

Latvijā plašāk audzēto lauka dārzeņu mēslošanas optimizācija ilgtspējīgu tehnoloģiju nodrošināšanai

projekta Nr.25-00-S0INZ03-000021



ATSKAITE PAR 2025. GADU

Projekta izstrādātājs, informācijas sagatavotājs

Dārzkopības institūts

Sadarbībā ar 10 zemnieku saimniecībām

SATURS

Ievads	3
Darba uzdevumi.....	3
Īss ieskats literatūrā.....	4
Metodika.....	6
Rezultāti.....	11
Secinājumi.....	28
Publicitāte.....	29
Literatūras saraksts.....	30
Pielikumi (atsevišķs EXCEL fails)	

Ievads

Saskaņā ar Eiropas zaļo kursu, lauksaimniecībā tiek ieviesti pastiprināti vidi saudzējošie pasākumi, kas ietver barības vielu zuduma, minerālmēsļu un pesticīdu lietojuma samazinājumu, ko iespējams īstenot lietojot zaļmēslojumus, ievērojot pareizu augu seku un lietojot pamatotas, uz augsnes analīžu rezultātiem balstītas mēslojuma devas. Minerālā mēslojuma lietojuma samazinājumam ir ne vien ekoloģiska nozīme, bet tas kļūst aktuāls arī ekonomisku apsvērumu dēļ. Zaļmēslojumu izmantošana un apūdeņošanas sistēmu ierīkošana ir saredzama kā alternatīva augsnes auglības uzlabošanai un augu nodrošināšanai ar barības elementiem.

Dārzeņu audzēšana kā viena no augkopības nozarēm ar augstāko pašizmaksu ir uzskatāma par nozari, kas visātrāk varētu ieviest tehnoloģiskus jauninājumus augu mēslošanas jomā. Līdz ar to Dārzkopības institūts jau ceturto gadu turpina šo pētījumu **ar mērķi** noskaidrot esošo situāciju barības elementu nodrošinājumā dārzenkopības saimniecībās un izstrādāt Latvijā plašāk audzēto lauka dārzeņu (galviņkāpostu, burkānu, sīpolu, biešu) mēslošanas ieteikumus atbilstoši Eiropas Zaļā kursa mērķiem.

Darba uzdevumi

Dārzkopības institūtā (DI), laika posmā no 2021. līdz 2025. gadam sadarbībā ar 11 zemnieku saimniecībām, kuras ir atšķirīgas augsnes granulometriskā sastāva, augsnes tipa un augu barības elementu - fosfora un kālija nodrošinājuma ziņā, kā arī atšķirīgu saimniekošanas veidu (integrēti un bioloģiski), veikti novērojumi un uzskaitē, lai noskaidrotu esošo augu barības elementu nodrošinājumu (NPK) Latvijā plašāk audzētajiem dārzeņiem (galviņkāpostiem, burkāniem, sīpoliem, bietēm) un izvērtētu mēslošanas līdzekļu efektivitāti, ar mērķi izstrādāt mēslošanas normatīvu ieteikumus. 2025. gadā veikti sekojoši uzdevumi:

1. Trīs modeļsaimniecībās pārbaudīt izstrādāto mēslošanas normatīvu efektivitāti;
2. Analizēt iznesu N, P, K, Ca, Mg, B uzskaites datus kontekstā ar augu maiņu, mēslojuma lietojumu, saimniekošanas sistēmu un dārzeņu ražību, lai to izmantotu mēslošanas normatīvu izstrādei;
3. Izvērtēt augsnes bioloģisko aktivitāti dažādās saimniecībās ar dažādu barības vielu nodrošinājuma pārvaldību, kā arī lauka izmēģinājumos ar dažādu augu maiņas un zaļmēslojuma starpkultūru izmantošanu;

4. Turpināt lauka izmēģinājumus DI, kuros tiks pārbaudīta dažādu zaļmēslojumu un starpkultūru augu ietekme uz NPK bilanci augsnē, dārzeņu ražību un ekonomisko efektivitāti;
5. Izstrādāt optimālas mēslošanas normas plašāk audzētajiem dārzeņiem atbilstoši plānotajai ražai un augsnes nodrošinājumam ar fosforu un kāliju;
6. Sagatavot zinātniskas un populārzinātniskas publikācijas zināšanu pārnesei.

Ieskats literatūrā

Apkopojot nu jau piecu gadu rezultātus, redzams, ka apstiprinās literatūrā minētais, ka barības elementu bilanci augsnē nosaka vairāki faktori – augsnes mitrums, augsnes tips, dabīgais augsnes agroķīmiskais nodrošinājums, ko ietekmē cilmiezis, audzētie kultūraugi, organiskās vielas sastāvs (augu atliekas, kūsmēsli, komposts, u.c.), gan ar mēslošanas līdzekļiem iedoto elementu daudzums, gan izskalošanās ar nokrišņiem, gan ražas un zaļās masas (nezāles ieskaitot) veidošanai patērētie elementi. ***Ļoti nozīmīgs aspekts ir meteoroloģiskie apstākļi, kas ietekmē ražas veidošanos tieši un arī netieši caur augsnes procesiem.***

Šogad esam apkopojuši piecu gadu laikā iegūtos datus un veikuši dažādu parametru savstarpējās ietekmes izvērtējumu. Galvenokārt uzmanību esam pievērsuši mēslojuma lietošanas efektivitātei – cik procenti no piejamajiem elementiem (augsnē esošie augiem uzņemamie elementi un ar minerālo mēslojumu iedotie) tiek izmantoti ražas veidošanā (iznesa ar ražu), kas ir cieši saistīts ar iznesu rādītājiem.

Pašlaik ik gadu diezgan iespaidīgos daudzumos pasaulē izmanto minerālmēslus augu audzēšanā (Ludemann et al., 2022; Valenzuela, 2024), it īpaši dārzeņu ražošanā Eiropā, kur minerālmēslu lietojumssvārstās no 100 līdz 300 kg uz hektāru. Latvija ir starp valstīm, kurās tiek izmantoti aptuveni 111 kg uz hektāru, kas nav lielākais rādītājs Eiropas savienībā (<https://ourworldindata.org/grapher/fertilizer-use-per-hectare-of-cropland>). Taču arī šādā situācijā ir iespējams samazināt mēslojuma lietošanu.

Zinātniskajā literatūrā biežāk ir minēti dati par mēslošanas labvēlīgo ietekmi uz ražu. Tomēr daži pētījumi norāda uz iespējamu mēslošanas līdzekļu izmantošanas samazinājumu dārzeņiem, vienlaikus saglabājot stabilas ražas (Ritchie, 2021; Zhou et al., 2023; Valenzuela, 2024). Valenzuela uzsver, ka relatīvi lielākie mēslošanas līdzekļu pielietojuma apjomi dārzeņu kultūrām daļēji var izskaidrot salīdzinoši zemo barības vielu izmantošanas efektivitāti dārzeņu ražošanā globālā mērogā, salīdzinot ar mazvērtīgākiem kultūraugiem (Valenzuela, 2024). Turklāt jāņem vērā agroekoloģisko apstākļu (nokrišņi, temperatūra, augsnes auglība, mēslošanas līdzekļu lietošanas

laiks, deva vienā lietošanas reizē un barības vielu līdzsvars augsnē un mēslošanas līdzekļos) ietekme uz barības vielu uzņemšanu augos (Pietola and Salo, 2000; Moore et al., 2021; Brito et al., 2012).

Zaļmēslojuma lietojums augu sekā varētu būt viens no augsnes bioloģiskās daudzveidības un līdz ar to arī auglības celšanas risinājumiem (Kopittke u.c., 2020). Izvēloties zaļmēslojumu, kā augsnes bioloģiskās aktivitātes, un līdz ar to arī auglības veicinātāju, jāņem vērā dažādi faktori. Pats galvenais – cik daudz laika paliek pēc dārzeņu novākšanas vai pirms to sējas zaļmēslojuma augšanai.

Arī aplūkojot minerālvielu iznesu rādītājus pa šiem pieciem izmēģinājuma gadiem, vērojama to svārstība. Gan pēc mūsu novērojumiem, gan arī pēc literatūras datiem to nozīmīgi ietekmē agrometeoroloģiskie apstākļi un augu genotips. Piemēram, sausākos periodos samazinās barības vielu uzņemšana augos (Rouphael u.c., 2012). To skaidro ar mikrobioloģisko procesu palēnināšanos sausuma apstākļos. Turklāt pie samazināta augsnes mitruma augiem kļūst apgrūtināta mitruma uzņemšana no augsnes, kur ir izšķīduši barības elementi, līdz ar to arī mazinās uzņemto barības elementu apjoms (Barooah et al., 2023). Turpretim pārliecīgā mitrumā augi mazāk transpirē, tādējādi mazinot šūnsulu cirkulāciju un sakņu sūcēj spēku, līdz ar to neuzņemot barības vielas (Steffens u.c., 2005; Onyekachi u.c., 2019).

