato harvesting and in 2001 after spring wheat it was ploughed and cultivated. The variety of winter wheat ‘Pamjati Fedina’ was sown in 1999, 2000 and 2001, respectively on 23, 15 and 27 September. In the trials 2000 – 2002 the herbicides were applied each year on 25 April when the crop was at growth stage 25 – 29. A fertiliser top-dressing of 120 kg N ha⁻¹ was applied.

The soil in the spring barley field had pH KCl 4.8 – 5.6, an organic content of 14 – 21 g kg⁻¹. The spring barley fields were ploughed in the autumn and cultivated twice before sowing. In 2000 the crop was sown after non-cropped chemical fallow, in 2001 after potato and in 2002 after winter wheat. The variety

of spring barley 'Abava' was sown in 2000, 2001 and 2002 respectively on 5, 7 and 4 May and in the trials the herbicides were applied on 31, 30 and 24 May when the crops were at growth stage 12 – 14. A fertiliser top-dressing of 100 kg N ha⁻¹ was applied.

The treatments in the trials to examine the relationship between cereal yield and the level of weed infestation in winter wheat and spring barley are shown in Table 2 and for the trials to examine the effects of applying herbicides in Table 3.

The herbicides used in the trials were from the sulphonylurea group: Granstar 75 WG (tribenuron-methyl, 750 g kg⁻¹) and the from the auxin group: Duplosan Super 600 SL (dichlorprop-P, 310 g L⁻¹ + MCPA, 160 g L⁻¹ + mecoprop-P, 130 g L⁻¹). The surfactant Citowett (alkylphenyl condensate) was added in a tank mix with Granstar.

All the field trials were arranged in randomized blocks with four replicates. Plot size: 30 m². The evaluations of herbicide efficacy in the cereals followed EPPO Guideline No. 93. Complete plant protection measures along with the weed control were applied. Herbicide treatments were applied using a knapsack sprayer "Gloria" with flat-fan nozzles XR TEEJET 8003VS, delivering spray volume 300 L ha⁻¹ at pressure 300 kPa.

In the field trials the plant numbers and fresh weights of each individual weed species were recorded at three random places within each plot with the aid of a 0.25 m² frame, once during the growing season 4 – 6 weeks after treatment with the herbicides. Weed numbers and weights were recalculated to per m². The total yield of grain from each plot was harvested by trial combine "Sampo 500", recalculated to t ha⁻¹ and given at 100% purity and 15% moisture content.

For research on the components of crop yield (number of productive stems, length of ear, 1000-grain weight, number of grains per ear) and weed infestation, sample sheaves within a 0.2 m² frame were collected from each plot at 15 (winter wheat) or at 20 (spring barley) places. The weed number and weed air-dry weight per m² were determined.

To determine the relationship between the yields of spring barley and winter wheat and the numbers of dicotyledonous weeds, the data from the untreated plots and the plots treated with herbicides were subject to heterogeneity analyses of variance and correlation – regression analysis. Effects of weeds on yield were determined by regression equations, where: y = grain yield, t ha⁻¹ and x = dicotyledonous weed number, plants m⁻² or x = dicotyledonous weed fresh weight, g m⁻², r_{yx} = correlation coefficient, b_{yx} = regression coefficient, r^2 = determination coefficient; P% = level of probability.

For a numerical assessment of biodiversity, the Shannon diversity index (H') was calculated by equation 1, where:

p_i = proportion of total weed number in the monitoring area calculated for the i^{th} weed species, according to method of Magurran A.E. (Magurran, 1988). The index was calculated from the total numbers of weed species and the number of plants of each weed species present in the particular field. Differences among Shannon diversity indexes were evaluated using critical values of Student's t -distribution. In research on herbicide use for positive or negative effects in regard to spring barley yield, the risk associated with the production were assessed by the method described by Z. Gosa (2003).

RESULTS OF THE RESEARCH AND DISCUSSION

Dynamics and factors affecting weed distribution in monitoring areas in Vidzeme region

For the purposes of comparing weed occurrence and weed dynamics, the monitoring areas in the Vidzeme region were grouped according to the percentages of cereals in the crop rotations. Group 1: monitoring area in Cesis district, where cereals were 44% of all crops in the rotation during the assessment period; group 2: the three monitoring areas in the Riga, Valka and Valmiera districts, where cereals were 67% of all crops grown; group 3: monitoring area in Limbazi district, where cereals were 89% of all crops.

In the **Cesis** district monitoring area the average density of weeds at the assessment time was 61.5 plants m^{-2} ($s_{\text{av.}} = \pm 12$), ranging from 12 to 120 plants m^{-2} (Fig. 1). From 1994 to 1999 the annual increase or decrease in the weed infestation did not exceed the standard error for the average infestation. In 2000 and 2001 the weed infestation rose to 1.7 times the average of the 9-year period.

At the weed assessments in sugar beet in 1994 and in spring barley in 1995, annual dicotyledonous species were dominant (70% and 92% of total number) and the total weed number was 40 – 50 plants m^{-2} . In 1996, the first year of red fescue, both total weed number and species number decreased in comparison with previous years. There were changes in the proportions of annual and perennial weeds because the infestation of perennial weeds was 50% from the total number. In 1997, in the second year of growing red fescue, all weeds recorded at the assessment were perennial species and 55% of them were dicotyledonous and 45% were monocotyledons; in addition, the overall infestation increased (47 plants m^{-2}). In spring barley, as a result of annual soil tillage and herbicide application, the proportions of perennial dicotyledonous weeds were only 2.6% – 3.4% of the total number in 1998 and 1999 and annual dicotyledonous

weeds increased annually. In potato in 2000, the number of weeds increased as a result of an ineffective application of herbicide (late timing of application) and the weed density was the highest during the observation period; the proportion of perennial weeds also increased (41% of total number). The total weed number decreased annually in triticale undersown with red clover in 2001 and in first year red clover in 2002 in comparison with 2000. Moreover in 2002 in the first year of red clover there were sharp reductions in both total weed number and species number, as well changes in proportions of plants of annual and perennial weed species: annual dicotyledonous weeds were only 15% of total weed number.

