

---

# Melno graudu alkaloidi un *Fusarium* mikotoksīnu T-2, HT-2 un zearalenona pārtikas piesārņojuma līmeņa noteikšana pārtikā izmantojamos Latvijas graudos un to pārstrādes produktos

---

PĀRTIKAS DROŠĪBAS, DZĪVNIEKU VESELĪBAS UN VIDES ZINĀTNISKAIS  
INSTITŪTS «BIOR»

2024, RĪGA



# Darba mērķis

---

Noteikt piesārņojuma līmeni ar melno graudu alkaloīdu un *Fusarium* mikotoksīnu T-2, HT-2 un zearalenona pārtikā izmantojamos graudos un to pārstrādes produktos Latvijā.

# Darba uzdevumi

---

1. noteikt melno graudu alkaloīdu un *Fusarium* mikotoksīnu T-2, HT-2 un zearalenona daudzumu pārtikā izmantojamos Latvijas graudaugos (ziemas un vasaras kviešos, vasaras miežos, rudzos, auzās) un to pārstrādes produktos – kopā vismaz 150 paraugos;
2. apkopot un izvērtēt iegūtos rezultātus, izstrādāt ieteikumus pārtikā izmantojamo Latvijas graudu audzētājiem un pārtikas ražotājiem mikotoksīnu līmeņa samazināšanai graudos un to produktos;
3. nosūtīt iegūtos piesārņojuma datus EFSA.

# Pētījuma aktualitāte

## Graudaugu ražība Latvijā samazinājusies

- 2023. gadā – 2,7 milj. tonnu graudu (zemākais pēdējā piecgadē)

## Klimata pārmaiņu ietekme

- Paaugstināts mitrums un temperatūras svārstības veicina mikotoksīnu un melno graudu alkaloīdu izplatību.

## Ietekme uz graudu kvalitāti

- Zemāka graudu kvalitāte, kas bieži neatbilst pārtikas standartiem.

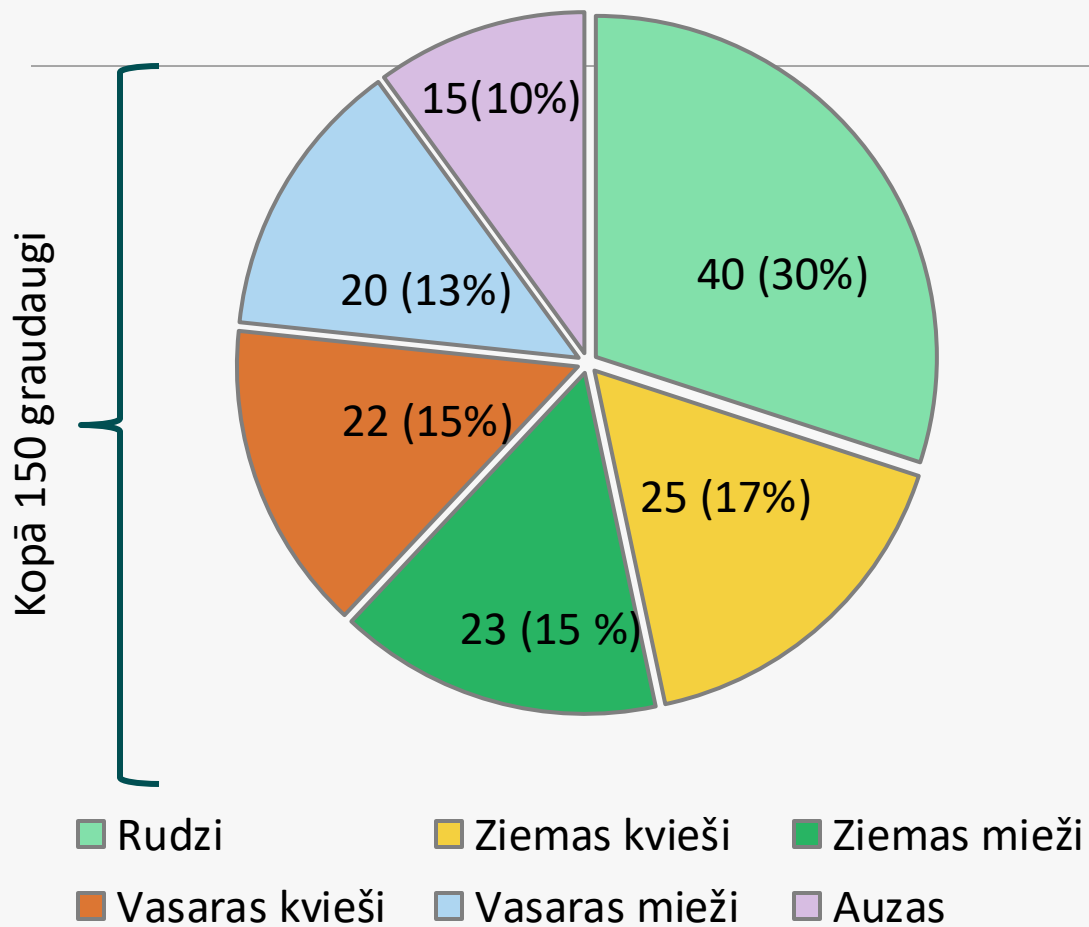
## Jaunas ES regulas

- Stingrāki piesārņojuma limiti graudos un prasība pielāgoties klimata izmaiņām līdz 2028. gadam