Metodika

Lai veiktu izmēģinājumu, tika izstrādāts metodiskais plāns darbībām, kas nepieciešamas uzdevumu sasniegšanai un galveno barības elementu bilances aprēķinam. Bilances aprēķins balstīts uz izdevumā **“Lauku kultūraugu mēslošanas normatīvi”** A.Kārklīšs, A. Ruža, 2013 sniegto metodiku, LLKC izstrādāto **“Kultūraugu mēslošanas plāna izstrādes metodiku”** Ozolnieki, 2008 un **“Dārzeņu mēslošanas plāna sastādīšana, izmantojot Augu minerālās barošanās laboratorijas rezultātus”** M.Gailīte, Agrotops, 2021/02.

Pētījuma darbs strukturēts vairākās darbībās:

- 1) **Iznesu aprēķinam** tika noteikts **barības elementu sastāvs augos**. Par iznesi (I) sauc to barības elementu daudzumu, ko kultūraugs augšanas laikā uzņem no augsnes un iekļauj savā organismā un ko, novācot ražu, aizvāc projām no lauka. To aprēķina, zinot ražas biomasas daudzumu un noteikta augu barības elementa koncentrāciju biomasā:

$$I = M \cdot C / 100,$$

kur M – biomasas vienība; C – augu barības elementa koncentrācija šajā biomasā, %

Iznesi var izteikt kg barības elementu uz tonnu biomasas (kopraža) – kg t^{-1} vai uz laukuma vienību (kg ha^{-1}). Bet jāņem vērā, ka ne visa kopraža tiek realizēta kā tirgus prece. Zemnieki vairāk orientējas uz tirgus preces ieguves apjomu.

Tā kā precīzai mēslojumu devu aprēķināšanai ir jāzina arī augu atliekās, kas paliek uz lauka, esošais barības elementu sastāvs, tad ir veikts arī to apjoma izvērtējums un sastāva izpēte, secīgi veicot tajās esošo elementu daudzuma aprēķinu.

Iznesu aprēķinam ražas vākšanas brīdī tika savākti augu paraugi (3 augi no katras paraugu ņemšanas vietas) no visām saimniecībām, ko sagatavoja un nodeva LU Bioloģijas fakultātes Augu minerālās barošanās laboratorijā analīžu veikšanai. Analīzēm tika nodotas gan produktīvās, gan neproduktīvās (augu atlieku) daļas. Analīzē noteikti N, P, K, Ca, Mg, S - % un B noteikts mg/kg.

- 2) **Augsnes agroķīmiskā sastāva noteikšana** (2021. – 2025. gados)

Visos pētījuma gados augsnes analīzes veiktas minerālajam slāpeklim (NH_4 un NO_3) trijos periodos: veģetācijas perioda sākumā – aprīlī, vidū – jūlijā un beigās – oktobrī; pilnai augsnes analīzei (pH, organiskā viela, P_2O_5 , K_2O , Ca, Mg, NH_4 , NO_3) paraugi vākti divas reizes sezonā – aprīlī pirms veģetācijas un oktobrī, ražas vākšanas laikā. Analīzes veiktas VAAD.

Augsnes agroķīmiskās analīzes tiek veiktas paraugiem, kas ņemti katrā saimniecībā izvēloties reprezentatīvos kultūraugus vienā vai vairākos laukos, ja tādi ir bijuši, kopīgi vienojoties ar saimniekiem par optimālāko lauku ņemot vērā audzēšanas tehnoloģiju, augu maiņu un augsnes īpatnības.

3) **Augsnes bioloģiskās aktivitātes noteikšana (2021. – 2024. gados)**

Augsnes bioloģisko aktivitāti projektā nosakām visiem analizētajiem augsnes paraugiem, lai izzinātu procesus augsnē, un spētu veikt to monitoringu saimniecībās projekta gaitā veicot mēslošanas plānu korekcijas. Šīs analīzes veiktas DI augsnes laboratorijā.

Augsnes elpošana noteikta pēc kolorimetriskās metodes. Traukā, kura tilpums 0.5 L, ievietoti 50 g augsnes, kas izsijāta caur 2 mm sietu. Papildus ievietots lēzens trauks ar 5 ml 0.1 M KOH. Trauks hermētiski noslēgts un atstāts tumsā uz 24 h pie 28°C. Pēc inkubācijas trauks ar KOH izņemts, šķīdums iekrāsots ar fenolftaleīnu un titrēts ar 0.1 M HCl, reģistrēts izlietotais titrāta daudzums. Lai noteiktu CO₂ daudzumu (mg), kas radies elpošanas procesā, aprēķinam izmantota formula:

$$CO_2(mg) = \frac{(K-A)*2.2*60}{m*t},$$

kur

K – iztitrētā 0.1 n HCl daudzums kontroles traukā, mL;

A – iztitrētā 0.1 n HCl daudzums izmēģinājuma traukā, mL;

m – augsnes iesvars, g,

t – izmēģinājuma laiks, min.

DHA aktivitāte noteikta pēc Garcia et.al. (1997) metodes, kurš modificēja Skujiņa (1976) izstrādāto metodi. Mēģenē tiek ievietots 1 g sijātas augsnes. Tam tiek pievienots 50 µL 1% glikozes šķīduma, 0.2 mL 0.4% INT (2-p-jodofenil-3-p-nitrofenil-5-feniltetrazola hlorīds) un 1 mL destilēta ūdens. Mēģeni noslēdz un atstāj tumsā vismaz uz 6 h pie 28°C (1.att.). Pēc inkubācijas paraugam tiek pievienots 10 mL metanola, tad to intensīvi maisa 1 min. Šķīduma blīvums noteikts ar spektrofotometra palīdzību pie 485 nm viļņu garuma. DHA aktivitāte noteikta pēc izstrādātā INTF (2-p-jodofenil-3-p-nitrofenil-5-feniltetrazola formazāns) daudzuma, kas aprēķināts pēc formulas:

$$INTF(\mu L * L^{-1} * h) = \frac{(-3*A_{485}^2 + 4*A_{485}) * 86400}{(60*h) + min},$$

kur

INTF – izstrādātā fermenta daudzums, $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}$

A_{485} – spektrofotometra nolasījums;

h – inkubācijas laiks pilnās stundās;

min – minūtes pāri pilnai stundai.

Trīs reizes sezonā (veģetācijas perioda sākumā, vidū un beigās) visu lauku augsnes paraugiem vērtēta *celulāzes aktivitāte*. Tā noteikta laboratoriski, vērtējot filtrpapīra sadalīšanās pakāpi procentos pēc 14 dienām augsnes inkubācijas Petri platē 20-22 °C temperatūrā.

4) **Barības elementu izmantošanās efektivitāte (NUE)** rēķināta 2022. - 2025. gadu datiem, izmantojot modificētu daļējas barības elementu bilances (PNB) formulu, pēc Fixen u.c. (2015) publikācijas. Tā tiek rēķināta kā ražas veidošanai izmantoto un augiem pieejamo barības elementu atiecība:

$$\frac{\text{Barības elementa raža (iznesa)}}{\text{Pieejamais elements (augsnē pieejamais + mēslojums)}} = \text{NUE}$$

Izteikts %, kas norāda cik no pieejamā barības elementa ir izmantots ražas veidošanai.

5) **Vairāki korelācijas rādītāji aprēķināti** ar mērķi izprast vai palielināt mēslojuma daudzums veicina augstākas ražas veidošanos, un, kuru elementu uzņemšana augā ir savstarpēji saistīta. Tā rēķināta izmantojot Excel datu apstrādes rīku.

6) **Veikts meteodatu apkopojums** no saimniecību tuvākajām LVĢMC meteostacijām par visiem pieciem pētījuma gadiem, apkopojot nokrišņu, un temperatūru datus (vidējo, minimālo un maksimālo), lai varētu spriest par meteoapstākļu ietekmi uz ražas veidošanos pa saimniecībām un pa gadiem (Pielikuma 1. tabula).

