

ZIRŅU ŠĶIRŅU RAŽA UN PROTEĪNA SATURS INTEGRĒTAJĀ AUDZĒŠANAS SISTĒMĀ

YIELD AND PROTEIN CONTENT OF PEA VARIETIES IN AN INTEGRATED GROWING SYSTEM

Aina Kokare, Tatjana Tomase
Agroresursu un ekonomikas institūts
aina.kokare@arei.lv

Kopsavilkums. Pākšaugi ir vērtīgs olbaltumvielu avots, kuru izmantošana ir risinājums pieaugošajam pieprasījumam pēc augu valsts proteīniem cilvēku un dzīvnieku uzturā, vienlaikus samazinot ietekmi uz vidi. Zirņi ir viena no nozīmīgākajām pākšaugu sugām gan Eiropā, gan arī Latvijā, kas pārtikas rūpniecībā rada arvien lielāku interesi. Latvijā, pieaugot pārstrādes potenciālam, palielinās arī zirņu audzēšanas platības, tādēļ ir nozīmīgi analizēt, kā agroklimatiskie apstākļi ietekmē ražu un proteīna saturu sēklās atkarībā no šķirnes. Agroresursu un ekonomikas institūta Priekuļu pētniecības centrā 2023. un 2024. gadā tika analizēta raža un proteīna saturs sēklās 14 Latvijā audzētām zirņu šķirnēm: 'Alvesta', 'Badoo', 'Bruno', 'Eso', 'Ingrid', 'Karacter', 'Karpate', 'Kidam', 'Manager', 'Orchestra', 'Respect', 'Salamanka', 'Saxon' un 'Trendy'. 2023. gada aprīļa beigās, sējas laikā, novērots izteikts mitruma deficīts, kas turpinājās līdz jūlijam, ietekmējot sējumu dīdžību un turpmāko zirņu attīstību. Turpretī 2024. gadā sēja noritēja labos mitruma nodrošinājuma apstākļos. Turpmākajos divos mēnešos (maijā un jūnijā) nokrišņu daudzums bija zem normas. 2024. gada jūlija beigās, kad norit zirņu nogatavošanās fāze, tika piedzīvotas spēcīgas lietusgāzes. Kopumā 2024. gadā zirņu šķirņu vidējais ražas līmenis bija ievērojami augstāks (3.2 t ha^{-1}) salīdzinājumā ar 2023. gadu (1.70 t ha^{-1}). Lielākais ražas pieaugums (virs 2.0 t ha^{-1}) tika konstatēts šķirnēm 'Eso', 'Manager', 'Orchestra', 'Respect' un 'Trendy'. Turpretī šķirnēm 'Bruno', 'Karpate' un 'Saxon' ražas līmenis abos pētījuma gados būtiski nemainījās, kas varētu liecināt par šo šķirņu pielāgošanās spēju mainīgajiem laika apstākļiem. Vidējais proteīna saturs zirņos abos pētījuma gados bija līdzīgs – 2023. gadā 24.6% un 2024. gadā 24.1%. Visaugstākais proteīna saturs iegūts šķirnei 'Bruno' 27.3%. Proteīna saturs, kas pārsniedz 24.0%, tika konstatēts šķirnēm 'Saxon', 'Orchestra', 'Eso', 'Ingrid', 'Trendy', 'Badoo', 'Karacter' un 'Kidam'. Analizējot, cik lielā mērā šķirnes reaģē uz laika apstākļu izmaiņām, konstatēts, ka abos pētījuma gados augsts proteīna saturs saglabājās šķirņu 'Bruno', 'Saxon', 'Badoo', 'Trendy', 'Karacter' un 'Kidam' sēklās. Pārējo šķirņu zirņos proteīna saturs 2024. gadā bija būtiski zemāks, salīdzinot ar 2023. gadu. Pētījuma rezultāti pierāda, ka ražu un proteīna satura veidošanos sēklās būtiski ietekmē gan vides apstākļi, gan šķirne, tomēr rezultāts, galvenokārt, ir atkarīgs no katras šķirnes spējas reaģēt uz vides apstākļu izmaiņām.

Atslēgas vārdi: zirņu kvalitāte, gaisa temperatūra, mitruma nodrošinājums.