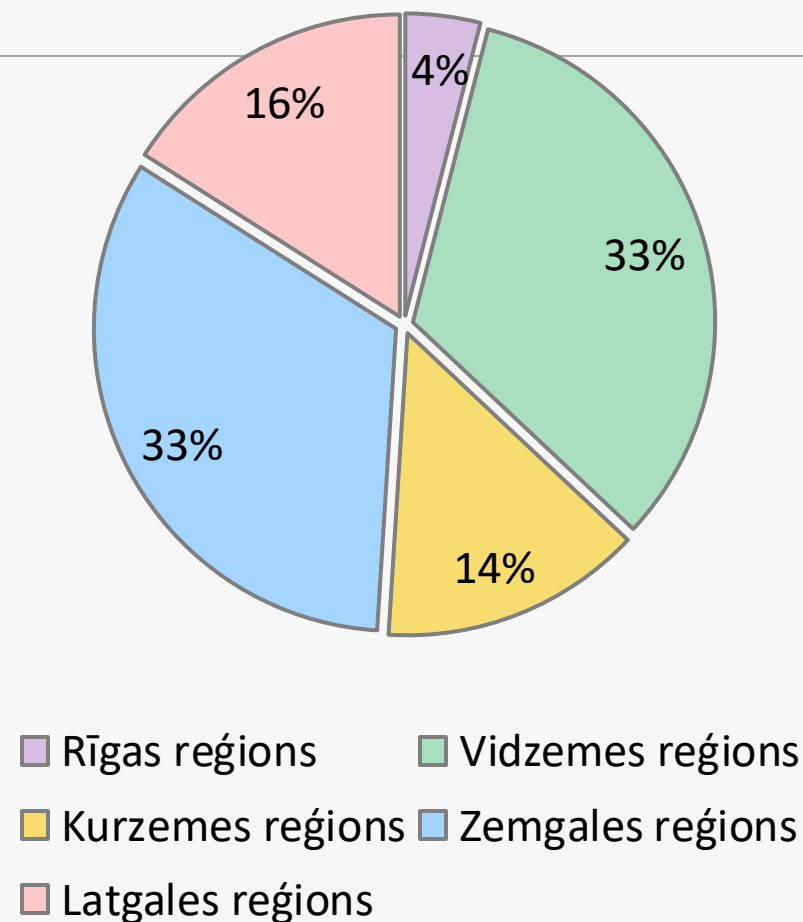
## Nepieciešamība pēc pielāgošanās

- Latvijas graudaugu nozarei jāspēj reaģēt uz mikroklimata izmaiņām un stingrākām regulām

# Paraugi



1. att. Paraugu sadalījums pēc veida (sugas)



2. att. Paraugu sadalījums pēc Latvijas reģioniem

# Paraugu sagatavošana

- Paraugu **homogenizēšana** ar *Perten Laboratory mill 3100*, izmantojot **0,5 mm** sietu.
- Mikotoksīnu ekstrakcija ar **acetonitrila:ūdens** (1:1, v/v) šķīdumu, kas satur 0,10% skudrskābi.
- **QuEChERS** sāļu izmantošana.
- Ekstrakta **izsaldēšana** -80°C temperatūrā.
- Ekstrakta **iekoncentrēšana** zem slāpekļa tvaicēšanas sistēmas.
- Sausa atlikuma atšķaidīšana ar **metanola:ūdens** (6:4, v/v) šķīdumu, kas satur 0,40% skudrskābi.



*Perten Laboratory mill 3100*

# Instrumentālā metode

1. tabula

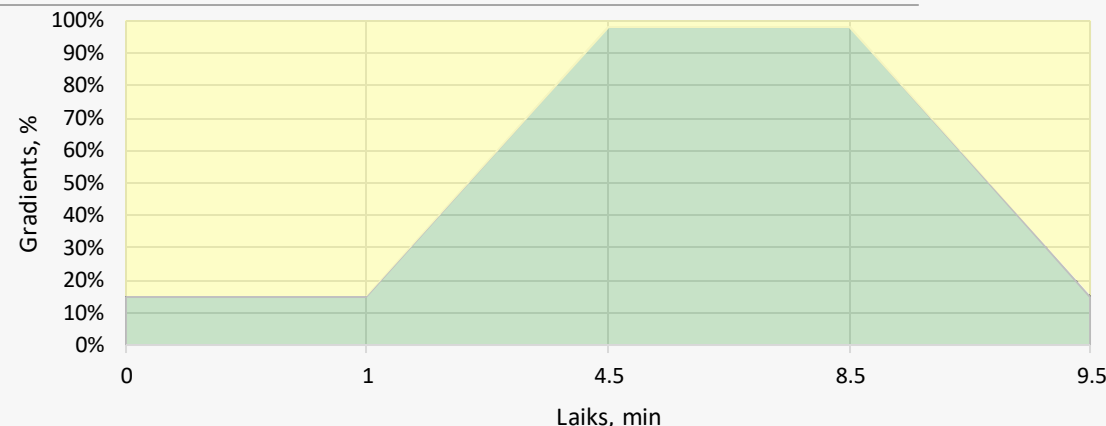
Šķidrums hromatogrāfa parametri mikotoksīnu noteikšanai

Analītiskā kolonna	Phenomenex Kinetex C18 (50 x 3 mm, 1,7 μm)
Kolonnas temp.	40°C
Kustīgā fāze "A"	Dejonizēts ūdens + 0,5 mM amonija formiāts + <b>0,10% skudrskābe</b>
Kustīgā fāze "B"	Metanols + 0,5 mM amonija formiāts + <b>0,10% skudrskābe</b>
Plūsmas ātrums	0,35 mL/min
Injekcijas tilpums	5 μL

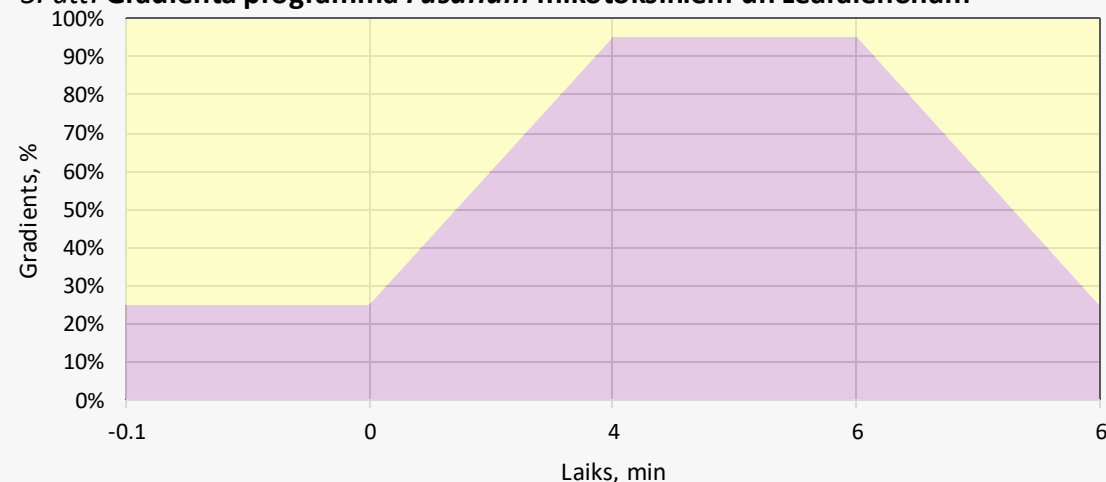
2. tabula

Šķidrums hromatogrāfa parametri melno graudu alkaloīdu noteikšanai

Analītiskā kolonna	Phenomenex Kinetex EVO C18 (100 x 2.1 mm, 1,7 μm)
Kolonnas temp.	40°C
Kustīgā fāze "A"	Dejonizēts ūdens + <b>10 mM amonija karbonāts</b>
Kustīgā fāze "B"	Acetonitrils
Plūsmas ātrums	0,30 mL/min
Injekcijas tilpums	5 μL