7) **Saimniecību apsekojums** un lauka vēstures izpēte

2025. gadā apsekojamo saimniecību skaits samazināts uz piecām, trijās no tām ir salīdzināta iegūtā raža lietojot mēslojumu kā līdz šim un ar samazinātu mēslojuma devu. Aprīlī saimniecības tika apsekotas un pēc saimnieku ieteikuma izvēlēti apsekojamie lauki atkarībā no kultūrauga un audzēšanas tehnoloģijas. Tad arī tika ievākti pavasara augsnes analīžu paraugi kopējā slāpekļa, pH, organiskās vielas, P_2O_5 , K_2O , Ca, Mg, noteikšanai. Jūlijā tika veikti pirmie augu paraugu (sīpoli) ievākšanas darbi un augsnes minerālā slāpekļa paraugi. Oktobrī ievākti visi augsnes paraugi un augu

produktīvās un neproduktīvās biomasas paraugi. Rudenī saimnieki sniedza informāciju par lietoto mēslojumu (Pielikumā 5. tabula), kas tālāk tiek izmantota NUE un bilanču aprēķinos.

Tabulā iekļautais saimniecības numurs tālāk tiek izmantots datu analīzē atsaucēs uz saimniecībām.

1. tabula

Saimniecību īss raksturojums par visu pētījuma periodu (2021. – 2025. gads)

Saimniecības Nr.	Saimniekošanas sistēma	Analizējamie dārzeņi
2.	integrēta	bietes, kāposti
3.	integrēta	bietes
4. .	integrēta	kāposti, burkāni
5.	integrēta	burkāni, kāposti, sīpoli, bietes
6.	integrēta	kāposti
7.	integrēta	sīpoli
8.	integrēta	bietes
11.	integrēta	burkāni, bietes, sīpoli
12.	integrēta	bietes, burkāni, sīpoli, kāposti
1.	bioloģiska	sīpoli, burkāni
9.	bioloģiska	burkāni, kāposti, sīpoli, bietes
10.	bioloģiska	kāposti, sīpoli

*saimniecības apsekotas no 2021. līdz 2024.gadam

8) Izmēģinājuma iekārtojums Dārzkopības institūtā

Lai veiktu metodoloģiski korektu izmēģinājumu, kur veikt precīzus novērojumus un regulāri kontrolēt apstākļus un lietotos līdzekļus, kā arī izvērtēt zaļmēslojumu ietekmi uz barības vielu bilanci dārzeņu augu sekā, laika posmā no 2021. gada līdz 2024. gadam Dārzkopības institūta Pūres pētījumu centrā, teritorijā “Tauriņi” turpināts sešu lauku augsekas izmēģinājums:

1. Bietes
2. Burkāni
3. Zaļmēslojums 1. gads
4. Zaļmēslojums 2. gads
5. Sīpoli / rudenī ziemas rudzi
6. Kāposti

Visiem augiem veiktas barības vielu satura analīzes un noteikta raža un sausnas raža iznesu aprēķinam. Katra lauciņa izmērs ir 72 m², tajos randomizēti izvietoti uzskaites lauciņi 3 m² izmērā. Lauki secīgi mainīti, lai veidotos ilgtspējīga augu seka. 2025. gadā rudenī augu seka mainīta, aizvietojo ar divgadīgo zaļmēslojumu ar viengadīgo, pamatojoties uz apsvērumu, ka praktiski ražošanā divgadīgs zaļmēslojums nav ekonomiski izdevīgs. Līdz ar to jaunizveidotā augu seka ir šāda:

1. Bietes
2. Ķirbjaugi
3. Burkāni
4. Viengadīgs zaļmēslojums
5. Sīpoli / rudenī ziemas rudzi
6. Kāposti

Pamatojums šādai sekai:

Bietes → Ķirbjaugi – labi, jo bietēm nav kopīgu slimību ar ķirbjaugiem. Bietes atstāj augsni pietiekami struktūrētu un bez specifiskiem patogēniem.

Ķirbjaugi → Burkāni – ļoti labi, jo ķirbjaugi parasti patērē daudz barības vielu, bet tie atstāj augsni tīru no sakņu slimībām, kas inficē burkānus. Burkāniem patīk augt pēc kultūraugiem ar lielu lapojumu.

Burkāni → Viengadīgs zaļmēslojums – arī ir ļoti laba izvēle, jo burkāni noplicina augsni, zaļmēslojums to atjauno. Sevišķi labi der: facēlija, griķi, sarkanais āboliņš.

Zaļmēslojums → Sīpoli / rudzi – ļoti laba augu secība, jo zaļmēslojums uzlabo augsnes struktūru un piesaista slāpekli, kas labi noder sīpoliem. Turklāt rudzi attīra augsni no slimībām un nomāc nezāles.

Sīpoli / rudzi → Kāposti – ir ļoti laba augu secība, jo kāpostiem patīk augsnes, kurās nav tikko auguši sakņaugi (burkāni, bietes). Turklāt rudzi atstāj augsni tīru, un ar sīpoliem neievazā sakņu slimības, kas kaitētu krustziežiem.

Ražas uzskaitē veikta novācot uzskaites lauciņus, veikta auga visu daļu analīze – biomasas mērījumi, noteikta sausna, un barības elementi biomasā.

Rezultāti

Šajā atskaitē sniegsim visu piecu gadu rezultātu apkopojumu un analīzi, kas sniedz ieskatu dārzeņu audzēšanas tehnoloģisko risinājumu saimniecību daudzveidībā to intensifikācijas pakāpes (saimniekošanas sistēmas) ziņā un atspoguļo to ietekmi uz dārzeņu ražību, un minerālā mēslojuma izmantošanās efektivitāti.

Nozīmīgi ražību un bioķīmiskos parametrus ietekmē meteoroloģiskie apstākļi. Kopumā raksturojot 2021. - 2025. gadu veģetācijas sezonas, jāatzīmē, ka tās ir bijušas atšķirīgas gan pa gadiem, gan novadiem – vietām bija vērojami ilgstoši nokrišņu ekstrēmu (abejādu) periodi (Cesvaines nov.), bet ir vietas, kur nokrišņi ir bijuši teju katru gadu optimāli (Kurzeme), vai arī ar izteiktiem maksimumiem (Dobeles un Bauskas nov.) (Pielikums 1.tabula). Meteoroloģiskie apstākļi ietekmē ne tikai ražību, bet arī kaitēkļu un slimību izplatību, kas ietekmē gan ražas iznākumu, gan glabāšanās ilgumu. Šie apstākļi kopumā ir atstājuši nozīmīgu ietekmi uz ražas veidošanos un saglabāšanos visā projekta īstenošanas periodā.

Ražības rādītāji (2. tabula) izmantoti dažādas saimniekošanas intensitātes ietekmes uz dārzeņu ražību un augsnes īpašībām izvērtējumam, gan arī rēķinot barības elementu izmantošanās efektivitāti – gan integrētās saimniecības ar mazāku mēslošanas līdzekļu lietojumu, gan bioloģiskās saimniecības, kur barības elementu aprīte ir lēnāka.

2. tabula

Saimniekošanas sistēma un iegūtā vidējā ražība pa saimniecībām,

no 2021. līdz 2025. gadam, t ha⁻¹

Saimn. Nr.	Saimniek. sistēma	Gads	Kultūraugs			
			Sīpoli	burkāni	bietes	kāposti
2.	integrēta	2021	x	x	40	80
		2022	x	40	43	50
		2023	x	22	20	70
		2024	x	x	40	70
		2025	x	x	x	80
3.	integrēta	2021	x	35	45	x
		2022	x	x	45	x
		2023	x	x	?	x
		2024	x	x	60	x
		2025	x	x	x	x
4.	integrēta	2021	x	40	x	43
		2022	x	75	x	60
		2023	x	44	x	78

		2024	x	51	x	76
		2025	x	x	x	x
5.	integrēta	2021	x	?	?	?
		2022	12	27	15	42
		2023	18	25	25	22
		2024	14	19	x	35
		2025	x	x	x	25
6.	integrēta	2021	x	x	x	72
		2022	x	x	x	34
		2023	x	x	x	84
		2024	x	x	x	96
		2025	x	x	x	x
7.	integrēta	2021	12	x	x	x
		2022	22	x	x	x
		2023	21	x	x	x
		2024	15	x	x	x
		2025	17	x	x	x
8.	integrēta	2021	x	x	40	x
		2022	x	x	60	x
		2023	x	x	22	x
		2024	x	x	58	x
		2025	x	x	x	x
11.	integrēta	2021	20	69	x	x
		2022	24	73	39	x
		2023	24	61	x	x
		2024	21	76	44	x
		2025	22	28	75	x
12.	integrēta	2021	x	25	68	x
		2022	17	64	56	36
		2023	31	76	79	120
		2024	46	28	68	50
		2025	28	42	75	45
1.	bioloģiska	2021	8	16	18	x
		2022	8	20	15	x
		2023	8	x	12	x
		2024	13	x	x	x
		2025	x	x	x	x
9.	bioloģiska	2021	7	24	x	31
		2022	8	14	24	24
		2023	14	16	23	18
		2024	16	18	x	10
		2025	x	x	x	x
10.	bioloģiska	2021	11	21	x	28
		2022	12	22	24	18
		2023	14	x	x	25