Ievads

Pākšaugi ieņem savu vietu klimatneitrālas lauksaimniecības praksē un ilgtspējīgas pārtikas sistēmā. Zirņus to salīdzinoši augstā proteīna satura dēļ plaši izmanto pārtikā un lopbarībā, kas vienlaikus ir laba vietējā alternatīva sojai. Pieprasījums pēc zirņiem Eiropā arvien pieaug, jo palielinās augu izcelsmes olbaltumvielu jeb proteīna produktu ražošana. Pieaug arī patērētāju pieprasījums pēc olbaltumvielu produktiem, kas iegūti no augu valsts avotiem. Tāpat šo produktu ražošanas izmaksas ir zemākas salīdzinājumā ar dzīvnieku izcelsmes proteīniem (Stone et al., 2015; Tulbek et al., 2024). Pieaugot pākšaugu pārstrādes potenciālam, zirņu audzēšanas apjomi Latvijā palielinās. Ražu un proteīna saturu sēklās ietekmē šķirne, audzēšanas tehnoloģija, augu seka un ārējās vides faktori (Sainju et al., 2019; Walter et al., 2022). Latvijā sēklu izplatītāji piedāvā daudzveidīgu zirņu šķirņu klāstu, aprakstos uzsverot augsto ražības līmeni un proteīna saturu, kas padara tos par labu izejmateriālu pārstrādei. Šī pētījuma mērķis bija analizēt audzēšanas apstākļu ietekmi uz ražu un proteīna saturu sēklās zirņu šķirnēs, kas tiek audzētas Latvijā.

Materiāli un metodes

AREI Priekuļu pētniecības centrā (PPC) 2023. un 2024. gadā tika pētītas 14 Latvijā audzētas zirņu šķirnes: 'Alvesta', 'Badoo', 'Bruno', 'Eso', 'Ingrid', 'Karacter', 'Karpate', 'Kidam', 'Manager', 'Orchestra', 'Respect', 'Salamanka', 'Saxon'. Izmēģinājums iekārtots 10 m^2 lauciņos trijos atkārtojumos. Lauka raksturojums: velēnu podzolēta (Vg) mālsmilts (mS) augsne ar vāji skābu pH KCl 5.27 (2023) un skābu pH KCl 5.0 (2024) augsnes reakciju; organiskās vielas saturs augsnē 1.8 un 2.3%; augiem viegli izmantojamā P_2O_5 saturs – augsts ($278\text{--}163 \text{ mg kg}^{-1}$), K_2O saturs – vidējs

(162–107 mg kg⁻¹), priekšsargs abos gados – vasaras mieži. Izsējas norma bija 120 dīgtpējīgas sēklas m⁻². Sēja veikta 26.04.2023. un 01.05.2024. Abos gados pirms sējas augsnē iestrādāts pamatmēslojums NPK (15-15-15) 300 kg ha⁻¹. Nezāļu ierobežošanai tūlīt pēc sējas lietots augsnes herbicīds *Fenix* (aklonifēns 600 g L⁻¹) 3.0 L ha⁻¹. Vēlāk, kad parādījās divdīgļlapju nezāles, zirņu augu pagarināšanās fāzē (AS 31–35), 2023. gadā tika smidzināts *Bazagran 480* (bentazons 480 g L⁻¹) 3.0 L ha⁻¹, bet 2024. gadā – *Corum* (imazamoks 22.4 g L⁻¹ un bentazons 480 g L⁻¹) 1.0 L ha⁻¹, pievienojot virsmas aktīvo vielu *Dash* 1.0 L ha⁻¹. Lai ierobežotu tumšo zirņu tinēju (*Cydia nigricana*) ziedēšanas sākuma fāzē (AS 60), 2023. gadā tika lietots insekticīds *Decis Mega* (deltametrīns 50 g L⁻¹) (deva 0.150 L ha⁻¹), savukārt 2024. gadā – *Evure* (tau-fluvalināts 240 g L⁻¹) (0.2 L ha⁻¹). 2024. gadā iegūtā graudu raža pārrēķināta t ha⁻¹ pie bāzes 14% mitruma. Proteīna saturu noteica ar tuvā infrasarkanā spektra analizatoru *Infratec Nova*.