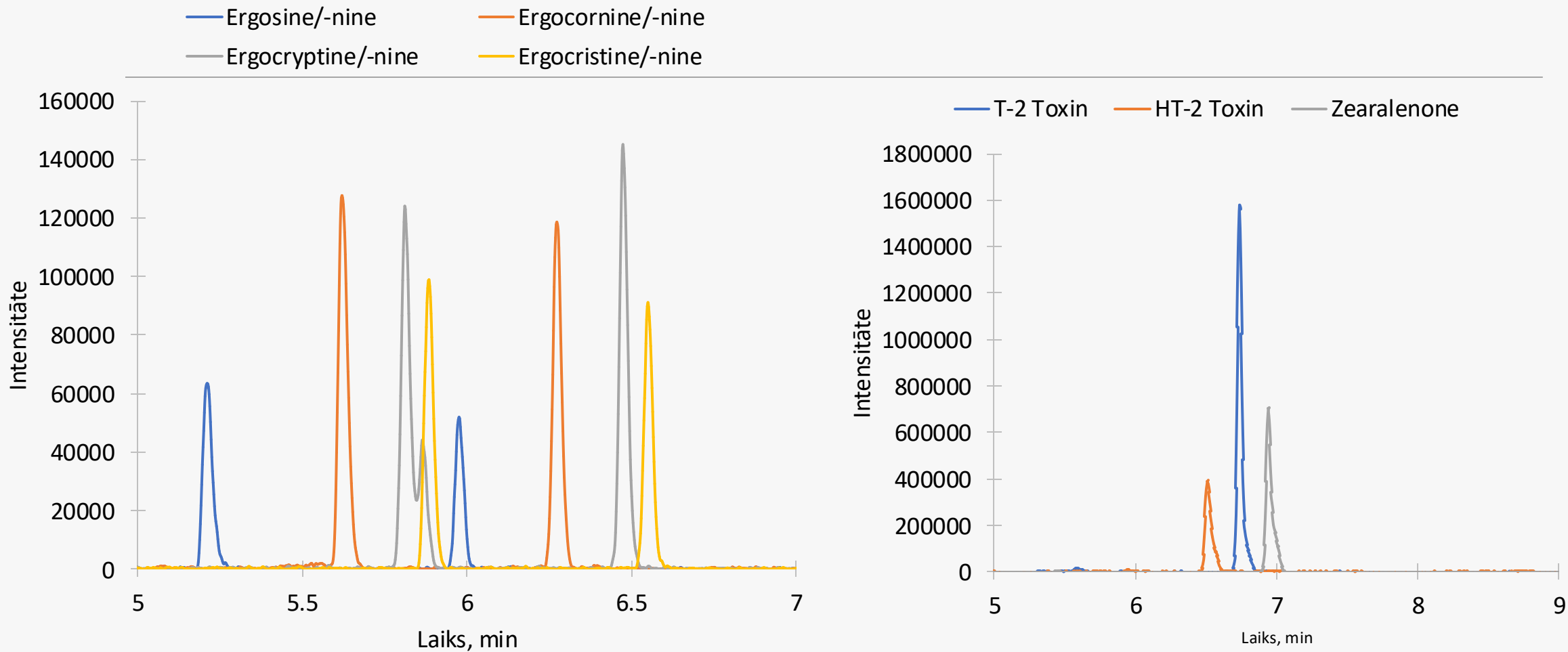


3. att. Gradienta programma *Fusarium* mikotoksīniem un zearalenonam



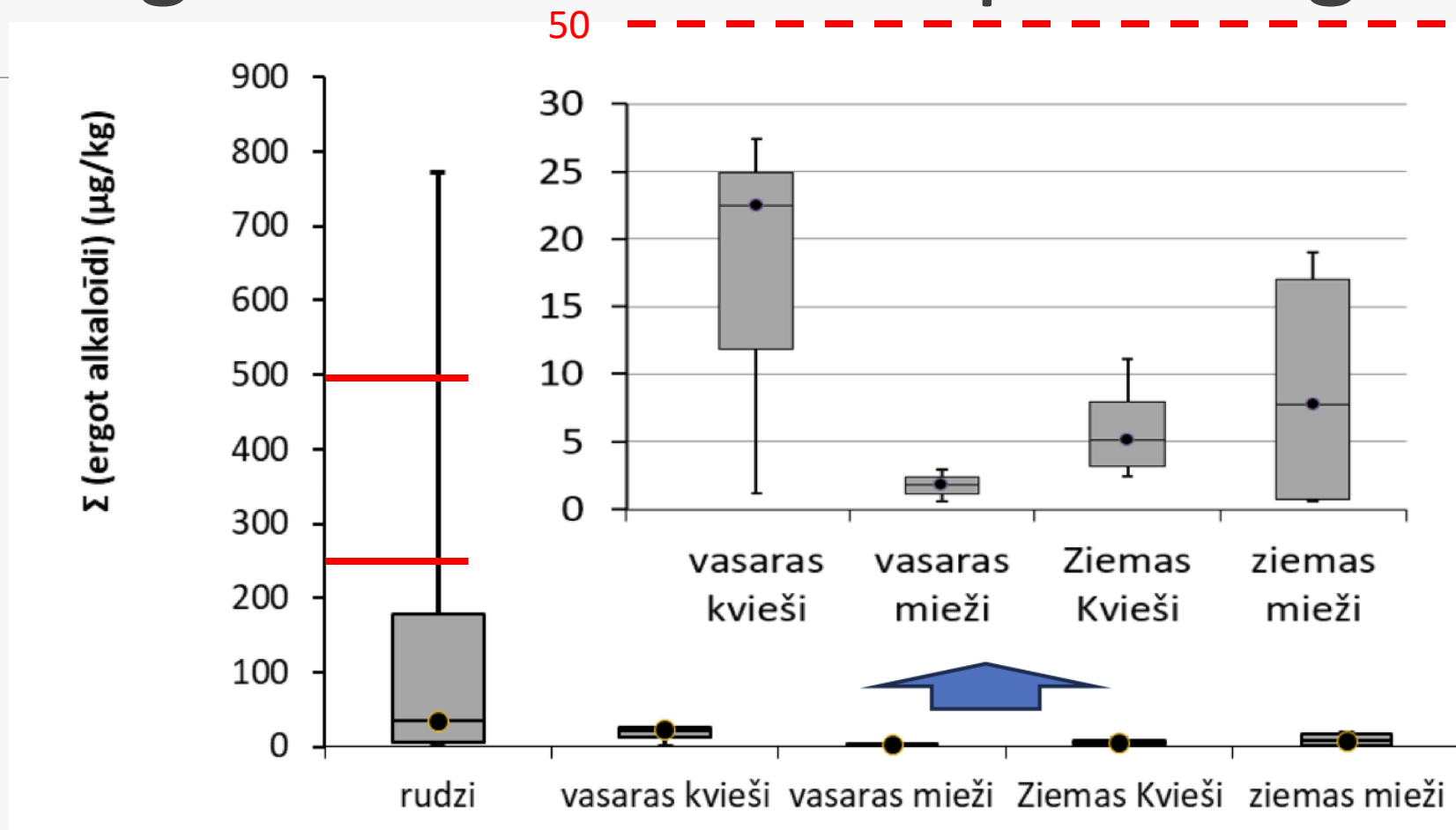
4. att. Gradienta programma melno graudu alkaloīdiem