		2024	22	22	x	18
		2025	x	x	x	x
		Vidēji	17,4	37,7	42,0	49,7

Atkarībā no saimniekošanas veida un vietas ir vērojama samērā liela iegūto dārzeņu ražu amplitūda. To nosaka galvenokārt konkrētās vietas meteoroloģiskie apstākļi, šķirnes ģenētiskās īpašības un audzēšanas sistēma. Piemēram, kāpostiem bioloģiskajā saimniecībā iegūta augstākā raža 31 t ha^{-1} , bet integrētajā 120 t ha^{-1} ; vidējā raža bioloģiskajās saimniecībās ir 21.5 , bet integrētajās 60.4 t ha^{-1} . Sīpoliem ražas ir salīdzinoši mazāk atšķirīgas starp saimniekošanas veidiem – aptuveni uz pusi – integrētajā vidēji 21.4 , bet bioloģiskajā 11.8 t ha^{-1} . Burkāniem ir ievērojamas atšķirības ražībā arī starp integrētajām saimniecībās: 76 un 19 t ha^{-1} . Bioloģiskajās ievāktas vidēji 19.2 t ha^{-1} . To nozīmīgi ietekmējuši meteoroloģiskie apstākļi: bieži vien novērotais sausums dīgšanas laikā, kas veidoja nevienmērīgu sējumu, ar salīdzinoši lieliem izkritumiem. Arī biešu raža starp saimniekošanas veidiem atšķiras teju trīs reizes: integrētajā vidēji – 58.4 t ha^{-1} , bet bioloģiskajā – 19.3 t ha^{-1} .

Analizējot iegūtās dārzeņu ražas, tās atspoguļo vidēju Latvijas ražību atbilstošajām kultūrām, vai ir nedaudz zem tās. Raugoties kopumā visos pētījuma gados, bioloģiskajā saimniekošanas sistēmā iegūta zemāka raža, nekā integrētajā, vidēji sastādot ap $35\text{--}55 \%$ no integrētās, atkarībā no kultūrauga. Pasaulē definētās atšķirības intervāls starp bioloģisko un integrēto ražību ir ap 66% (Seufert u.c., 2012). Mūsu pētījumā vidēji visām kultūrām kopā bioloģiskajās saimniecībās ievākti tikai 43% no integrēto saimniecību ražas. Analizējot visu gadu rādītājus atsevišķi pa kultūraugiem, redzams, ka ražība starp saimniecībām ir ļoti krasi svārstījusies visām kultūrām, bet vairāk kāpostiem un bietēm. Tas viennozīmīgi ir meteoroloģisko apstākļu dēļ – tajos novados, kur bija vērojami ilgstošāki sausuma periodi, augi slikti sadīga, vai vāji veidoja biomasu, bet novados, kur bija pārlietu liels mitrums veģetācijas perioda beigās, raža cieta puvju izplatības dēļ. Biežāk Kurzemē meteoroloģiskie apstākļi ir bijuši tuvu optimālajiem. To arī var secināt pēc ražas iznākuma vairumā saimniecību.

Augsnes bioloģiskās aktivitātes indikatoru rādītāji ir ļoti svārstīgi pa gadiem, saimniecībām un laukiem un mainās vairāk agrometeoroloģisko apstākļu, nekā augšnes bioloģiskās aktivitātes ietekmē.

Augi ražas ievākšanas brīdī tika analizēti gan pēc to sausnas satura, gan arī barības elementu satura, lai noteiktu iznesas, kas veidojas ar katru ražas tonnu, vai arī pārrēķinot pie noteiktas ražības

uz ha. Augu **sausnas** saturs analizējamiem kultūraugiem produktīvajā daļā atspoguļots 4. tabulā. Iznesu aprēķinos tika ņemts vērā visu auga daļu sausnas daudzums.

Kāpostu sausnas dati pa gadiem un saimniecībām variē robežās no 7.22 līdz 12.25%, sīpoliem – no 11.3 līdz 18.8%, burkāniem – no 10.99 līdz 17.4%, un bietēm – no 10.06 līdz 20%. Iegūtie sausnas dati ir salīdzinoši līdzīgi ar literatūrā minētajiem. Piemēram, pēc literatūras burkānu saknēs sausnas saturs ir ap 13%, atkarībā no pētāmās šķirnes. Polijā kādā izmēģinājumā sausnas burkānos saturs variēja no 11.2-14.10% (Sekara et al., 2014).

4. tabula

Sausnas saturs analizējamo kultūraugu produktīvajā daļā no 2021. līdz 2025. gadam, %

Saimn. Nr.	Saimniekošanas sistēma	Gads	Kultūraugs			
			sīpoli	burkāni	bietes	kāposti
2.	integrēta	2021	x	x	11.38	10.89
		2022	x	12.06	x	x
		2023	x	10.99	11.59	8.82
		2024	x	x	x	9.74
		2025	x	x	x	7.22
3.	integrēta	2021	x	13.06	11.81	x
		2022	x	x	x	x
		2023	x	x	12.7	x
		2024	x	x	15.35	x
		2025	x	x	x	x
4.	integrēta	2021	x	15.93	x	9.76
		2022	x	12.75	x	11.58
		2023	x	12.44	x	8.7
		2024	x		x	10.1
		2025	x	11.77	x	x
5.	integrēta	2021	x	12.96	10.06	11.76
		2022	x	x	x	10.29
		2023	13.15	11.98	x	11.4
		2024	14.54	12.49	13.33	10.99
		2025	x	x	x	9.41
6.	integrēta	2021	x	x	x	12.25
		2022	x	x	x	9.92
		2023	x	x	x	8.08
		2024	x	x	x	9.75
		2025	x	x	x	x
7.	integrēta	2021	15.6	x	x	x
		2022	15.25	x	x	x
		2023	14.47	x	x	x

		2024	x	x	x	x
		2025	15.58	x	x	x
8.	integrēta	2021	x	x	15.03	x
		2022	x	x	14.71	x
		2023	x	x	12.38	x
		2024	x	x	16.89	x
		2025	x	x	x	x
11.	integrēta	2021	14.42	13.79	x	x
		2022	17.5	13.33	20.57	x
		2023	18.78	14.21	x	x
		2024	x	12.28	x	x
		2025	14.67	x	x	x
12.	integrēta	2021	x	11.55	13.58	x
		2022	18.52	14.07	15.1	x
		2023	13.27	13.96	13.33	8
		2024	18.77	14.28	14.06	7.89
		2025	16.44	12.86	14.94	8.4
1.	bioloģiska	2021	15.12	12.64	13.18	10
		2022	17.42	15.96	17.14	x
		2023	13.15	x	15.38	x
		2024	15.38	17.44	x	x
		2025	x	x	x	x
9.	bioloģiska	2021	16.23	13.33	x	9.95
		2022	14.01	12	18.67	7.65
		2023	16.39	13.02	12.83	7.65
		2024	16.55	13.71	16.87	9.08
		2025	x	x	x	x
10.	bioloģiska	2021	12.96	9.4	x	8.9
		2022	x	13.15	x	x
		2023	15.91	x	x	7.59
		2024	11.31	x	x	9.56
		2025	x	x	x	x
		vidēji	15.4±1.9	13.1±1.6	14.4±2.5	9.5±1.4

Līdzīgi arī sīpoliem un bietēm – pēc literatūras ir ap 13 % sausnas (Geisseler, et al., 2022), kas ir par aptuveni 1 % zemāk, nekā mūsu sīpolos un bietēs vidēji. Kāpostiem arī sausnas saturs daudz neatšķiras no citu pētījumos ziņotā, nedaudz to pārsniedzot, kur tas svārstās robežās no 5 līdz 7 (Brito et al., 2012). Zinātniskajā literatūrā minēts, ka, palielinot N mēslojuma devu sīpolos virs 200 kg ha⁻¹, nozīmīgi samazinās sausnas saturs (Geisseler, et al., 2022). Līdzīgi arī kāpostiem – pie 180 kg ha⁻¹ minerālā N mēslojuma sausna samazinājās par 1%, salīdzinājumā ar nemēsloto variantu (Brito et al., 2012). Tas būtu skaidrojams ar lēnāku veģetatīvo augumu, kad veidojas sulīgi un salīdzinoši mīksti augi. Līdzīgi arī mūsu pētījumā N mēslojuma lietojums starp saimniecībām

atšķirās, arī ietekmējot sausnas saturu, tomēr ne vienmēr varējām saskatīt kādu likumsakarību šajā kontekstā. Tas sakrīt ar pētījumiem Horvātijā, kur konstatēts, ka neatkarīgi no mēslojuma veida, sausnas saturs variēja no 14.2 līdz 15% (Tadič, et al., 2021).