In evaluations of the changes within the biological groups of weeds, no annual dicotyledonous species were recorded at the assessment in 1997, although overall these species were dominant in this crop rotation: 9-year average: 32.3 ± 8.2 plants m^{-2} , the percentage of their number accounting for 52.5% of the total plant number. The dominant annual dicotyledonous weed species were *Viola arvensis* (Murray; 10.7 ± 4.1 plants m^{-2})*, *Chenopodium album* L.; 3.1 ± 1.5 plants m^{-2}), *Stellaria media* (L.) Vill; 3.0 ± 0.9 plants m^{-2}), *Myosotis arvensis* (L.) Hill; 2.9 ± 1.9 plants m^{-2}), *Tripleurospermum inodorum* (L.) Scp.Bip.; 2.7 ± 0.7 plants m^{-2}) and *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.; 1.8 ± 0.8 plants m^{-2}). In the cereals of 1995 and 1999, after application of herbicides, the infestations of weed species that were not susceptible to the herbicides (especially *Chamomilla suaveolens* (Pursh) Rudb. and *Viola arvensis* increased in comparison with previous years.

The average density of perennial weeds in this crop rotation was (27 ± 6.3 plants m^{-2}). *Elymus repens* (L.) Gould) occurred in all crop groups; it accounted for the highest proportion of all weeds (30.9% of total number) and had the highest value of frequency of occurrence (present in 8 years). Perennial dicotyledonous weed number significantly increased in the perennial herbage crops in 1997 and 2002. The numbers of *Cirsium arvense* (L.) Scop.) in 1997 (11 plants m^{-2}) and 2002 (12 plants m^{-2}) were higher than the average for the observation period (6.3 ± 2.5 plants m^{-2}).

In this monitoring area the average density of weed seeds of all species for the six year assessment period was 4698 seeds m^{-2} ($s_{vid} \pm 904$). In comparisons of dynamics by years, there were remarkable changes in weed seed number annually during the period from 1997 to 2000, when the differences among the data for each year exceeded the standard deviation limits (Fig. 2). Large decreases occurred in 1998 and 2000 in comparison with the preceding year, but an increase occurred in 1999. There was no annual soil tillage or weed control in the grass

* the author given only once when species is mentioned first time in text

crops in 1996 and 1997 which decreased the number of annual weeds and species, as well as the total infestation with weed seeds in the soil in 1998 and 2000. Of 16 identified weed seed species present in soil samples, only *Chenopodium album* seeds were present in the soil samples in all six assessment years; on average, it accounted for 67.1% of the total weed seed number.

There were no significant differences between cereals and other crops in weed plant number or seed number. There was a very close ($r = 0.80$), statistically significant ($P < 0.01$), relationship between the density of annual weed plants and their occurrence as seeds. The variation in annual weed seed numbers in the soil affected the occurrence of the plants of these groups in the growing crops ($r^2 = 64\%$, $b_{yx} = 0.91$, $P < 0.01$).

The results from the monitoring area in Cesis district showed, that:

1. the high percentage of herbage crops in this crop rotation affected weed species number and changes in their biological groups. Herbage crops were more competitive in comparison with spring and winter cereals in the reduction of the numbers of annual dicotyledonous weed plants;
2. restricted use of herbicides – no graminicides in the grass crops and ineffective application of herbicides in potato – resulted in an increase in the density of *Elymus repens*. The highest percentage by number and very high values of occurrence in this monitoring area were determined for this species;
3. comparison of the weed species distribution in crops with the occurrence of identified seeds in the soil samples showed there was a close significant occurrence relationship for the annual weed species which propagate by seeds.

Cereals constituted 67% of the crop rotation in the monitoring areas of the three districts: **Riga, Valka and Valmiera**, but the particular crops grown and their positions in the rotations were different. So the tendency of increasing and decreasing weed numbers in particular crop rotations were not always the same as the average value of all three of them. The lowest infestation of weeds (19 plants m^{-2}) was recorded in 1996 and the highest (206 plants m^{-2}) in 2000; these differences exceeded the standard error limits (121 ± 19 plants m^{-2} , $P < 0.05$; Fig.1). The high infestations in 2000 and 2002 resulted from repeated cereal cropping, and when a field was in set–aside.

For annual species, the pattern of change in weed infestation was similar in all three monitoring areas until 2001, when considerable decreases in numbers were detected in the Valka and Valmiera districts, but increases occurred in the Riga district monitoring area. In 2002, the density of annual weed species in the Valka district monitoring area increased notable, but fell in the Riga district monitoring area. Annual dicotyledonous weeds dominated and the most occurrent species were: *Stellaria media* (9.1 plants m^{-2}), *Chenopodium album*

(7.2 plants m⁻²), *Viola arvensis* (6.6 plants m⁻²), *Tripleurospermum inodorum* (6.4 plants m⁻²) and *Polygonum convolvulus* (L.; 5.7 plants m⁻²).

The dynamics of change in plant density for perennial weeds were very similar in all three monitoring areas during 1994 – 1999; after that the infestation of weeds decreased sharply in the Valka district, but increased in the Riga and Valmiera district monitoring areas annually. *Elymus repens* was: 25% of total weed number: 30 plants m⁻². The most occurrent perennial dicotyledonous weeds were *Cirsium arvense* (5.3 plants m⁻²) and *Sonchus arvensis* (L.; 4.7 plants m⁻²).