# Hromatogrammas



5. att. Melno graudu alkaloīdu un mikotoksīnu hromatogrammas

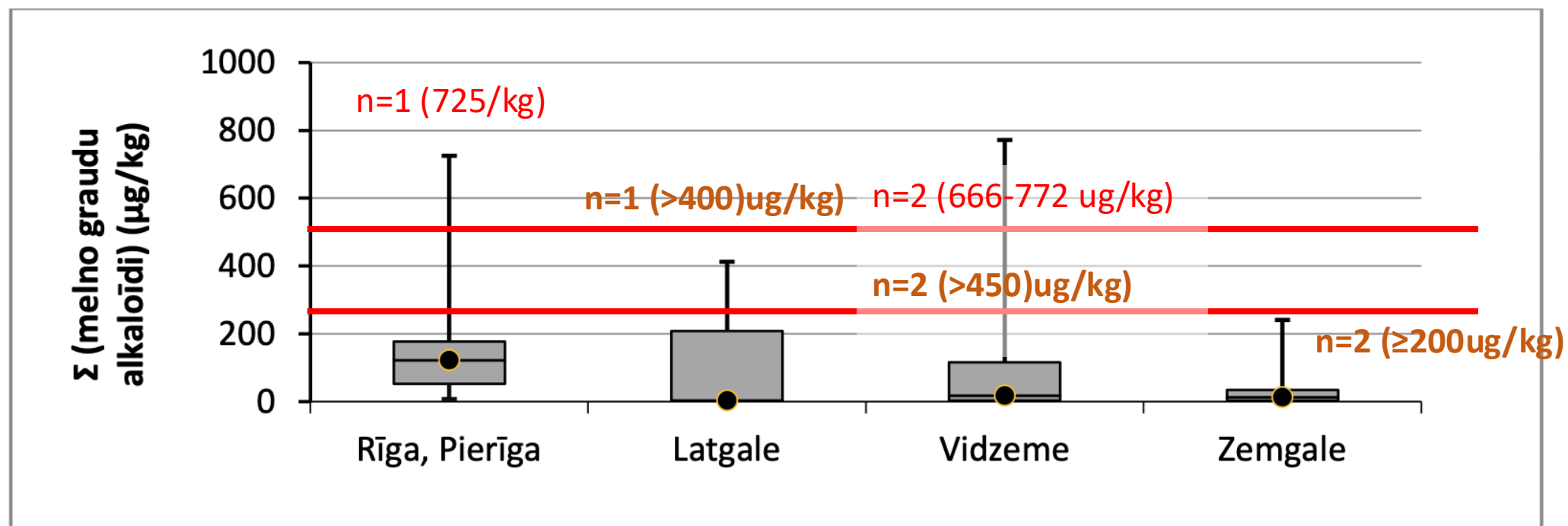
# Melno graudu alkaloidu izplatība graudaugos



6. att. Melno graudu alkaloidu koncentrācijas līmeņi graudos (attēls parādīts box-plot skalā, kur vidējā vērtība raksturo mediānu, bet robežas raksturo zemākās un augstākās vērtības)



# Melno graudu alkaloīdu izplatība graudaugos



7. att. Melno graudu alkaloīdu sadalījums pa Latvijas reģioniem (salīdzināti rudzi un citi graudaugi)

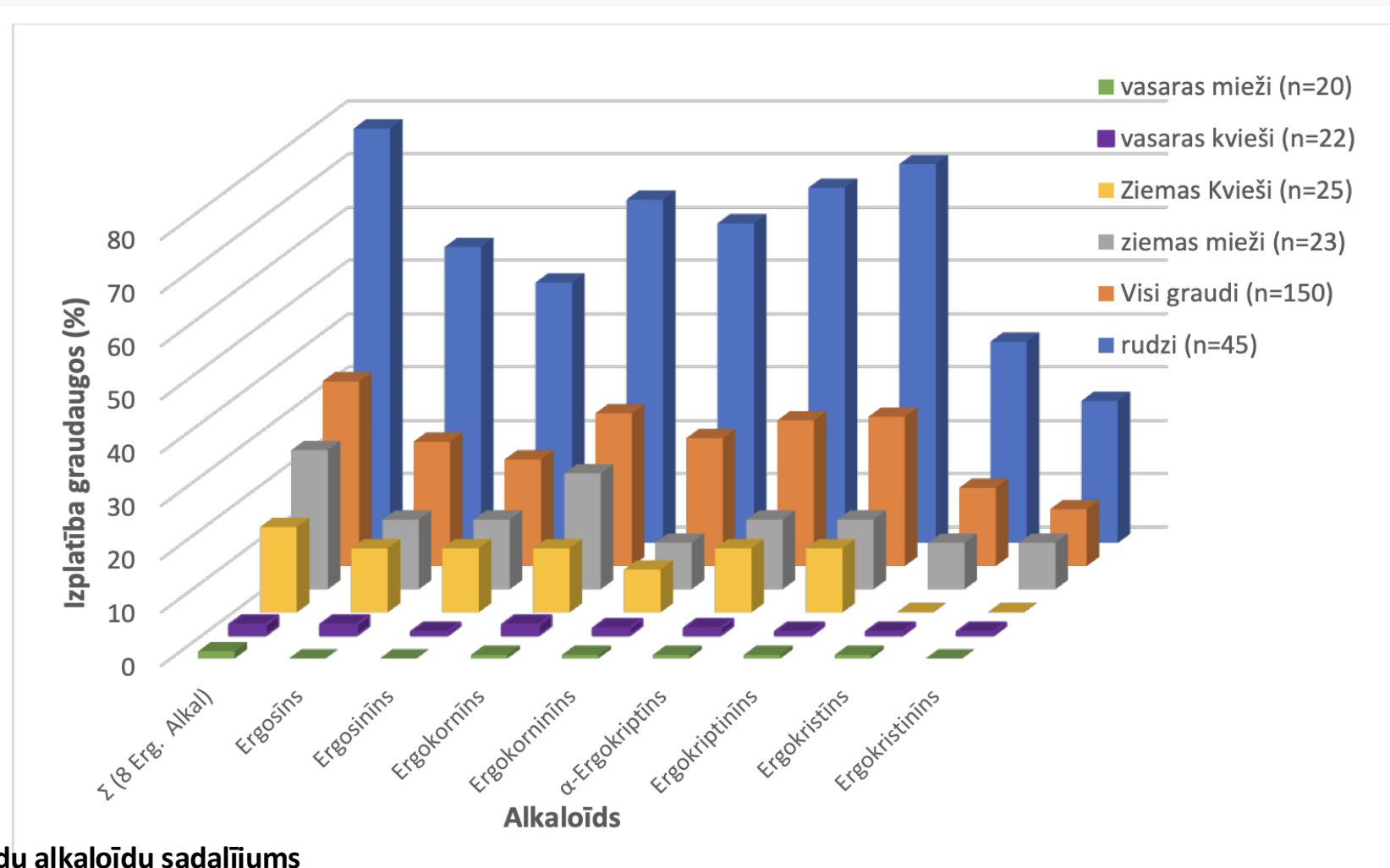
# Melno graudu alkaloidu izplatība graudaugos