Barības elementu saturs augos noteikts ražas novākšanas brīdī kā augu produktīvajai, tā arī atlieku daļai. Tas apkopots (Pielikumā 2. tabulā). Analizējot datus, konstatējām, ka barības vielu saturs augos atšķiras pa gadiem un tas variē gan starp saimniecībām, gan arī starp šķirnēm, gan starp vienas saimniecības laukiem. Tomēr šī variācija nav ļoti liela, un standartnovirze ir niecīga. Tas sasaucas ar citu valstu pētījumiem, ka augu minerālvielu sastāvs ir atkarīgs no šķirnes un augšanas apstākļiem, tajā skaitā augsnes agroķīmiskā sastāva (Kacjan Maršić et al., 2021; Sekara et al., 2014). Pēc mūsu datiem redzams, ka saimniekošanas veids – bioloģiski vai integrēti nav atstājis nozīmīgu ietekmi uz barības elementu saturu augos. Šis rādītājs var tikt ņemts par pamatu iznesu aprēķiniem, kas tālāk tiek izmantoti mēslojuma normu aprēķinam.

Iegūtie barības elementu satura rādītāji tālāk izmantojami **iznesu aprēķinos** uz tonnu ražas, vai uz ha atkarībā no iegūtās ražas, ņemot vērā paraugu sausnu un ražību (Pielikumā 3. tabula). Dārzeņu iznesas rēķinātas gan produktīvajai auga daļai (standarta raža, ko zemnieki uzskata par produkciju), gan saknēm/lapām – neproduktīvajai auga daļai, kas visbiežāk paliek uz lauka (sakņaugiem) vai daļēji tiek aizvesta no lauka uz noliktavām (kāpostiem, reizēm sīpoliem). Tomēr šīs auga daļas iznesas arī ir jāņem vērā, jo to izveidei nepieciešamās barības vielas ir jārēķina kopējā bilancē, tās ir neatņemamas auga sastāvdaļas ražas izveidei – bez šīs auga daļas neveidotos produktīvā daļa. Tas, kur paliek šīs auga daļas ražu novācot, ir jāņem vērā, rēķinot bilanci katrā atsevišķā saimniecībā. Vairumā gadījumu augu atliekas tiek iestrādātas laukā atpakaļ. Tātad – dod pienesumu augsnes organiskajai daļai un atgriežas atpakaļ augsnē ar tajās esošajiem barības elementiem.

Apkopojot visu gadu iznesu rādītājus, redzams, ka rādītāji pa gadiem un saimniecībām nedaudz svārstās, tomēr, rēķinot vidējos rādītājus pa visiem gadiem katram kultūraugam visām tā daļām, redzams, ka **reālās iznesas ir atšķirīgas no tām, kas ir norādītas mēslojuma aprēķināšanas metodikā** (“Kultūraugu mēslošanas plāna izstrādes metodika”, LLKC, Ozolnieki, 2008). Metodikā norādītie iznesu apjomi 5.tabulā norādīti ailītēs “Metodikā”. Šobrīd redzam, ka, skatoties iznesas ar tonnu produkcijas, vairumā gadījumu robežskaitļi ir loģiski, un neveido plašu diapazonu. Šie dati izmantoti tālāk barības elementu izmantošanas efektivitātes aprēķiniem.

5. tabula

**Vidējās iznesas apkopotas pa kultūraugiem un gadiem, salīdzinātas ar “Metodikā”
norādītajām (pārrēķināti tūrvielā)**

Augs	Gads	N	P	K	Ca	Mg	S	B
Kāposti	2021	8,41	1,28	7,92	5,37	0,58	3,12	0,01
	2022	7,07	0,92	7,83	5,72	1,12	2,03	0,01
	2023	5,62	1,09	7,80	4,90	0,76	1,34	0,01
	2024	6,28	1,34	10,42	6,64	1,14	2,12	0,01
	2025	7,08	1,81	7,78	5,05	0,90	1,80	0,01
	Vidēji	6,89	1,29	8,35	5,54	0,90	2,08	0,01
	Metodikā	3,00	1,32	4,32				
Bietes	2021	8,49	0,81	5,10	2,19	1,59	0,78	0,01
	2022	5,01	0,50	7,82	3,79	2,76	0,91	0,01
	2023	3,77	0,41	5,42	2,11	1,26	0,43	0,00
	2024	5,81	0,68	9,26	2,95	2,09	0,75	0,01
	2025	4,62	0,69	8,61	1,13	1,52	0,63	0,01
	Vidēji	5,54	0,62	7,24	2,43	1,84	0,70	0,01
	Metodikā	3,00	0,88	3,32				
Burkāni	2021	6,46	0,74	3,87	1,23	0,33	0,81	0,01
	2022	4,39	0,54	3,01	4,96	0,87	0,99	0,01
	2023	4,34	0,51	12,38	4,65	0,81	0,61	0,01
	2024	5,52	0,80	7,24	5,26	1,22	0,92	0,01
	2025	4,16	1,10	8,47	2,72	0,72	0,93	0,01
	Vidēji	4,98	0,74	6,99	3,76	0,79	0,85	0,01
	Metodikā	2,50	0,88	3,32				
Sīpoli	2021	4,88	0,53	2,11	1,36	0,35	0,71	0,00
	2022	3,15	0,31	3,27	2,90	0,56	0,47	0,00
	2023	3,41	0,41	3,24	3,14	0,56	0,45	0,00
	2024	4,30	0,55	3,72	3,15	0,67	0,63	0,00
	2025	3,06	0,82	4,15	2,23	0,48	0,76	0,00
	Vidēji	3,76	0,52	3,30	2,56	0,52	0,60	0,00
	Metodikā	1,50	1,19	3,57				

Skatoties barības elementu iznesas un salīdzinot tās savstarpēji – kuru elementu daudzums augu biomasā savstarpēji korelē, redzamas dažas skaidri redzamas likumsakarības: piemēram – Ca un Mg daudzums augos cieši korelē burkāniem, sīpoliem un bietēm, bet kāpostiem šī korelācija ir vājāka, bet pozitīva; K un Mg daudzums augos ciešāk korelē bietēm un sīpoliem. Pozitīva P un K korelācija tika novērota vairumam augu (6.tabula). Pārlietu liels Ca saturs samazina biešu ražību, kas skaidrojams ar katjonu konkurenci par iekļuvi auga šūnās, un līdz ar to ir bloķēta K un Mg uzņemšana.