During the observation period the average number of weed seeds in these three monitoring areas was 7014 seeds m⁻² (s_{av.} ± 849; Fig.2). A considerable decrease in the number of seeds was detected in 1998 in comparison with 1997 and thereafter the tendency of an increase up to the end of the observation period. Comparatively, the weed seed densities were less variable in the Valka district monitoring area. Annual dicotyledonous weed seeds dominated in the soil samples, accounting for 89.4% of total weed seed number. Seeds of *Chenopodium album* were recorded in soil in each year, accounting for 49% of total weed seed number. The seeds of *Stellaria media* accounted for 6.7% of total weed seed number, *Tripleurospermum inodorum*: 5.7%, *Polygonum lapathifolium* (L.): 4.4%, *Thlaspi arvense* (L.): 3.9% and *Viola arvensis*: 3.9%. Only in the Valmiera district monitoring area was the influence of weed plant infestation on the changes in weed seeds in the soil detected, for the assessment 2 years later ($r_{yx} = 0.87$, $r^2 = 0.76$, $P < 0.05$).

In the monitoring areas of the Riga, Valka and Valmiera districts it was established, that:

1. the annual dicotyledonous weeds and species of this group *Chenopodium album*, *Viola arvensis*, *Tripleurospermum inodorum* and *Stellaria media*, were dominant in both the weed assessments and the soil samples.

2. changes in weed number were greatly affected by crop and by the duration for which each crop was grown in the rotation:

2.1 increase of *Elymus repens* number was affected by repeated spring barley growing during four years; timothy and red-clover in the second year and the field in set-aside in the second year;

2.2 decreases of *Elymus repens* and annual dicotyledonous weed number were recorded in spring barley grown after potato where mechanical and chemical weed control was applied;

2.3 winter dicotyledonous weeds species like *Viola arvensis* and *Tripleurospermum inodorum* increased by 6 times (30.4 ± 6.6 plants m⁻²), when winter rye was grown for two years in succession;

3. the crop and agricultural practice affected weed species biodiversity:

3.1 the competitive sward of timothy and clover, and cutting for hay, restricted the distribution of annual weed species in the crop rotation;

3.2 in uncropped early fallow there were higher infestations of perennial weeds (90 plants m⁻²) than in the root and tuber crops and in cereals. The differences in weed numbers between fallow and spring cereals (76.7 ± 15.1 plants m⁻²) were significant (P < 0.05);

4. regular application of the sulfonylurea herbicide Granstar in spring cereals promoted the propagation of the annual dicotyledonous weed species *Galium aparine* (L.) which is not sensitive to this product and the application of MCPA increased the infestation with *Stellaria media*, *Spergula arvensis* (L.), *Polygonum lapathifolium* and *Tripleurospermum inodorum*;

5. changes in potential flora were greatly affected by changes in actual weed flora, because on average, 37% of weed species recorded in the actual flora were identified in soil samples as seeds. The dicotyledonous weeds *Chenopodium album*, *Stellaria media*, *Viola arvensis* and *Tripleurospermum inodorum* were recorded as plants during 6 – 9 year period and the seeds of these species were dominant in the soil samples.

In the Limbazi monitoring area, where successive crops of cereals were grown for 8 of the 9 years, the average density of weeds was 186 plants m⁻² (s_{av.} = ±30). At the beginning of the observation period in 1994 (when the crop was potato), the weed density was 245 plants m⁻² and in 1999 (second year winter cereals) the highest weed infestation, 304 plants m⁻², was recorded (Fig. 1). Every year the weed density was more than 150 plants m⁻², except in 1995 and 1996 when the infestations were considerably less than the average (respectively 61 plants m⁻² and 42 plants m⁻²). During the observation period annual dicotyledonous weeds were dominant, accounting for 56% of the total number of weed plants. In the spring cereal crops, annual weeds were 81% of the total. The summer annual dicotyledonous weeds *Stellaria media*, *Chenopodium album* and *Sonchus oleraceus* (L.) and the winter annuals *Tripleurospermum inodorum* and *Viola arvensis* were dominant. In the winter cereals, perennial weeds were dominant, especially *Elymus repens*, the highest density of which occurred in 1999 in the second year winter cereal crop (195 plants m⁻²). The average density of *Elymus repens* in the winter cereals (115 plants m⁻²) was significantly higher than in the spring cereals (14.4 plants m⁻²; 100.6 ± 31.90, P < 0.05).

In comparing weed infestations in the spring cereals, the number of weed species (26.5 species) and the total weed infestation (188 plants m⁻²) were both higher in spring cereals grown after winter cereals than in spring cereals grown after spring cereals (respectively 17.0; 97.0). The densities of the dominant weeds species *Stellaria media*, *Chenopodium album*, *Polygonum convolvulus*, *Tripleurospermum inodorum*, *Viola arvensis* and *Elymus repens* were all higher in the spring cereals grown after winter cereals.

The seeds of 20 weed species were found in the soil samples. The infestation with weed seeds during 1997 – 1999 was higher than the average for this monitoring area (9502 ± 1393 seeds m^{-2}), but was lower from 2000 to 2002 (Fig. 2). The highest density of seeds was recorded in 1997, when it was more than one standard deviation ($s_{av.} \pm 2078$),) above the average value. *Chenopodium album* seeds dominated in the soil samples and were found in all six years (7046 ± 1477 seeds m^{-2}), but the density of seeds tended to decrease during last three assessments. *Tripleurospermum inodorum* (445 ± 231 seeds m^{-2}) and *Polygonum convolvulus* (216 ± 83 seeds m^{-2}) seeds were recorded in 4 years and *Stellaria media* (165 ± 82 seeds m^{-2}) and *Thlaspi arvense* (101 ± 44 seeds m^{-2}) in 3 years. The proportion of perennial weed seeds increased from 1% to 8% of total weed seeds during 1999 – 2002.