Ergozīns  
Ergokristīns  
Ergokristinīns

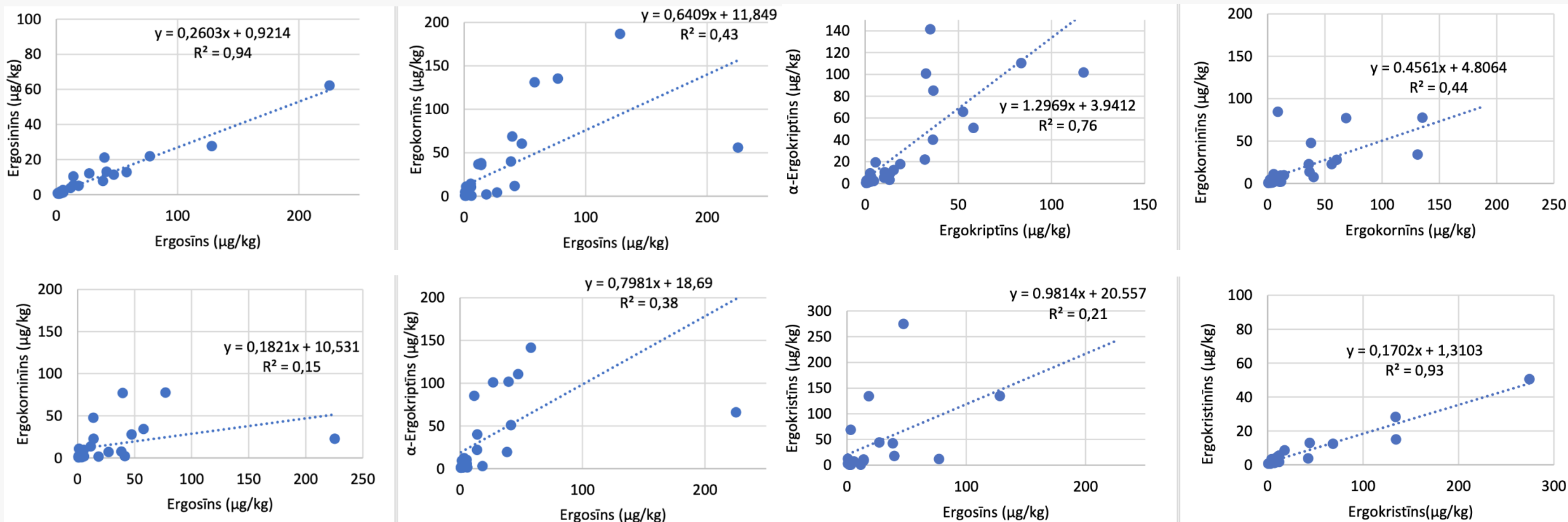


Ergokornīns  
Ergokorninīns  
α-Ergokriptīns  
Ergokriptinīns



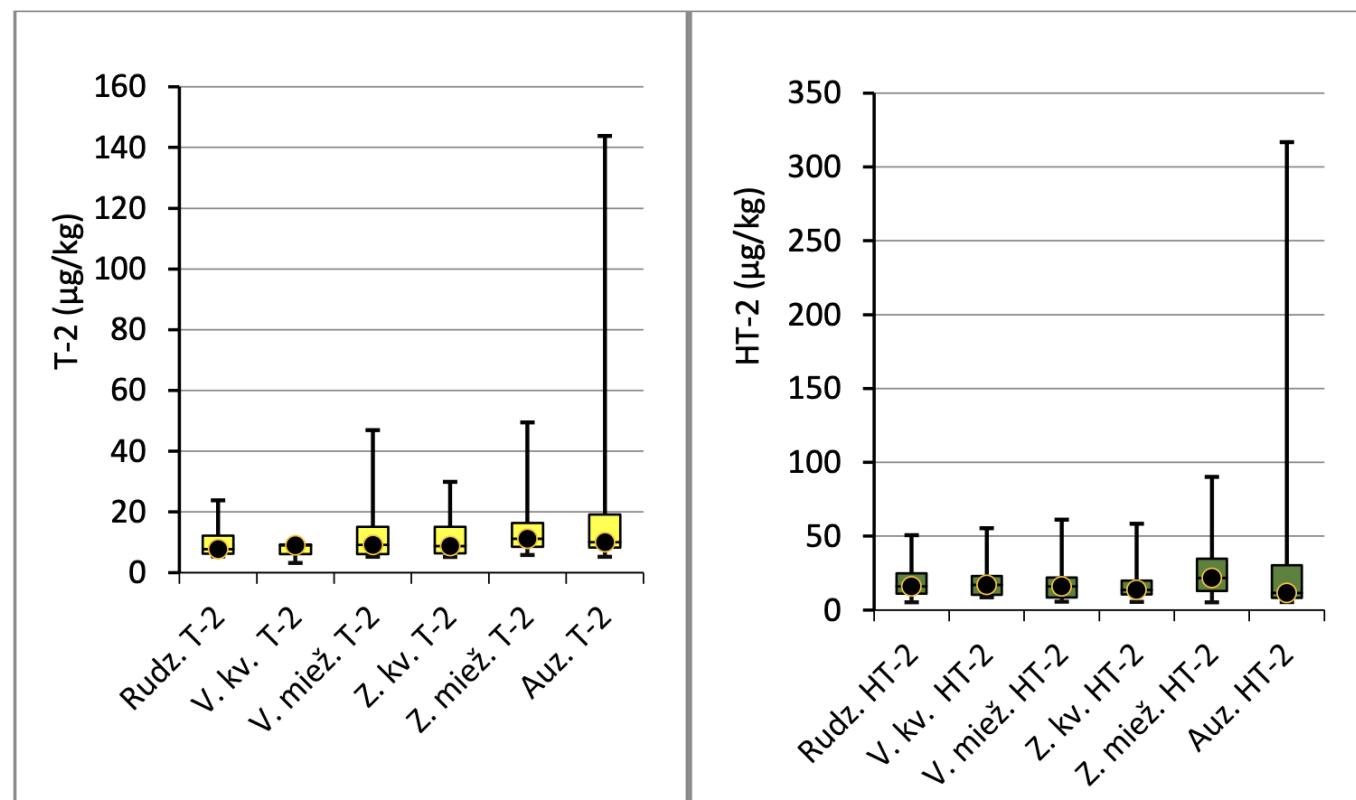
8. att. Melno graudu alkaloidu sadalījums