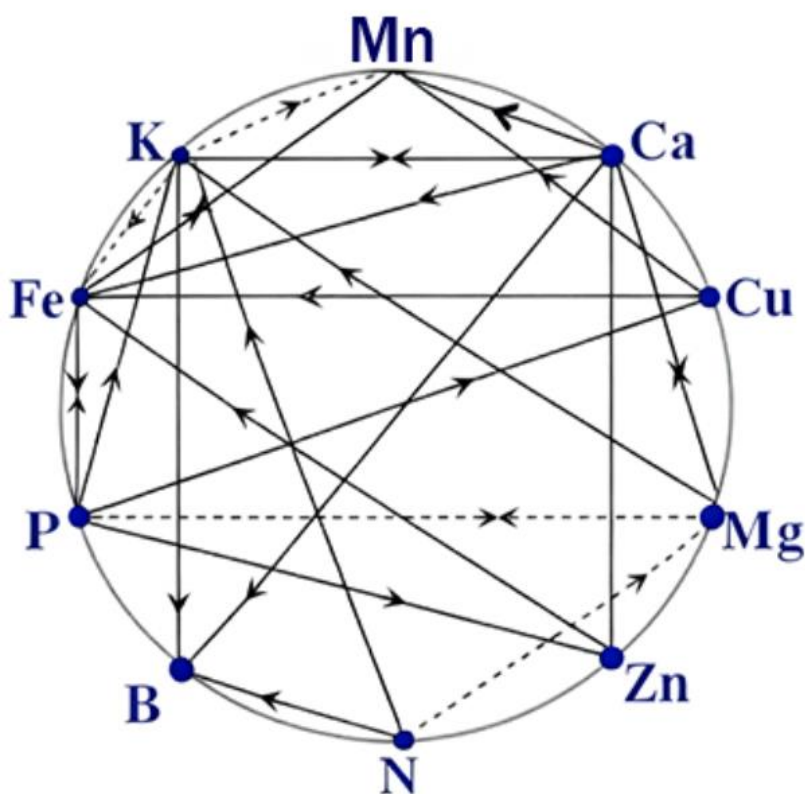
6.tabula

**Korelācijas koeficienti starp ražību, un N, P, K, Ca un Mg iznesām visiem
pētītajiem dārzeņiem**

Tabula nav publicējama pirms zinātniskā raksta publikācijas

Pēc vispārpieņemtiem barības elementu savstarpējās iedarbības likumiem, barības elementu sabalansēšana ir nozīmīgs rīks mēslojuma efektivitātes palielināšanai. Pārlietu liels P mēslojums traucē uzņemt Zn, Cu un Fe. Savukārt K – traucē uzņemt Ca un Mg. Daudz Ca kavē amonija formas N, Mg. B, P uzņemšanu. Pārlieds Fe saturs bloķē P uzņemšanu. Detalizētāka sinerģijas un antagonisma shēma ievietota 1. attēlā (Muldera shēma).

Arī sāļu koncentrācija (EC) augsnē nozīmīgi ietekmē barības elementu uzņemšanu. Optimālais EC skaitlis būtu ap 1.5 – 1.8 dS/m, pie kura sāļu koncentrācija ir drošās robežās, ka to antagonisms nespēj izpausties, vai izpaužas vāji. No praktiskā viedokļa tas nozīmē, ka mēslošana jāveic biežāk, bet mazākās devās, vai arī tā jāsalāgo ar nokrišņu esamību vai laistīšanas iespēju – tātad nodrošināt sāļu izšķīšanas iespēju pēc iespējas lielākā ūdens daudzumā.



1. attēls. Muldera shēma – minerālelementu sinerģisms (pārtraukta līnija) un antagonisms (nepārtraukta līnija)

Mēslojuma nepieciešamības aprēķina otra nozīmīgākā datu kopa veidojas no **augu barības elementu** daudzuma augsnē. Augsnes agroķīmiskie parametri raksturo augsnē esošo augiem pieejamo barības elementu daudzumu, augsnes reakciju (pH) un organiskās vielas daudzumu. Saimniecību lauku raksturojumi pēc šiem parametriem iegūti veicot augsnes analīzes trīs reizes sezonā, un apkopotī atsevišķā failā (Pielikuma 4. tabula). Aplūkojot barības elementu nodrošinājumu augsnē, redzams, ka tā kā šīs ir dārzenkopības saimniecības, vidējā augsnes auglība ir salīdzinoši augsta. Protams, pa gadiem mainot laukus, kāds lauks ir ar zemāku barības elementu saturu, bet kāds ar augstāku.

Lai gūtu priekšstatu par **barības elementu izmantošanās efektivitāti**, tika aprēķināta attiecība starp pieejamo un ražas izveidei izmantoto elementu apjomu (NUE – nutrient using efficiency) 2022. - 2025. gadu datiem, jo šiem gadiem ir pieejami visi nepieciešamie dati. Iegūtie dati ir diezgan pārsteidzoši – **teju visu barības elementu (izņemot N) izmantošanās ir kritiski zema, kas norāda uz pārmērīgu mēslojuma lietojumu** (7. – 10. tabula).

7. tabula

Barības elementu izmantošanās efektivitāte sīpolos

Tabula nav publicējama pirms zinātniskā raksta publikācijas

Slāpekļa izmantošanās (N-NUE) sīpolu stādījumos ir salīdzinoši augsta, bet, salīdzinājumā ar pārējiem dārzeņiem, tomēr zemākā. Pārējo elementu izmantošanās efektivitāte ir ļoti zema, kas liecina par to pārlietu augstām mēslojuma normām saimniecībās. Tas skaidrojams ar to, ka sīpoliem ir salīdzinoši sekla un “slinka” sakņu sistēma, kas objektīvi uzņem mazāku barības vielu daudzumu, turklāt sīpoliem ir salīdzinoši īss veģetācijas periods – no maija līdz augustam. Līdz ar to, **kopumā raugoties uz sīpolu mēslošanas optimizāciju, tiem ir nozīmīgi jāmazina lietotā mēslojuma daudzums – aptuveni uz pusi galvenajiem elementiem (NPK) bāzes ražas apjoma (20 t ha⁻¹) ieguvei**. Dīvains var šķist N-NUE rādītājs virs 100% dažās saimniecībās. Tas skaidrojams ar to, ka mikrobioloģisko procesu rezultātā veģetācijas perioda laikā N atbrīvojas augsnē, jo īpaši, ja pirms tam ir bijis audzēts zaļmēslojums, vai iestrādāts liels augu atlieku daudzums augsnē.

Burkāniem arī vērojama līdzīga aina – arī N izmantošanās efektivitāte ir augstākā (vidēji četros gados N-NUE ir 226.1) (8. tabula) salīdzinājumā ar pārējiem elementiem. Bet te ir jāmin fakts, ka burkāniem salīdzinoši labs izmantošanās efektivitātes rādītājs ir arī K (vidēji četros gados K-NUE ir 40.4), jo īpaši augsts tas ir bijis 2023. un 2025. gadā, kas raksturojas ar labāku mitruma nodrošinājumu salīdzinājumā ar 2022. gadu.

8. tabula

Barības elementu izmantošanās efektivitāte burkānos

Tabula nav publicējama pirms zinātniskā raksta publikācijas

Vadoties no burkānu NUE rādītājiem, arī secināms, ka **būtiski jāmazina visu galveno elementu (NPK) mēslojuma normas – aptuveni uz pusi bāzes ražas (40 t ha^{-1}) apjoma ieguvei. Jāatzīmē, ka burkāniem ir nozīmīgs Mg nodrošinājums, par ko liecina arī tā salīdzinoši augstā NUE.**

Arī bietēm, līdzīgi kā burkāniem un sīpoliem, ir augsts N-NUE (īpaši 2024. un 2025.gadā, attiecīgi 232 un 588.7) un, līdzīgi kā burkāniem, salīdzinoši augsts K izmantošanās efektivitātes rādītājs (K-NUE vidēji četros gados 42.1) (9. tabula).

9. tabula

Barības elementu izmantošanās efektivitāte bietēm

Tabula nav publicējama pirms zinātniskā raksta publikācijas

Bietēm vidējais četru gadu N-NUE ir visaugstākais no visiem četriem kultūraugiem (252), kas liecina par salīdzinoši augsto N izmantošanās efektivitāti. Arī K-NUE ir līdzīga burkāniem un kāpostiem – 42.1, arī P-NUE ir līdzīgs kā burkāniem un kāpostiem – salīdzinoši zems, kas liek kritiski izvērtēt P mēslojuma lietojuma apjomus. **Līdz ar to bietēm bāzes ražas (40 t ha^{-1}) ieguvei N mēslojuma normu ieteicams samazināt par 1/3, bet P un K – uz pusi.**

Kāpostiem ir augsta N izmantošanās efektivitāte – vidēji četros gados N-NUE ir 118 (10. tabula). Tas skaidrojams ar ilgstošu veģetācijas periodu un apstākli, ka to biomasa galvenokārt veidojas vasaras otrajā pusē - rudenī, kad augsnes mikrobioloģisko procesu rezultātā augsnē izdalās ievērojams N daudzums, kas tiek izmantots ražas veidošanai. Kāpostu P un K-NUE rādītāji ir līdzīgi kā bietēm. Lai celtu vidējo kāpostu ražību, par bāzes ražas apjomu pieņemam 60 t ha^{-1} , kas ir par 10 t ha^{-1} augstāka, nekā šobrīd vidējā ražība pētījumā iekļautajās saimniecībās. **Līdz ar to N mēslojuma samazinājums ir plānots ap 15% no šī brīža vidēji lietotā, P par 1/3 un K gandrīz uz pusi.**

10. tabula

Barības elementu izmantošanās efektivitāte kāpostiem

Tabula nav publicējama pirms zinātniskā raksta publikācijas

Arī salīdzinoši efektīva Mg-NUE kāpostiem ir skaidrojama ar šīs sugas īpatnību ražas veidošanā iesaistīt Mg.