There was a statistically significant positive relationship between the densities of all identified weeds and seeds ($r = 0.40$, $P < 0.01$). The high infestation of weeds in growing crops significantly affected 16% ($P < 0.01$) total weed seed distribution in the soil ($r_{yx} = 0.32$, $P < 0.01$). Positive and significant relationship between all annual weeds and seeds were established ($r_{yx} = 0.34$, $P < 0.01$; $r^2 = 17\%$, $P < 0.05$).

The high infestation with perennial weeds, which were mostly vegetatively propagated, and their dynamics in number affected the changes in the dynamics of weed seeds in soil, because the proportions of them in the total weed number in the monitoring area varied from 1995 to 2000, respectively: 15%, 5%, 27%, 62%, 74% and 18%. There was a close significant negative linear relationship between weed plant density and weed seed density at the assessment 2 years later ($r = -0.92$, $P < 0.01$), which showed that as the weed plant density increased, the number of seeds in soil decreased ($r_{yx} = -34.6$, $r^2 = 84.5\%$, $P < 0.01$). The weed number varied from 61 to 209 plants m^{-2} during 1995 – 2000, but the seed density decreased during 1997 – 2002 from 13425 to 7480 seeds m^{-2} .

From the weed assessments in the Limbazi district monitoring area it was established that:

1. when cereal crops were grown in succession the infestations of weeds were an average of 186 plants m^{-2} , and increased especially when winter cereals were grown after winter cereals.
2. in this crop rotation, both in the crop and the soil samples, annual dicotyledonous weeds were dominant: *Stellaria media*, *Chenopodium album*, *Polygonum convolvulus* and *Tripleurospermum inodorum*.
3. the infestations of *Elymus repens* were the highest, in comparison with other individual weed species, but its density varied over the years depending on the crop being grown (0 – 195 plants m^{-2}).
4. there were significant linear relationships between the densities of individual species of weed plants in the growing crops and their seeds in the soil as well as

between the overall density of weed plants and the overall density of weed seed in the soil counted 2 years later.

Factors affecting weed distribution in Vidzeme region. Five factors were assessed separately and in combination to evaluate their influence on changes in the weed numbers in the monitoring areas during the nine year observation period: “field”, „year”, “crop”, “previous crop” and “use of herbicides” (Table 4). Each of these factors would include conditionally several elements: “crop” would include species of crop, cultivar and use of other plant protection products; “year”: weather conditions and technology of crop husbandry; “field”: the physical and agrochemical qualities of the soil of the monitoring areas; “previous crop”: after-influence of technology of cropping, previous weather conditions, cultivar of previous crop. The relative influences of the factors were assessed by the sizes of the adjusted correlation coefficients (R^2_k), expressed as percentages. For the evaluations there were: 5 monitoring areas, 9 years of weed assessment, 12 species of crops, fallow and set–aside and 9 previous crops, fallow and set–aside and 2 kinds of chemical weed control: applied and not applied.

In the single factor comparisons, the crop was the most important in relation to the changes of 3 weed groups and of total weed plant numbers. Different crops, due their biological features, influenced weed infestation in different ways. Grass cropping reduced annual dicotyledonous weed numbers compared with the average for the monitoring areas. Winter rye was more competitive with annual dicots compared to winter wheat.

The greatest effect on annual dicot weeds was shown by the combination of factors „field, year, crop”. These factors were most important for changes in dicot winter annuals, because the largest numbers of these species were assessed in winter cereals, where germination and development of the weeds were markedly affected by weather conditions in the autumn. High numbers of these weed species were assessed in early non–cropped fallow where after soil ploughing in spring they could germinate and develop up to autumn soil tillage.

The previous crop was an important factor in variations in numbers of perennial dicot weeds as well in the dynamics of density of *Elymus repens*. The frequency of chemical weed control was not high (22% of the 45 assessments); it was applied mainly in spring cereals and the efficacy of the products used in some fields was quite low, thus the application of herbicides was the least important factor in affecting changes in weed infestation.

Under the conditions of practical crop production the changes in weed number were affected by all factor combinations, because of their interconnections. The greatest effect of all five factors (year, field, crop, previous crop and herbicide) combinations was on the dynamics of the numbers of perennial weeds (dicot and monocot) in the growing crops (respectively

$R^2_k = 83.6\%$ and $R^2_k = 71.8\%$). The infestations of annual dicots were most influenced by the combination of factors „crop, field, year” ($R^2_k = 61.6\%$), that indicate the proportions of influence of crop increased and the importance of herbicides decreased ($R^2_k = 56.8\%$). Changes in annual monocotyledonous weed numbers were most influenced by the combination of „field, year, previous crop”.

Soil infestation and factors influencing it in the monitoring areas. In total, seeds of 39 weed species were recorded in analysed soil samples taken to a depth of 0.05 m; 69% of the weed species were annual dicot species. The dominant species of weeds seeds were the same as the dominant species of weed plants in the crops: *Chenopodium album*, *Stellaria media*, *Polygonum convolvulus*, *Tripleurospermum inodorum* and *Viola arvensis*. The seeds of these species accounted for 75% of the total number of weed seeds.

The combination of factors that accounted for the largest proportion of the differences in annual dicotyledonous species and total weed seed numbers was „field, year and crop” (Table 5). Most variation in the numbers of seeds of perennial dicot and monocot weed species was accounted for by the combination of „field, year, previous crop”.