# Korelācija starp melno graudu alkaloīdiem



9. att. Korelācijas novērtējums starp melno graudu alkaloīdu koncentrācijas līmeņiem graudos

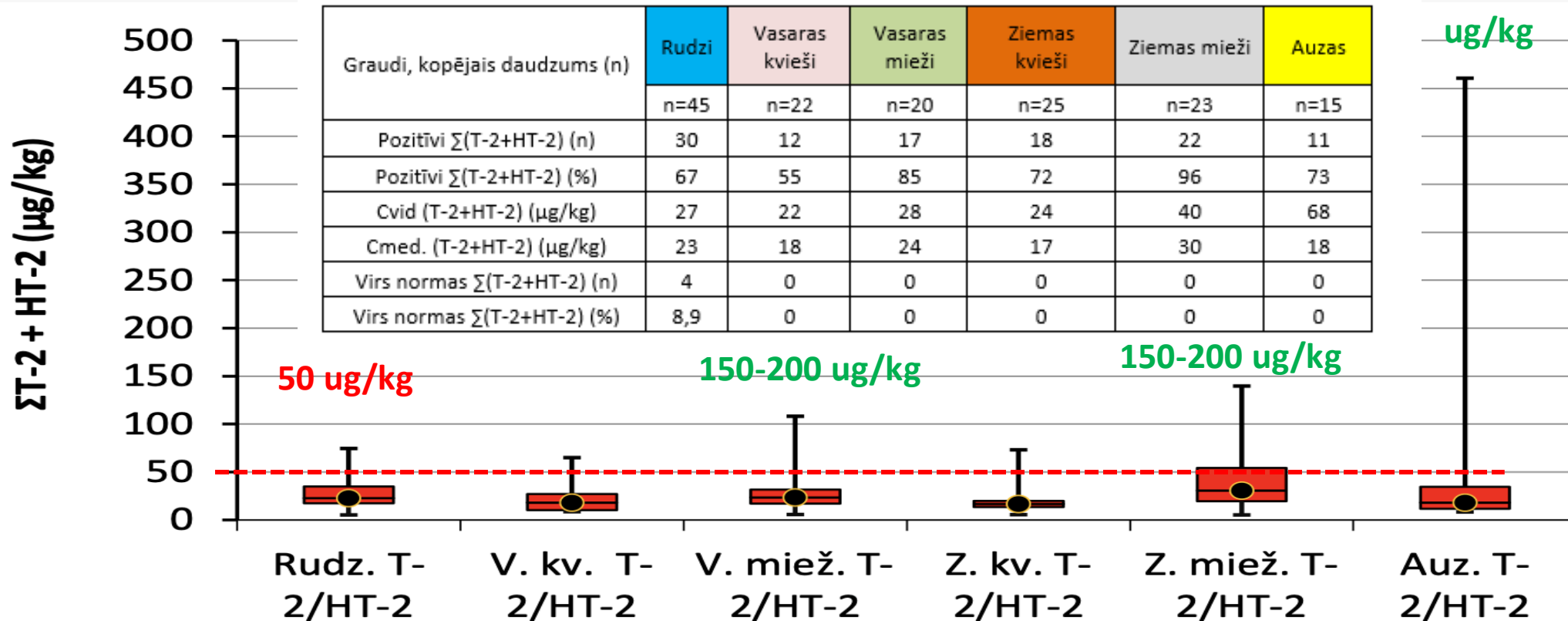
# T-2 un HT-2 toksīnu izplatība graudaugos



10. att. Atsevišķi novērtēta T-2 un HT-2 koncentrācija rudzos (rudz.), vasaras kviešos (V. kv.), vasaras miežos (v. miež.), ziemas kviešos (z.kv.), ziemas miežos (z. miež.), auzās

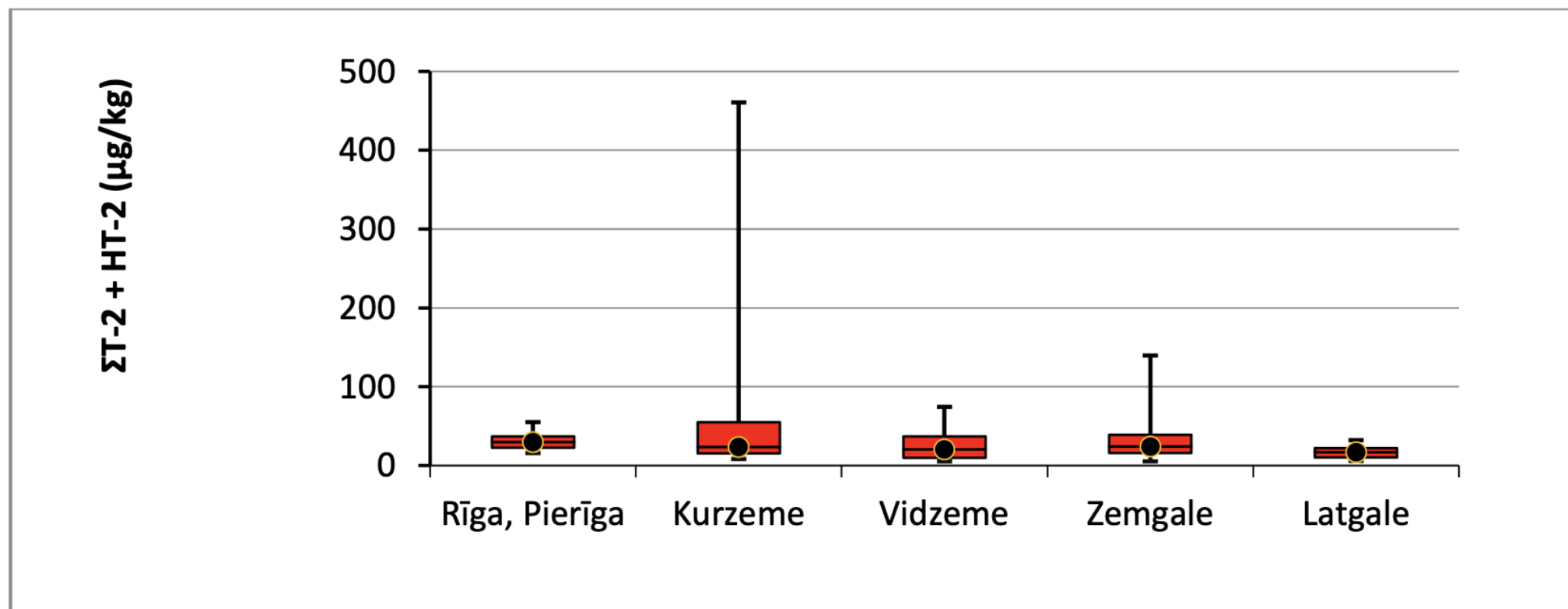
# T-2 un HT-2 toksīnu izplatība graudaugos