1. tabula / Table 1

**Vidējā diennakts gaisa temperatūra (°C) un nokrišņu daudzums (mm) Priekulū PC
2023. un 2024. gadā**

Mean air temperature (°C) and amount of precipitation at Priekuli RC in 2023 and 2024

	2023		2024		2023		2024	
	Vidējā diennakts gaisa temperatūra, °C / Mean temperature, °C	Novirze no normas, °C / Deviation from long-term average °C	Vidējā diennakts gaisa temperatūra, °C / Mean temperature, °C	Novirze no normas, °C / Deviation from long-term average °C	Nokrišņu summa, mm / Sum of precipitation, mm	% no normas / % of long term average	Nokrišņu summa, mm / Sum of precipitation, mm	% no normas / % of long term average
Aprīlis	7.8	1.7	7.5	1.4	10.6	25.4	73.4	175.6
Maijs	12.0	0.2	14.9	3.1	9.2	16.0	13.6	23.7
Jūnijs	17.3	1.9	17.2	1.8	18.1	21.6	61.6	73.4
Jūlijs	16.6	-1.3	19.1	1.2	90.5	107.0	121.0	143.0
Augusts	18.5	1.8	17.8	1.1	204.5	241.7	89.5	105.8

2023. gada aprīļa beigās, ap sējas laiku, tika novērots izteikts mitruma deficīts (1. tab.), kā rezultātā sējumi dīga nevienmērīgi un attīstījās lēni. Turpretī 2024. gadā sēja noritēja labos mitruma apstākļos, kas nodrošināja vienmērīgu sējumu sadīgšanu un turpmāku attīstību. Abos gados maijā un jūnijā nokrišņu daudzums bija zem normas. Sevišķi liels mitruma deficīts tika konstatēts 2023. gadā, kad aprīlī, maijā un jūnijā nokrišņu daudzums būtiski atpalika no normas. 2024. gada jūlija beigās, zirņu nogatavošanās fāzē, tika piedzīvotas spēcīgas lietusgāzes. Daļa zirņu šķirņu saveldrējās, tādējādi apgrūtinot to novākšanu un radot ievērojamus ražas zudumus.

Datu apstrādei veikta dispersijas analīze (ANOVA), lai noteiktu galveno faktoru: gada, šķirnes un šo abu faktoru mijiedarbības ietekmi uz zirņu šķirņu ražu un proteīna saturu sēklās. Faktoru ietekmes īpatsvars aprēķināts no dispersijas komponentēm.

Rezultāti un diskusija

Zirņu ražu un proteīna saturu tajos būtiski ietekmēja ($p < 0.01$) gan šķirne, gan audzēšanas gads, gan arī abu šo faktoru savstarpējā mijiedarbība (2. tab.). Gada un šķirnes mijiedarbības ietekmes īpatsvars uz ražu un proteīna saturu bija augsts (virs 60%), kas apliecināja, ka šķirnes atšķirīgi reaģēja uz gada audzēšanas apstākļu izmaiņām. Zirņu raža un proteīna saturs ir atkarīgs no meteoroloģiskajiem apstākļiem, produktīvā mitruma augsnē un gaisa temperatūras (Prudent et al., 2015).

Vidējais ražas līmenis 2024. gadā bija gandrīz par pusi augstāks (3.2 t ha⁻¹) salīdzinājumā ar 2023. gadu (3. tab.). Latvijai netipiski sausā un karstā vasara 2023. gadā kļuva par ražas apjoma ierobežojošu faktoru. 2023. gadā mitruma trūkums sējas laikā, kas turpinājās līdz jūlija sākumam, būtiski ietekmēja ražas līmeni. Jūlija sākumā, kas sakrita ar zirņu reproduktīvo fāzi, sāka līt un situācija

uzlabojās, taču tas nespēja kompensēt sausuma radītās sekas. Arī citos pētījumos ir norādīts, ka mitruma trūkums ir lielākais ražu ierobežojošais faktors zirņiem, un tā ietekme ir atkarīga no tā intensitātes, ilguma un no zirņu fenoloģiskās fāzes, kurā tas notiek (Prudent et al., 2015; Henriet et al., 2019). Henriet et al. (2019) norāda, ka ūdens trūkums ziedēšanas fāzē (6 dienas) biomasu nesamazina, tomēr graudu masa no auga un produktīvo posmu skaits samazinās, tādējādi negatīvi ietekmējot ražas līmeni.