The simple linear regression results showed that the condition in each monitoring area was the single factor that had the greatest influence on total number of seeds, both of all weed species and of annual dicotyledonous species. The largest effects for perennial dicots and annual monocot weed seeds were accounted for by the after–influence of the weather in the growing year of the preceding crop and the husbandry used for that crop. The weather conditions and the crop husbandry applied in each assessment year markedly affected the seed numbers of *Elymus repens*. The use of herbicides was not an important factor in determining the numbers of seeds for any of the weed species groups.

In the investigations of the relationships of weeds as plants and seeds it was estimated that about 50% of all weed species (31 weed species) were recorded as plants in the crops and as seeds in the soil samples. 33 weed species that were recorded as plants in the crops were not found in the seedbank. Most species occurred in small numbers at a low frequency, (for example *Fumaria officinalis* L.); however its seeds were recorded in all five monitoring areas.

Weed occurrence in the Vidzeme region in comparison with other regions of Latvia. There were no sharp differences between the weed occurrence in cereals in the Vidzeme region and in Kurzeme – Zemgale (territories in central and west in Latvia) as the most frequent species in both regions were: *Elymus repens*, *Polygonum convolvulus*, *Viola arvensis*, *Stellaria media*, *Tripleurospermum inodorum*, *Chenopodium* spp. and *Cirsium* spp. In the Kurzeme – Zemgale region one of the most widely distributed species in cereals was *Galium*

aparine, the infestation of which increased annually, whereas the numbers plants of *Chenopodium* spp. decreased in crops. In the Vidzeme region *Galium aparine* was ranked only 29th by occurrence among the 30 most frequent species, but *Chenopodium album* was recorded in all five monitoring areas and was evaluated with a high frequency both as plants in the crops and as seeds in the soil. In the Kurzeme – Zemgale region *Avena fatua* (L.) was detected, whereas this species was not found in any monitoring area in the Vidzeme region or in any assessment year.

In eastern Latvia the results of the weed assessments carried out in 1994 – 1996 and 1999 showed that two weed species, *Elymus repens* and *Tripleurospermum inodorum*, were the most frequent, as they were also in the Vidzeme region monitoring areas. The two perennial dicot weeds with the most frequent occurrence, *Sonchus arvensis* and *Artemisia vulgaris* (L.), were among the ten most prevalent species in cereals.

Comparison of weed occurrence in the Vidzeme region 1994 – 2002 with results of research in Latvia in 1947 and 1981 – 1982. By comparing weed assessments made during the past period of 60 years, it has been possible to group weeds according changes in their occurrence: in previous assessments occurred very rarely, but very frequent in the most recent assessments: *Tripleurospermum inodorum*, *Stellaria media*; in previous assessments occurred very frequently, but rarely or not recorded in the most recent assessments: *Bromus secalinus* (L.), *Agrostemma githago* (L.); occurrence at the assessments increased over the period: *Capsella bursa-pastoris*, *Polygonum convolvulus*, *Chenopodium album*; occurrence decreased at successive assessments: *Galeopsis* spp., *Achillea millefolium* (L.), *Rumex acetosella* (L.), *Equisetum arvense* (L.), *Tussilago farfara* (L.); dominant in each assessment: *Viola arvensis*; variable occurrence in crops: *Taraxacum officinale* (Web.agg.), *Elymus repens*, *Polygonum aviculare* (L.s.l.), *Cirsium arvense*.

Relationship between grain yield and level of weed infestation in cereals in Riga district Adazi parish in 2000 – 2002

In winter wheat trials during 2000 – 2002, the predominant weeds were annual winter dicotyledonous species, assessed both by plant number and fresh weight. Previous crop markedly affected the weed infestations. In winter wheat (2002), when the previous crop had been spring wheat, the weed infestation was 2 – 2.5 times higher and there were more species (19) than when the previous crops had been potato (2000 and 2001). The application of herbicides significantly decreased the dicotyledonous weed plant numbers and fresh weights, except in

2000 when night frosts in the spring affected weed growth and the overall weed fresh weight was low and the differences among treatments with and without herbicide application were not statistically significant. As a result of unfavourable weather conditions in 2000 the yields were sharply different in comparison with the other years of the trials. Yields in 2000 were from 2 to 3 t ha⁻¹, 2001: 6.5 – 7 t ha⁻¹ and in 2002: 5 – 6 t ha⁻¹. Significant increases of yield were given in all three years as a result of the application of herbicides.

In 2002 there was a strong, negative, significant linear relationship between winter wheat yield and weed plant number ($r_{yx} = -0.70$, $P < 0.01$) and a moderately strong, negative, significant linear relationship with weed fresh weight ($r_{yx} = -0.63$, $P < 0.01$) when the infestation of weed plants within the trial plots averaged from 6.8 to 102 m⁻² with fresh weights of 3.3 – 132.5 g m⁻² and the grain yield was 4.9 – 5.8 t ha⁻¹. There were no statistically significant relationships (2000 and 2001) when the weed numbers were less than 50 plants m⁻² and their fresh weight was not more than 66.2 g m⁻².

In 2002 negative effects on yield were determined in regression equations: between yield and weed number (2) and between yield and weed fresh weight (3), which showed what the grain yield reduction would be if the weed infestation was increased by one unit.

In the spring barley trials the most suitable conditions for spring development and growth of the crop occurred in 2001 when the previous crop had been potato. The lowest yield was obtained in 2002 when the spring barley was grown after winter wheat and the highest numbers of dicotyledonous weed species and plants were recorded. *Chenopodium album* dominated in all three years. It constituted around half of the total weed population, but in 2002 it accounted for 68% of the total weed plant number and 85% of the total weed mass. Assessments made when the crops were at the heading stage showed that the application of herbicides when the spring barley was tillering significantly decreased the numbers and fresh weights of dicotyledonous weeds ($P < 0.001$).