Summārais T-2 un HT-2 toksīnu sadalījums analizētajās graudaugu sugās, vidējās un mediānas koncentrācijas vērtības



11. att. Summārā T-2 un HT-2 koncentrācija rudzos (rudz.), vasaras kviešos (V. kv.), vasaras miežos (v. miež.), ziemas kviešos (z.kv.), ziemas miežos (z. miež.), auzās

# T-2 un HT-2 toksīnu izplatība graudaugos

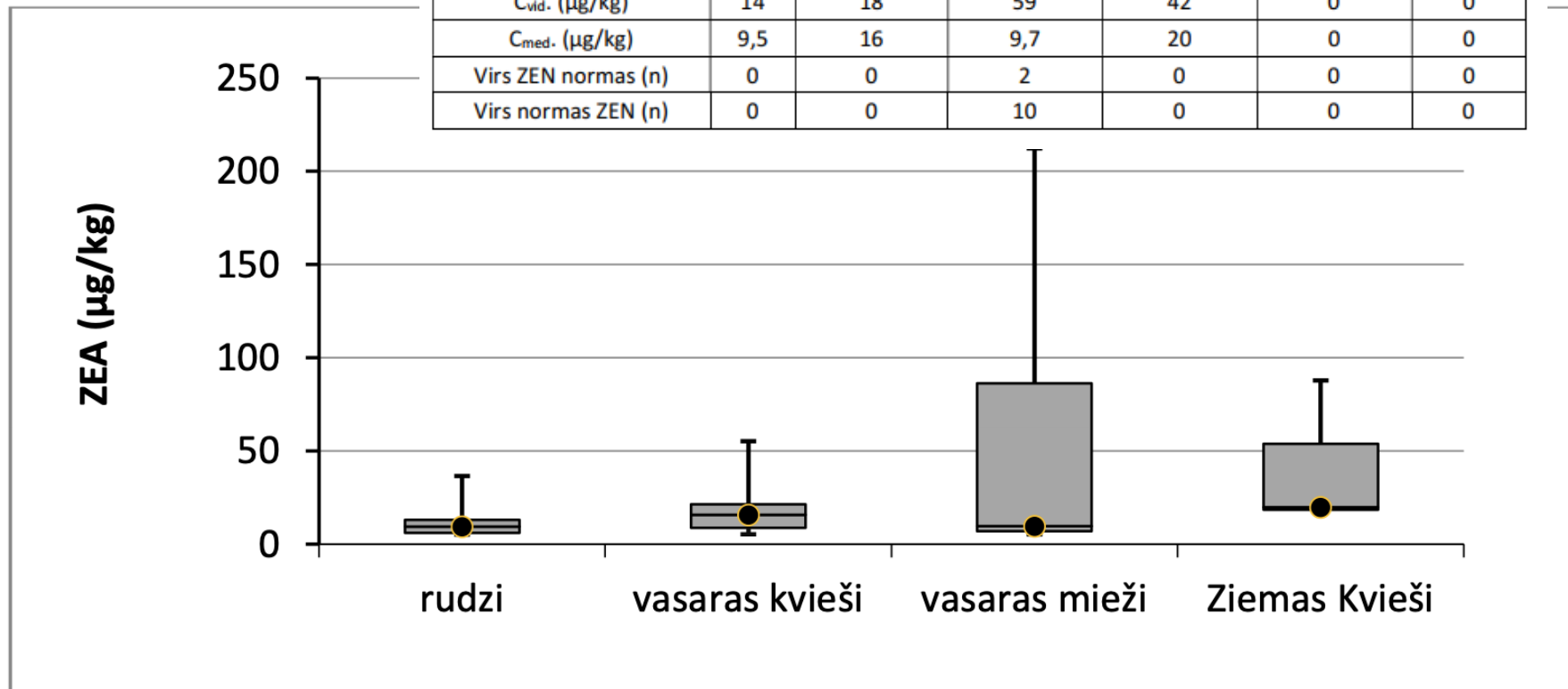


12. att. Summārā T-2 un HT-2 koncentrācija paraugos, kas iegūti no dažādiem statistiskajiem reģioniem

# Zearalenona izplatība graudaugos

ZEA sadalījums analizētajos graudu paraugos

Graudaugi, Kopējais paraugu skaits (n)	Rudzi	Vasaras kvieši	Vasaras mieži	Ziemas kvieši	Ziemas mieži	Auzas
	n=45	n=22	n=20	n=25	n=23	n=15
Pozitīvi ZEN (n)	5	16	7	3	0	0
Pozitīvi ZEN (%)	11	73	35	12	0	0
$C_{vid.}$ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	14	18	59	42	0	0
$C_{med.}$ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	9,5	16	9,7	20	0	0
Virš ZEN normas (n)	0	0	2	0	0	0
Virš normas ZEN (n)	0	0	10	0	0	0