2. tabula / Table 2

Faktoru ietekmes īpatsvars (%) uz zirņu ražu un proteīna saturu*Influence of proportion (%) of factors on yield and protein content*

Faktors/Factor	Raža/Yield	Proteīna saturs / Protein content
Gads/Year	31.3	22.3
Šķirne/Variety	0.20	12.4
Gada * šķirnes mijiedarbība / Year * variety interaction	68.5	65.2

Šķirnes ģenētika ilgtspējīgā augkopībā iegūst arvien lielāku nozīmi, kas nodrošina ne vien augstu ražas potenciālu, bet arī kvalitāti. Zirņu šķirnes raksturo noteiktas morfoloģiskas pazīmes, kas ļauj audzētājiem izvēlēties piemērotāko šķirni atbilstoši saimniecības apstākļiem un iespējām. Pētījumam tika izraudzītas šķirnes ar vītņēm (lapu pārveidnēm), kuras audzē Latvijā. Abos pētījuma gados lielākajai daļai šķirņu raža būtiski atšķīrās ($p < 0.01$). 2023. gadā, mitruma deficīta apstākļos, augstāko ražu sasniedza šķirnes: 'Karpate', 'Saxon' un 'Orchestra' (3. tab.).

3. tabula / Table 3

Zirņu šķirņu ražas ($t\ ha^{-1}$) un proteīna satura (%) sēklās izmaiņas starp gadiem*Yield $t\ ha^{-1}$ and protein content (%) in pea varieties and their changes between years*

Šķirne/Variety	Raža, $t\ ha^{-1}$ / Yield, $t\ ha^{-1}$				Proteīna saturs, % / Protein content, %			
	Vidēji/ Mean	2023	2024	Izmaiņas starp gadiem / Changes between years	Vidēji/Mean	2023	2024	Izmaiņas starp gadiem / Changes between years
'Alvesta'	2.3	1.8	2.9	1.09	23.9	24.4	23.4	-1.0
'Badoo'	2.0	1.6	2.4	0.74	24.4	24.1	24.7	0.6
'Bruno'	2.3	2.0	2.6	0.63	27.3	27.4	27.1	-0.3
'Eso'	2.2	1.0	3.4	2.35	24.6	25.3	23.8	-1.5
'Ingrid'	1.9	1.1	2.8	1.68	24.5	25.2	23.7	-1.5
'Karacter'	2.6	2.1	3.0	0.87	24.3	24.0	24.6	0.6
'Karpate'	2.8	2.6	3.0	0.42	23.5	22.2	24.8	2.6
'Kidam'	2.5	1.9	3.1	1.12	24.2	23.9	24.4	0.5
'Manager'	2.4	1.3	3.5	2.19	23.8	25.4	22.1	-3.3
'Orchestra'	3.3	2.2	4.3	2.10	24.6	25.5	23.6	-1.9
'Respect'	2.9	1.7	4.1	2.45	23.3	24.3	22.2	-2.1
'Salamanca'	2.4	1.4	3.4	2.01	23.9	24.8	23.0	-1.8
'Saxon'	2.5	2.3	2.8	0.52	24.8	24.3	25.3	1.0
'Trendy'	2.6	1.2	3.9	2.64	24.4	24.0	24.7	0.7
Vidēji / On average	2.5	1.7	3.2		24.4	24.6	24.1	
LSD $a=0.05$	0.4			0.63	0.76			1.09

Vairumam šķirņu ražas līmenis 2024. gadā labāka mitruma nodrošinājuma apstākļos bija būtiski augstāks, salīdzinot ar 2023. gadu. Lielākais ražas pieaugums 2024. gadā tika konstatēts šķirnēm: 'Eso',

'Respect', 'Manager', 'Orchestra' un 'Trendy'. Turpretī šķirnēm 'Bruno', 'Karpate' un 'Saxon' raža abos pētījuma gados būtiski ($p < 0.01$) nemainījās, kas varētu liecināt, par šo šķirņu spēju pielāgoties mainīgajiem laika apstākļiem.