There were no differences among the herbicide treatments in their efficacy, but in the 2000 and 2001 trials the tank mixture of the two herbicides showed a tendency of higher efficacy than the treatments in which the herbicides were applied separately. The grain yields obtained ranged from 2 to 3 t ha⁻¹ in 2000, from 3 to 4 t ha⁻¹ in 2001 and up to 2 t ha⁻¹ in 2002.

Spring barley grain yield in the untreated was an average of 3.4 t ha⁻¹ in 2001. Close, negative, significant linear relationships were established in the 2001 trial between spring barley yield and numbers of dicotyledonous weeds ($r_{yx} = -0.76$, $P < 0.01$) and their fresh weights ($r_{yx} = -0.77$, $P < 0.01$). Regression equations 4 and 5 established the negative influence of weeds on yield: between yield and weed number (4) and between yield and weed fresh weight (5), which

showed if spring barley grain yield averaged 3.6 t ha^{-1} , a weed infestation of 78 plants m^{-2} with a fresh weight of 297 g m^{-2} would decrease grain yield by 0.2 t ha^{-1} , ie. 5.6% of average yield. Such dicotyledonous weed numbers and fresh weights could be used as weed thresholds in spring barley because the investigations of A. Rasins and M. Taurina (Расиньш, Тауриня, 1979) determined that the application of herbicides would not be worthwhile if the increase in grain yield was less than 5%.

Investigations of relationships between grain yield components and weed infestation in Riga district. The winter wheat sample sheaves from the 2001 trial showed that *Tripleurospermum inodorum* was dominant in the untreated plots (98% of total population), whereas in the herbicide treated plots *Viola arvensis* was dominant. In the 2002 sample sheaves there were 14 weed species in the untreated plots: *Polygonum convolvulus* accounted for 45% of the population by number, *Chenopodium album* 21%, *Sonchus arvensis* 8% and *Cerastium arvense* (L.) 6%. *Polygonum convolvulus* was dominant by number in all herbicide treatments because herbicide efficacy in reducing plant numbers of this species varied from 54.6% to 70.4%, but the efficacy of the herbicides in reducing the numbers and fresh weights of *Chenopodium album* and *Sonchus arvensis* was very high (94 – 100%).

Significant ($P < 0.001$) negative relationships between weed number and numbers of productive winter wheat stems ($r_{yx} = -0.29$), ear length ($r_{yx} = -0.49$) and number of kernels per ear ($r_{yx} = -0.18$) were established only for the samples taken in 2002 when weed numbers in the untreated were higher than 185 plants m^{-2} . In 2001 and 2002 there were weak negative relationships between the numbers of winter wheat productive stems and weed air-dry weight (respectively $r_{yx} = -0.14$, $P < 0.05$; $r_{yx} = -0.19$, $P < 0.001$). In 2002 there were significant negative relationships of winter wheat ear length ($r_{yx} = -0.35$, $P < 0.001$) and number of grains per ear ($r_{yx} = -0.18$, $P < 0.001$) with both weed plant number and weed air-dry weight. That showed that the weeds had a significant influence on the components of yield formation in winter wheat.

In the spring barley trial in 2001 only *Chenopodium album* was found in the sheaf samples from the untreated plots, but 7 annual dicotyledonous species were recorded from the plots treated with herbicides, where *Viola arvensis*, *Polygonum aviculare* and *Polygonum convolvulus* were the most frequent. In the samples from the 2002 trial a total of 9 annual dicotyledonous weed species was recorded; in the untreated plots *Chenopodium album* dominated by number (76% of total population), but in the samples from plots where the herbicides had been applied *Viola arvensis* and *Polygonum convolvulus* were also found. In both years of the investigation there were moderately negative significant ($P < 0.001$) relationships between the numbers of productive stems and both weed number

(respectively: $r_{yx} = -0.44$ and $r_{yx} = -0.47$) and air-dry weight (respectively: $r_{yx} = -0.42$ and $r_{yx} = -0.45$).

The Granstar treatment in 2002 significantly reduced the 1000-grain weight in comparison with the other herbicide treatments and the untreated. The application of Granstar during very dry weather conditions (in the third 10-day period of May 2002 no rainfall was recorded) could have affected the later productivity of the barley plants. Only in 2001 were there significant, but weak negative relationships between spring barley 1000-grain weight and both weed number ($r_{yx} = -0.21$, $P < 0.01$) and weed air-dry weight ($r_{yx} = -0.32$, $P < 0.001$), because the weather conditions in 2002 had adverse effects on herbicide selectivity. In 2002 there were significant weak negative correlations between the number of grains per ear and both weed number and weed air-dry weight ($r_{yx} = -0.12$, $P < 0.05$), but in 2001 the significant relationship was only with weed air-dry weight ($r_{yx} = -0.15$, $P < 0.05$). The density of weeds in the untreated plots (83.2 plants m^{-2}) was insufficiently high to have a significant effect on the number of grains per ear. The smaller numbers of species in the winter wheat and spring barley samples from the untreated plots compared with those from the plots where herbicides had been applied showed that the presence of competitive weeds like *Tripleurospermum inodorum* and *Chenopodium album* affected not only the crop, but also reduced the other weeds by inter-specific competition.

The increases in the numbers of spring barley productive stems in the treatments to which herbicides had been applied were significant compared with untreated ($P < 0.01$) in both years, because the weed control was applied when the crop was at the 4 – 5 leaves stage and weeds were up their 4 true leaves stage which provided better conditions for productive stem formation. In winter wheat significant increases in the numbers of productive stems were observed only in 2002, because in the trial in 2001 the winter annual *Tripleurospermum inodorum* was dominant, accounting for more than half of the total weed population. It had germinated mostly in the autumn during the crop tillering stage and was a competitor with the winter wheat for nutrients.