Lai gūtu vēl kādu apliecinājumu barības elementu nozīmes izvērtējumam ražas veidošanai, rēķināta korelācija starp iegūto ražu un NUE (11. tabula).

11. tabula

Korelācijas koeficienti starp ražību, un N, P, K, Ca un Mg NUE visiem pētītajiem dārzeņiem

Tabula nav publicējama pirms zinātniskā raksta publikācijas

Skatoties cik cieši NUE korelē ar iegūto ražu un savstarpēji starp elementiem, izteikti skaidri redzams, ka īpaši bietēm ir nozīmīgs visu barības elementu nodrošinājums, arī burkānu ražas veidošanā visu elementu iesaiste ir nozīmīga. Tā kā kāpostiem bija salīdzinoši augsts N-NUE un ražas svārstījās ļoti plašā amplitūdā, tad šīs korelācijas koeficients ir salīdzinoši zems, tomēr pēc NUE rādītājiem redzams, ka N ir svarīgs elements kāpostu ražas veidošanai.

Pārliciecināms, ka Ca un Mg izmantošanās ir ļoti cieši saistīta visiem dārzeņiem. Aprēķinot vidējo Ca : Mg attiecību visos gados, visām saimniecībām, visos laukos, tā galvenokārt svārstās no 6 līdz 8. Tas apstiprina jau citviet publicēto apgalvojumu, ka šie elementi ir savstarpēji saistīti un to **ieteicamā attiecība augsnē ir Ca : Mg = 6 – 8 : 1.**

Izanalizējot kopumā NUE rādītājus visiem pētījumā iekļautajiem dārzeņiem, var secināt, ka N mēslojuma normas ir tuvu optimālajām, bet vietās, kur NUE rādītājs ir zemāks, ir jāapsver to dalīšana vairākās devās. Analizējot četru gadu NUE rādītājus, var vērot, ka mitrākos gados, kādi bija 2023., 2024. un 2025. gads (gan atšķirīgi pa novadiem), un saimniecībā, kurā lietota laistīšana, NUE ir augstāks. ***Tas liecina par laistīšanas sistēmu ierīkošanas nepieciešamību, lai gados, kad ir mazāk nokrišņu, varētu nodrošināt optimālu augsnes mitrumu, kas sekmē efektīvu mēslojuma izmantošanos.*** Turklāt ir redzams, ka arī ***zaļmēslojumu lietošana (DI dati) palielina augiem pieejamo barības elementu apjomu augsnē, un tas tiek iesaistīts ražas veidošanā.***

Redzot zemo barības elementu izmantošanās efektivitāti, tika veikti korelācijas aprēķini, lai varētu izvērtēt, **vai palielināta minerālo mēslojumu lietošana palielina iegūtās ražas apjomu** (12.tabula). Iegūtie dati apstiprina iepriekš izteikto pieņēmumu, ka daudzos gadījumos mēslojums tiek lietots neefektīvi un reizēm arī lieki.

12.tabula

**Korelācijas koeficienti mēslojuma lietojuma (atsevišķiem barības elementiem)
ietekmei uz ražas veidošanos**

Tabula nav publicējama pirms zinātniskā raksta publikācijas

Negatīvie korelācijas koeficienti apliecina, ka pārlietu palielināts mēslojuma apjoms negatīvi ietekmē ražas veidošanos. Lai gan koeficienti vairumā gadījumu ir zem -0.5, kas liecina par nebūtisku ietekmi, tomēr tā ir negatīva. Pozitīva, lai arī nebūtiska, mēslojuma ietekme uz ražas veidošanos ir tikai kāpostiem N, P, K un Mg mēslojuma lietojumam.

Analizējot augiem pieejamā barības elementu daudzuma (augsnē pieejamais plus ar mēslojumu iedotais) ietekmi uz ražu, rēķināta šo datu korelācija (13. tabula).

13. tabula

Ražas un augiem pieejamo barības elementu korelācija

Tabula nav publicējama pirms zinātniskā raksta publikācijas

Pēc šīs korelācijas redzams, ka burkāniem pārlietu lielas N mēslojuma devas izteikti negatīvi ietekmē ražas iznākumu, bietēm lietotās mēslojuma devas ir bijušas tuvu optimālajām, ar nelielu pozitīvu ietekmi uz ražas palielinājumu, bet kāpostiem N mēslojuma devas ir bijušas adekvātas, un būtisks to samazinājums nav nepieciešams. To liecina arī NUE aprēķini slāpeklim (11.tabula). P mēslojuma lietojums visiem kultūraugiem ir jāmazina, jo par to liecina kā korelācijas koeficienti 12. tabulā, tā NUE 11.tabulā. Pēc šiem korelācijas koeficientiem K mēslojuma lietojums būtiski jāmazina burkāniem, bet pārējiem kultūraugiem tā lietojumu var pielīdzināt vidējam lietojuma apjomam.

Lai vēl objektīvāk varētu pieņemt lēmumu par mēslojuma devu optimizāciju, apkopojām vienā tabulā ražu un reālo šī brīža augiem augsnē pieejamo barības elementu apjomu (pēc analīzēm plus ar mēslojumu iedotais) rādītājus vidēji pa saimniecībām un gadiem (14. tabula).

14. tabula

**Raža un reālo augiem augsnē pieejamo barības elementu apjoms (pēc analīzēm
plus ar mēslojumu iedotais) vidēji pa saimniecībām un gadiem salīdzinājumā ar
ieteicamo, un MK noteikumos regulēto**

Augs	Ražība t ha ⁻¹	Esošais augiem pieejamais elements (pēc analīzēm, plus mēslojums) kg ha ⁻¹			Ieteicamais augiem pieejamais elements augsnē (pēc analīzēm, plus mēslojums) kg ha ⁻¹					Max pieļaujamās N normas, MK Nr.834
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	N
Kāposti	57,5	184,7	341,9	446,9	150	200	250	2000	450	210
Burkāni	46,3	99,0	371,1	420,5	50	180	200	1500	250	130
Bietes	49,5	152,0	285,0	369,0	100	100	150	1500	200	170
Sīpoli	21,0	58,6	316,7	380,4	60	150	200	1500	200	170

Ņemot vērā augu iznesas, barības elementu izmantošanās efektivitāti, augsnes vidējo nodrošinājumu ar barības elementiem, vidējās reāli iegūtās ražas un potenciāli iespējamās ražas, esam izveidojuši ieteicamo kopējo augiem pieejamo barības elementu nodrošinājuma līmeni augsnē, norādot papildus katrai tonnai neieciešamo barības elementu apjomu (15.tabula).

15. tabula

Ieteicamais nepieciešamais kopējais augiem pieejamais barības elementa daudzums augsnē (pēc augsnes analīzēm, plus mēslojums), kg ha-1

Augs	Ražas apjoms	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	SO ₃	B
Kāposti								
	ražai 60 t/ha	150	200	250	2000	450		
	plus katrai papildus plānotajai tonnai	5,9	2,5	9	90	0,8	4,4	0,008
Burkāni								
	ražai 40 t/ha	50	180	200	1500	250		
	plus katrai papildus plānotajai tonnai	5,30	1,44	7,87	3,94	0,77	2,22	0,009
Bietes								
	ražai 40 t/ha	100	100	150	1500	200		
	plus katrai papildus plānotajai tonnai	4,00	1,18	7,92	2,42	1,69	1,55	0,005
Sīpoli								
	ražai 20 t/ha	60	150	200	1500	200		
	plus katrai papildus plānotajai tonnai	3,80	1,08	4,00	2,01	0,52	1,46	0,004