Ar klimatu saistītu parametru (piemēram, sausuma, temperatūras) ietekme uz proteīna saturu sēklās ir nozīmīga arī gaidāmo klimata pārmaiņu dēļ. Salīdzinot ar 2023. gadu, ko raksturoja salīdzinoši liels mitruma deficīts, tādējādi veicinot augsta proteīna satura (vidēji 24.6%) veidošanos zirņos, 2024. gadā tika novērots neliels, bet būtisks ($p = 0.03$) proteīna satura samazinājums (vidējais proteīna saturs – 24.1%). Arī citos pētījumos Vācijā un Kanādā, kuros analizēti no ražošanas laukiem ievāktie zirņu paraugi, norādīts, ka augsta gaisa temperatūra un mitruma trūkums ir galvenie ar klimatu saistītie parametri, kas nosaka augstu proteīna saturu sēklās (Bestwick et al., 2018; Walter et al., 2022). Pētījuma rezultāti apliecināja, ka šķirnes ietekme uz proteīna saturu sēklās bija būtiska ($p = 0.004$).

Augstākais proteīna saturs abos gados tika konstatēts sartziedu šķirnei 'Bruno', kurai ir brūni marmorētas sēklas. Augstā proteīna satura un labo garšas īpašību dēļ šī šķirne plašāk tiek izmantota kā nišas produkts: tradicionālajā latviešu virtuvē un dažādu pārtikas izstrādājumu ražošanā. Tzitzikas et al., (2006) norāda, ka brūnā sēklu apvalka krāsa var būt saistīta ar augstāku proteīna saturu, salīdzinot ar zaļās un dzeltenās krāsas zirņiem. Tādējādi šķirne 'Bruno' no turpmākas statistiskās datu analīzes tika izņemta. Pārējās izmēģinājumā iekļautās šķirnes bija baltziedu grupas un dzeltenas krāsas zirņi, kuru vidū proteīna saturs sēklās variēja no 23.3 līdz 24.8%. Baltziedu šķirņu grupā proteīna saturs sēklās virs 24.0% bija šķirnēm: 'Saxon', 'Orchestra', 'Eso', 'Ingrid', 'Trendy', 'Bago', 'Karacter' un 'Kidam'. Jāuzsver fakts, ka šķirnes atšķirīgi reaģēja uz agroklmatisko apstākļu izmaiņām. No iepriekš minētajām šķirnēm abos pētījuma gados vismazākās izmaiņas proteīna saturā tika novērotas 'Saxon', 'Bago', 'Trendy', 'Karacter' un 'Kidam' šķirņu sēklās. Pārējām zirņu šķirnēm proteīna saturs sēklās abos pētījuma gados būtiski mainījās. Pētījumā ar zirņiem Mohammed et al., (2018) norāda, ka sēklu proteīna satura variēšana starp dažādām šķirnēm ir mazāka, salīdzinot ar variēšanu starp gadiem un dažādām audzēšanas vietām. Autors to saista ar mitruma nodrošinājuma atšķirībām sezonas laikā, augsnes īpašībām, temperatūru ziedēšanas fāzes laikā u. c. faktoriem. Šī pētījuma rezultāti pierādīja, ka proteīna saturs sēklās ievērojami variēja starp šķirnēm, salīdzinot ar atšķirībām starp gadiem. Tomēr šo atziņu nevar noraidīt, jo izmēģinājums veikts tikai divus gadus un vienā audzēšanas vietā.

Lai gūtu precīzāku priekšstatu par proteīna satura izmaiņām sēklās atkarībā no šķirnes, būtu nepieciešams veikt pētījumus vairāku gadu garumā dažādās audzēšanas vietās.

Secinājumi

Pētījuma rezultāti liecina, ka tādi ģenētiskie faktori kā šķirne, ārējās vides apstākļi, kā arī šo faktoru mijiedarbība ietekmē gan ražu, gan proteīna saturu zirņu sēklās. Šķirņu ražas līmenis un proteīna saturs sēklās ir atkarīgs no to reakcijas uz sezonas mitruma un siltuma nodrošinājumu. Augsta gaisa temperatūra un zems nokrišņu daudzums veģetācijas periodā samazina zirņu ražu, toties palielina proteīna saturu sēklās.