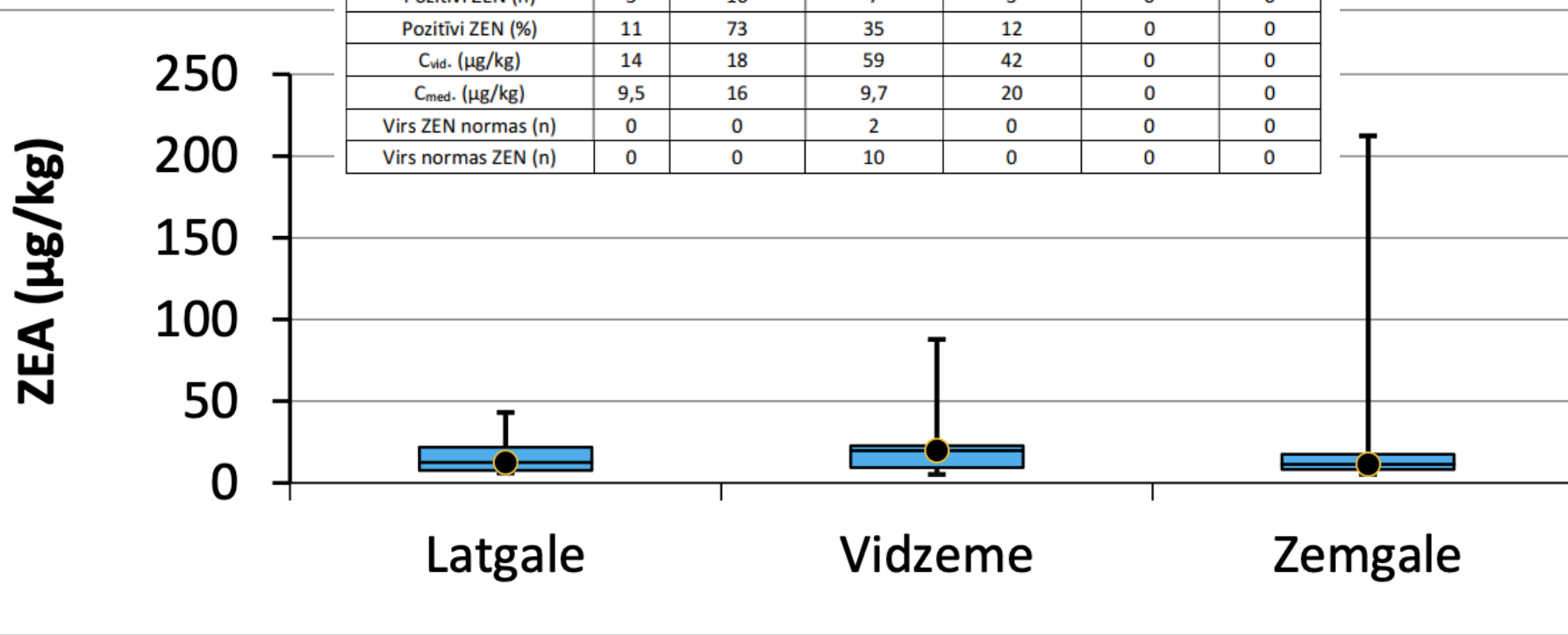


13. att. Zearalenona koncentrācijas līmeņi rudzos, vasaras kviešos, vasaras miežos un ziemas kviešos

# Zearalenona izplatība graudaugos

ZEA sadalījums analizētajos graudu paraugos

Graudaugi, Kopējais paraugu skaits (n)	Rudzi n=45	Vasaras kvieši n=22	Vasaras mieži n=20	Ziemas kvieši n=25	Ziemas mieži n=23	Auzas n=15
Pozitīvi ZEN (n)	5	16	7	3	0	0
Pozitīvi ZEN (%)	11	73	35	12	0	0
C <sub>vid.</sub> (µg/kg)	14	18	59	42	0	0
C <sub>med.</sub> (µg/kg)	9,5	16	9,7	20	0	0
Virs ZEN normas (n)	0	0	2	0	0	0
Virs normas ZEN (n)	0	0	10	0	0	0



13. att. Zearalenona koncentrācijas līmeņi graudu paraugos, kas iegūti no dažādiem statistiskajiem reģioniem



# Ieteikumi mikotoksīnu līmeņa samazināšanai

## Ieteikumi graudaugu audzētājiem

Izvēlēties šķirnes, kas izturīgas pret *Claviceps purpurea* un *Fusarium* sēnēm

Izvairīties no rudzu šķirnēm ar paaugstinātu melno graudu alkaloīdu risku

Pielietot sējumu rotāciju, lai samazinātu sēņu sporu uzkrāšanos

Konsultēties ar nozares ekspertiem par šķirņu izvēli un labu praksi

Laicīgi novākt ražu, pielietot pareizu tehnikas dezinfekciju un uzglabāšanu

Samazināt graudu mitrumu zem 14% pēc novākšanas

## Ieteikumi graudu pieņēmējiem

Veikt vizuālu graudu pārbaudi, lai identificētu piesārņojumu

Pārbaudīt melno graudu alkaloīdus un *Fusarium* mikotoksīnus akreditētās laboratorijās

Nodrošināt temperatūras un mitruma kontroli noliktavās

Uzstādīt efektīvas ventilācijas un mitruma sensoru sistēmas

Veikt regulāras graudu partiju pārbaudes un nodrošināt atgriezenisko saiti zemniekiem

## Ieteikumi uzraugošajām institūcijām (sadarbībā ar laboratoriju "BIOR")

Līdz 2028. gadam pastiprināt melno graudu alkaloīdu kontroli rudzu graudos un produktos

Monitoringā iekļaut papildu alkaloīdus un toksīnus (piem., T-2, HT-2)

Ņemt vērā mitruma un temperatūras ietekmi uz mikotoksīnu veidošanos analīzēs

# Secinājumi

---

1. Tika optimizēta analītiskā metode mikotoksīnu noteikšanai un melno graudu alkaloīdu hromatogrāfiskā atdalīšana, sasniedzot **pilnu epimēru atdalīšanu**, tika samazināta **noteikšanas robeža zearalenonam** no 10 µg/kg līdz 5 µg/kg.
2. Melno graudu alkaloīdu, T-2, HT-2 toksīnu un zearalenona daudzums noteikts **150 pārtikā izmantojamos Latvijas graudaugos**.
3. Izvērtējot 8 melno graudu alkaloīdu saturu Latvijas graudaugos, konstatēts, ka **78% rudzu paraugu ir piesārņoti, divos pārsniedzot pašreizējo normu** (500 µg/kg), bet vairākos - 2028. gadā sagaidāmo limitu (250 µg/kg). Jāizpēta šo mikotoksīnu stabilitāte uzglabāšanas laikā.
4. **Melno graudu alkaloīdu piesārņojums kviešos, miežos un auzās nepārsniedz 2024. gada regulā noteikto normu** (50 µg/kg). **Auzās piesārņojums bija zem kvantificēšanas robežas** (< 4 µg/kg), bet **ziemas miežos konstatēta lielāka izplatība** (26% pozitīvu paraugu).

# Secinājumi

---

4. T-2 un HT-2 mikotoksīnu līmeņi auzās ir zemi un **nerada bažas**, taču vairākos **rudzu paraugos konstatēti paaugstināti līmeņi**, dažos gadījumos pārsniedzot normu.
5. Zearalenona koncentrācija pārsniegta tikai **divos vasaras miežu paraugos**, bet **augsta sastopamība** novērota **vasaras kviešos** (16 no 22 paraugiem), kam nepieciešama papildu uzmanība.
6. **Netika konstatēta korelācija** starp *Fusarium* mikotoksīniem un **melno graudu alkaloīdiem**, taču atklāta **melno graudu alkaloīdu izplatības savstarpēja korelācija**. **Biežākie piesārņotāji** (ergosīns, ergokornīns un to epimēri, ergokriptīns un tā epimērs) konstatēti vairāk nekā **50% rudzu paraugu**. R- un S-alkaloīdu formas bieži vien sastopamas kopā, iespējams, pelējuma sēņu kultūru atšķirību dēļ.

# Paldies par uzmanību!

---