Evaluations of herbicide efficacy in spring barley in Riga district Adazi parish in 2000 – 2002

The lowest weed density in the untreated plots was recorded in 2000 (77 plants m^{-2}), when the previous crop was non-cropped chemical fallow (Table 6). The density of weeds in 2001 was 170 plants m^{-2} when the spring barley was grown after potato and 198 plants m^{-2} in 2002 when the previous crop was winter wheat; in 2002 the weed fresh weight exceeded 900 g m^{-2} . The number of dicotyledonous weed species in the trials varied from 15 to 22; among them *Chenopodium album* accounted for 30 – 48% of the total population, *Viola*

arvensis for 20 – 29%, *Polygonum convolvulus* for 3 – 19% and *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik for 1 – 7%. A high infestation with *Erodium cicutarium* (L.) L'Her.; 38.7 plants m⁻²; 23% of the total population was recorded in the untreated in 2001.

The weather conditions in spring had adverse effects on crop growth and development in 2000 and 2002 and as a result the yield of spring barley was low in these years, but it was comparatively higher in 2001, by 32% – 47%. Significant increases of yield were obtained in the treatments where the herbicides were applied in 2001, when the average yield was 3.8 t ha⁻¹ (Table 6).

In the spring barley trials the herbicide treatments gave significant reductions of both dicotyledonous weed number and fresh weight compared with untreated. The effects of the treatments were assessed 4 – 6 weeks after herbicide application. When the Shannon diversity index (H') was calculated, the values of the index were found to be higher in the untreated plots than in the herbicide treated plots in 2000 and 2002 (Figure 3).

In the trial in 2002 the infestation of *Chenopodium album* (94.3 plants m⁻²) was 1.4 times more than in 2001 and 4.1 times more than in 2000. In 2002 in the plots where the herbicides had been applied there were 8 more species of weeds than in the untreated, because *Chenopodium album* dominated by both number and fresh weight in the untreated plots. This species could suppress other species, which had smaller fresh weights and typically developed later. In the trials in 2001 and 2002 the Shannon diversity index values gradually reduced with increasing doses of the herbicide Granstar. Such a tendency was observed for Duplosan Super only in the 2000 trial.

The efficacy of the herbicides depended on the spectrum of dominant weed species in each trial. In 2000 the diversity index in the treatment with Duplosan Super at full dose was significantly less than in the untreated and in the treatments of both herbicides at the lower doses ($\frac{1}{4}$ and $\frac{1}{2}$) and with Granstar at the full dose. The application of Duplosan Super at the full dose gave 100% control of such species as *Tripleurospermum inodorum*, *Spergula arvensis*, *Stellaria media* and *Capsella bursa-pastoris* and a total of only 3 weed species was recorded. The value of the diversity index was significantly less in the treatments of Granstar applied at the lowest dose ($\frac{1}{4}$) than in the untreated, because the effect of the low efficacy (67 – 73%) of the herbicide Granstar at the lowest dose on *Viola arvensis*, *Tripleurospermum inodorum* and *Polygonum convolvulus*, which allowed the plants of these species to grow bigger and be more competitive in this treatment in comparison with the treatments where the herbicides were applied at the higher doses.

The diversity index was significantly less in 2001 in the treatment with Granstar applied at the full dose compared with the untreated and Duplosan Super applied at the full dose because Granstar applied at the full dose provided 100%

control of nine weed species, including the dominant species *Stellaria media* and *Capsella bursa-pastoris*. In 2002 in the untreated and in the treatment with Duplosan Super at the lowest dose, three dicotyledonous species were predominant: *Chenopodium album*, *Viola arvensis* and *Polygonum convolvulus*; these species accounted for 75% of the total population. Because of the prevalence of these three weed species and the unevenness of the distribution of the plants, the diversity index for these treatments was significantly lower in comparison to other values obtained.

To assess the risks to production from applying reduced doses, the probabilities of obtaining increases in spring barley yield were determined when the dose of herbicide increased from zero to ¼ dose, from ¼ to ½ and from ½ to full recommended dose. For Granstar the probability of a yield increase declined significantly ($P < 0.05$) with each successive increase of herbicide dose: 75; 56; 50%.

In contrast, with Duplosan Super the probability of a yield increase increased with each successive increase in dose: 58; 67; 83% ($P < 0.05$). This difference may be accounted for by the difference in efficacy of the two herbicides at reduced doses, especially on weed fresh weight for which Granstar gave reductions compared with untreated of 90.6%, 93.2% and 97.8% while Duplosan Super gave reductions of 80.1%, 87.4% and 95.7%. The full dose of Duplosan Super increased grain yield by 115% compared with untreated, whereas the full dose of Granstar increased grain yield by 109%.

Comparative evaluations of the influence of weeds on grain yield in winter wheat and spring barley

Surveys of the flora in the monitoring areas in the Vidzeme region during a nine year period and in field trials on weed control in cereals have revealed that the most common and widespread weeds are annual dicotyledonous species which occur both as plants in the crops and as seeds in the soil. The use of herbicides could be one approach to the management of annual dicotyledonous weeds; however, significant yield losses are caused only by some of them and only when the weed populations are high.

There was a significant negative relationship between grain yield and weed infestation when in the untreated plots of winter wheat, the annual summer dicotyledonous weeds *Chenopodium album* and *Polygonum convolvulus* dominated by number (2002). When the grain yield level was 5 – 6 t ha⁻¹, there was a moderately strong negative relationship between *Chenopodium album* number (varying in the trial from 0.3 to 54.7 plants m⁻²) and winter wheat grain yield ($r_{yx} = -0.54$, $P < 0.05$), but for weed fresh weight the probability level of

influence did not reach 95%. There were strong relationships ($P < 0.01$) between crop yield and both the plant numbers (varying in the trial from 4.3 to 15.0 plants m^{-2}) and fresh weights of *Polygonum convolvulus*, (1.6 – 10.9 g m^{-2}) which indicated that this weed species had a significant negative influence on grain yield (respectively $r_{yx} = -0.66$, $P < 0.01$; $r_{yx} = -0.75$, $P < 0.001$).