Abstract. Legumes are a valuable source of protein that can help meet the demand for plant-based proteins in human and animal nutrition. Peas are one of the most important legume crops in Europe and Latvia, and they are of increasing interest in the food industry. The aim of this study is to analyze how agroclimatic conditions affect the yield and protein content of pea varieties. In 2023 and 2024, the yield and protein content of 14 pea varieties grown in Latvia were analyzed at the Priekuļi Research Center of the Institute of Agroresources and Economics. At the end of April 2023, a pronounced moisture deficit during sowing continued until July, affecting the field germination and the further development of peas. In contrast, the sowing in 2024 took place under good moisture conditions. In both years of investigation, the precipitation amount was below the long-term average in May and June. Heavy rains were observed during the pea ripening phase at the end of July 2024. The average yield of pea varieties was 3.2 t ha^{-1} in 2024, higher than in 2023 (1.70 t ha^{-1}). The most significant yield increase (over 2.0 t ha^{-1}) in 2024, compared to 2023, was for the varieties: 'Eso,' 'Manager,' 'Orchestra,' 'Respect', and 'Trendy.' In contrast, the yield level of the varieties 'Bruno,' 'Karpate,' and 'Saxon' did not change in both years of the study, which could indicate the adaptability of these varieties to changing weather conditions. The average protein content in peas in both years of the study was similar, 24.6% in 2023 and 24.1% in 2024. The highest protein content was in the variety 'Bruno', 27.3%. Protein content above 24.0% was for the varieties: 'Saxon,' 'Orchestra,' 'Eso,' 'Ingrid,' 'Trendy,' 'Bago,'

'Karacter' and 'Kidam.' The most minor changes in protein content between years were for the varieties: 'Bruno', 'Saxon', 'Bago', 'Trendy', 'Karacter', and 'Kidam'. The protein content in 2024 was significantly lower for the other varieties than in 2023. The study results showed that both environment and variety play a significant role in determining yield and protein content. However, the result depends on the ability of each variety to respond to changes in environmental conditions.

Pateicība. Pētījumu veikts ar ELF un Latvijas Lauku attīstības programmas 2014.–2020. gadam pasākuma "Sadarbība" 16.2. apakšpasākuma "Atbalsts jaunu produktu, metožu, procesu un tehnoloģiju izstrādei" projekta "Pākšaugu izmantošanas potenciāls alternatīvu piena produktu ražošanai" Nr. 22-00-A01612-000016 atbalstu.

Izmantotā literatūra

1. Mohammed Y.A., Chen C., Walia M.K., Torrion J.A., McVay K., Lamb P. & Khan, Q. (2018). Dry pea (*Pisum sativum* L.) protein, starch, and ash concentrations as affected by cultivar and environment. *Canadian journal of plant science*, 98(5), p. 1188–1198.
2. Henriët C., Aimé D., Térézol M., Kilandamoko A., Rossin N., Combes-Soia L. & Gallardo K. (2019). Water stress combined with sulfur deficiency in pea affects yield components but mitigates the effect of deficiency on seed globulin composition. *Journal of experimental botany*, 70(16), p. 4287–4304.
3. Prudent M., Vernoud V., Girodet S. & Salon C. (2016). How nitrogen fixation is modulated in response to different water availability levels and during recovery: A structural and functional study at the whole plant level. *Plant and Soil*, 399, p. 1–12.
4. Sainju U.M., Lenssen A.W., Allen B.L., Jabro J.D. & Stevens W B. (2019). Pea growth, yield, and quality in different crop rotations and cultural practices. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 2(1), p. 1–9.
5. Stone A.K., Karalash A., Tyler R.T., Warkentin T.D. & Nickerson M. T. (2015). Functional attributes of pea protein isolates prepared using different extraction methods and cultivars. *Food research international*, 76, p. 31–38.
6. Tulbek M.C., Wang Y.L. & Hounjet M. (2024). Pea—A sustainable vegetable protein crop. In *Sustainable protein sources* (pp. 143–162). Academic Press.
7. Tzitzikas E.N., Vincken J.P., de Groot J., Gruppen H. & Visser R.G. (2006). Genetic variation in pea seed globulin composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(2), p. 425–433.
8. Walter S., Zehring J., Mink K., Quendt U., Zocher K. & Rohn, S. (2022). Protein content of peas (*Pisum sativum*) and beans (*Vicia faba*)—Influence of cultivation conditions. *Journal of Food Composition and Analysis*, 105, 104257.