SECINĀJUMI un IETEIKUMI

- Apkopojot visu gadu **iznesu** rādītājus, redzams, ka rādītāji pa gadiem un saimniecībām nedaudz svārstās, tomēr, rēķinot vidējos rādītājus pa visiem gadiem katram kultūraugam visām tā daļām, redzams, ka **reālās iznesas ne vienmēr sakrīt ar tām, kas ir norādīts mēslojuma aprēķināšanas metodikā** (“Kultūraugu mēslošanas plāna izstrādes metodika”, LLKC, Ozolnieki, 2008). Līdz ar to **iesakām lietot mūsu noteiktos iznesu rādītājus barības vielu nodrošinājuma bilanču un mēslojuma nepieciešamības aprēķināšanai.**
- Veicot mēslojuma un iegūto ražu, kā arī augu elementu satura analīzi, redzams, ka **ne vienmēr iegūtā raža bijusi atkarīga no augu nodrošinājuma ar barības vielām.**
- Augsnes **bioloģiskās aktivitātes indikatoru rādītāji ir ļoti svārstīgi** pa gadiem, saimniecībām un laukiem un mainās vairāk agrometeoroloģisko apstākļu, nekā augsnes bioloģiskās aktivitātes ietekmē.
- Aprēķinot barības elementu izmantošanās efektivitāti un korelāciju starp iestrādāto mēslojumu un iegūto ražu, varam secināt, ka **bieži tiek lietotas nepamatoti augstas mēslojuma devas**, vai arī to lietojuma efektivitāte ir jākāpina, **veicot mēslošanu dalīti vairākos piegājienos.** Arī **laistīšanas sistēmu ierīkošana** nozīmīgi celtu mēslojuma izmantošanās efektivitāti.
- **Zaļmēslojumu lietošana** un apjomīgas augu atlieku biomasas iestrāde augsnē palielina augiem pieejamo barības elementu apjomu augsnē, un tas tiek iesaistīts ražas veidošanā.
- **Ieteicamais nepieciešamais kopējais augiem pieejamais barības elementa daudzums augsnē (pēc augsnes analīzēm, plus mēslojums), kg ha⁻¹ ir atspoguļots 15. tabulā.**

Publicitātes pasākumi 2025. gadā

2025. gadā projektā līdz šim iegūtie rezultāti publiskoti gan zinātniekiem un nozares speciālistiem Latvijā, gan Eiropas valstu zinātniekiem EUVRIN (European Union Vegetable Research Institutions Network) konferencē:

1. 20.02.2025. L.Lepse piedalījās zinātniski - praktiskajā konferencē “Līdzsvarota lauksaimniecība – 2025”, kur prezentēja projekta rezultātus prezentācijā “Mēslošanas efektivitātes izvērtējums sīpolu sējumos”;
2. L.Lepse ar prezentāciju “Barības elementu izmantošanās efektivitāte dārzeņu sējumos/stādījumos ” piedalījās DI pavasara infodienā, Zoom platformā 20.03.2025.;
3. No 8. līdz 10. novembrim S.Zeipiņa piedalījās EUVRIN (European Union Vegetable Research Institutions Network) konferencē ar mutisko prezentāciju “The influence of fertilization on vegetable yield”;
4. 04.09.2025. projekta rezultāti prezentēti lauka dienā DI Pūres pētījumu centrā, L. Lepses un M.Gailītes prezentācijā “Dārzeņu mēslošanas optimizācija”.
5. Publikācija Lepse, L., Zeipiņa, S. and Gailīte, M. (2025). Do higher fertilization doses guarantee higher vegetable yield?. *Acta Hortic.* 1416, 157-164
DOI: 10.17660/ActaHortic.2025.1416.21
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2025.1416.21>.
6. Atskaite ievietota Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes pētījumu datubāzē un Valsts kancelejas Pētījumu un publikāciju datubāzē.
7. Raksts “Atklātā lauka dārzeņu mēslošanas optimizēšanas iespējas” publicēts DI elektroniskā žurnālā “Profesionālā Dārzkopība” novembra numurā.
8. M.Gailīte "Dārzeņu mēslošanu ir iespējams optimizēt", *Agrotops*, 8/2025

Projekta gaitā gūtās atziņas prezentētas arī vairāku apmācību kursu lekcijās, ko organizē LLKC un LBTU Mūžizglītības daļa.

Izmantotā literatūra

Barooah L., Dutta S.A., Das S., Bordoloi A. (2023). Drought stress in vegetable crops: a review. *The Pharma Innovation Journal*. Vol. 12, Issue 4, p. 1115-1119.

Brito L. M., Amaro A.L., Mourão I., Moura L. , 2012. Yield and nitrogen uptake of white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) with organic and inorganic fertilisers. *Acta Horticulturae* 933:107-113.

Fixen P., Brentrup F., Bruulsema T., Garcia F., Norton R., and Zingore S., 2015. Nutrient/fertilizer use efficiency: measurement, current situation and trends. In book: *Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification* Chapter: Chapter 2. Publisher: International Fertilizer Industry Association (IFA), International Water Management Institute (IWMI), International Plant Nutrition Institute (IPNI), and International Potash Institute (IPI). Editors: P. Drechsel, P. Heffer, H. Magen, R. Mikkelsen, D. Wichelns.

Geisseler D., Ortiz R.S., Diaz J. (2022). Nitrogen nutrition and fertilization on onions (*Allium cepa* L.) – A literature review. *Scientia Horticulturae*. Vol. 291. (online).

Kacjan Maršič N., Može K.S., Mihelič R., Nečemer M., Hudina M., Jakopič J. (2021). Nitrogen and sulphur fertilisation for marketable yields of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *Capitata*), leaf nitrate and glucosinolates and nitrogen losses studied in a field experiment in Central Slovenia. *Plants*. Vol. 10, Issue 7, p. 1 – 16.

Kopittke P.M., Dalal R.C., Hoeschen C, Li C., Menzies N.W., Mueller C.W. (2020). Soil organic matter is stabilized by organo-mineral associations through two key processes: The role of the carbon to nitrogen ratio. *Geoderma*, Vol. 357, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113974>.

Ludemann, C.I., Gruyere, A., Heffer, P. and Doberman, A. (2022). Global data on fertilizer use by crop and by country. *Scientific Data* 9(1), 501. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01592-z>

Onyekachi O.K., Boniface O.O., Gelmack N.F., Nicholas N. (2019). The effect of climate changes on abiotic plant stress: a review. **In:** *Abiotic and Biotic Stress in Plants*. Ed. by A. de Oliveira. IntechOpen, p. 1–13.

Ritchie, H. (2021). Can we reduce fertilizer use without sacrificing food production? Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: <https://ourworldindata.org/reducing-fertilizer-use> [Online Resource]

- Rouphael Y., Cardarelli M., Schwarz D., Franken P., Colla G. (2012). Effects of drought on nutrient uptake and assimilation in vegetable crops. *In*: Aroca, R. (eds) *Plant Responses to Drought Stress*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32653-0_7
- Sekara A., Pohl A., Kalisz A., Grabowska A., Cebula S. (2014). Evaluation of selected Polish carrot cultivars for nutritive value and processing – a preliminary study. *Horticulture and Landscape Architecture*. No 35, p. 3 – 14.
- Seufert V., Ramankutty N., Foley J. A. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture, *Nature*, Vol. 485, No. 7397, p.229-32. DOI:10.1038/nature11069
- Steffens D., Hütsch B.W., Eschholz T., Lošák T., Schuber S. (2005). Water logging may inhibit plant growth primarily by nutrient deficiency rather than nutrient toxicity. *Plant, Soil and Environment*. Vol. 51, No. 12, p. 545-552. DOI: 10.17221/3630-PSE
- Tadić J., Žutić I., Urlić B., Jukić Špika M., Dumičić G. (2021). Effect of fertilization on onion growth, yield and storage. *Acta Horticulturae*. Vol. 1329, Issue 32, p. 247 – 253.
- Valenzuela, H. (2024). Optimizing the nitrogen use efficiency in vegetable crops. *Nitrogen*. 5, 106-143. <https://doi.org/10.3390/nitrogen5010008>
- Zhou, N, Chen, Y, Wang, J, Yang, W, Wang, Y. (2023). Reducing chemical fertilizer application in greenhouse vegetable cultivation under different residual levels of nutrient. *Agriculture*. 13(6),1174. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061174>
- Xie K., Cakmak I., Wang S., Zhangd F., Guo S., 2021. Synergistic and antagonistic interactions between potassium and magnesium in higher plants. *The Crop Journal*, Vol.9, Issue 2, p. 249-256.
- Pietola L., Salo T., 2000. Response of P, K, Mg and NO₃-N contents of carrots to irrigation, soil compaction, and nitrogen fertilization. *Agricultural and food science in Finland*, Vol. 9 (2000): 319–331.
- Moore A. D., Spring J. F., Jeliaskova E.A., Wilson T. L., 2021. Seasonal nutrient partitioning and uptake in hybrid carrot seed production. *Agronomy Journal*. 2021; 113:1934–1944.

Brito L. M., Amaro A.L., Mourão I., Moura L. , 2012. Yield and nitrogen uptake of white cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata) with organic and inorganic fertilisers. *Acta Horticulturae* 933:107-113.



Projekta vadītāja L.Lepse

27.11.2025.