The results in 2001 showed the yield losses in spring barley were significantly affected by the spectrum of weed species present in the crop. In the untreated the annual dicotyledonous weeds *Chenopodium album* (37.3 plants m^{-2}), *Stellaria media* (7.3 plants m^{-2}), *Galeopsis* spp. (6.0 plants m^{-2}), *Polygonum convolvulus* (4.7 plants m^{-2}) and *Erodium cicutarium* (3.7 plants m^{-2}), were dominant by number and accounted for 80% of the total population. In that trial the highest fresh weight of a single plant of *Galeopsis* spp. was 10.3 g and for *Erodium cicutarium* was 6.6 g.

The numbers of *Chenopodium album* were 5 and 10 times more than the two previously mentioned species, but the average weight of one plant was only 4.2 g. In comparisons among the weed species for their effects on spring barley yield, the highest potential yield loss was accounted for by *Galeopsis* spp. fresh weight and by *Erodium cicutarium* number. The highest significance level ($P < 0.001$) was determined for the adverse influence on grain yield by *Galeopsis* spp. fresh weight ($r_{yx} = -0.74$) and by *Erodium cicutarium* number ($r_{yx} = -0.77$.)

CONCLUSIONS

1. In the monitoring areas in the Rīga, Cēsis, Valka, Valmiera and Limbaži districts of Vidzeme region where overall 67% of crops in the rotations were cereals, 64 different weed species were recorded, of which 61 were present in cereals and seeds of 39 different weed species were recorded, of which 33 occurred in cereals; annual dicotyledonous weeds were determined as the most frequent;

a) the most important factor influencing differences in weed total numbers in the fields is the choice of crop ($R^2_k = 31.0\%$); but because the use chemical weed control was not common in the monitoring areas (only 22% of 45 observations); the least important factor is the application of herbicides ($R^2_k = 3.0\%$);

b) the most important influence on the dynamics of the annual dicot weeds seeds is the combination of factors „crop, field, year” ($R^2_k = 28.3\%$), but for the variations in the numbers of perennial dicotyledonous and monocotyledons weeds the highest proportions are accounted for by the combination of „previous crop, field, year” (respectively: $R^2_k = 67.3\%$ and 55.9%).

2. Higher proportions of cereals in the crop rotations were associated with increased infestations of weed plants in the crops and higher numbers of weed species; as well as with higher numbers of weed seeds in the soil, but the spectrum of the dominant weed species was unaffected.

3. It is established that 15 – 40% of differences of weed seed occurrence in soil depend on weed plant occurrence in the crops; variation in the numbers of weed seeds significantly affected both total infestation of weeds in crop sowings ($r^2 = 76.0\%$, $b_{yx} = 46.6$, $P < 0.05$) and the infestation levels of perennial plants in the fields ($r^2 = 84.5\%$, $b_{yx} = -34.6$, $P < 0.01$) when the inversion of topsoil is carried out annually.

4. There are no sharp differences in the spectrum of dominant weed species in the Vidzeme monitoring areas compared with other regions of Latvia, but compared with the results of assessments in 1947, it is established that in winter cereals some individual species are not recorded in the crop: *Bromus secalinus*, *Agrostemma githago*, the occurrence of some species has decreased remarkably: *Achillea millefolium*, *Tussilago farfara*, *Rumex acetosella*, *Equisetum arvense* and *Galeopsis* spp.; but others have increased: *Tripleurospermum inodorum*.

5. Significant increases of yield are obtained in response to the application of herbicides and significant correlative relationships are established between grain yield and the infestation of dicotyledonous weeds:

- a) if winter wheat grain yield is $5 - 6 \text{ t ha}^{-1}$ and in the untreated, dicotyledonous weed numbers are $102 \text{ plants m}^{-2}$, and with a fresh weight of 132 g m^{-2} ($P < 0.01$);
- b) if spring barley grain yield is $3 - 4 \text{ t ha}^{-1}$ in the trial and in the untreated, dicotyledonous weed numbers are 78 plants m^{-2} and with a fresh weight of 297 g m^{-2} ($P < 0.01$).

6. In the investigations of relationships between grain yield components and weed infestation:

- a) there are statistically significant negative effects on winter wheat productive stem number, length of ear, and numbers of grains per ear if the weed infestation is higher than $191 \text{ plants m}^{-2}$ with an air-dry weight of more than 159 g m^{-2} ($P < 0.05$);
- b) there is a statistically significant negative effect ($P < 0.001$) on spring barley productive stem number if the weed infestation is 85 plants m^{-2} with an air-dry weight of 160 g m^{-2} ($P < 0.05$).

7. In conditions of herbicide application in spring barley

- a) the weed diversity index significantly depends on the numbers of plants of the dominant species: *Chenopodium album*, *Polygonum convolvulus* and *Viola arvensis*, and on the differences in the efficacy of control of the herbicides used from the auxin and sulfonylurea groups of herbicides;
- b) in assessing the risks to production the most important factor is the choice of herbicide, because the probabilities of obtaining an increase with each increase of dose for the sulfonylurea group decreases significantly ($P < 0.05$) and increases for the auxin group. The probability of obtaining an increase is affected by the efficacy of the products in weed control, especially of the dominant species: *Chenopodium album*, *Viola arvensis* and *Polygonum convolvulus*.