

## KARTUPEĻU SĪKBUMBUĻU AUDZĒŠANA KLIMATKONTROLĒTOS APSTĀKĻOS DAŽĀDOS SUBSTRĀTOS UN AEROPONIKĀ

### CULTIVATION OF POTATO TUBERS IN CLIMATE-CONTROLLED CONDITIONS IN DIFFERENT SUBSTRATES AND AIROPONICS

Anta Sparinska<sup>1</sup>, Līva Purmale<sup>1</sup>, Lidija Vojevoda<sup>2</sup>, Marija Gailīte<sup>3</sup>,  
Olivier Dal Zuffo<sup>4</sup>, Rafaels Joffe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bulduru Tehnikums, <sup>2</sup>AREI, <sup>3</sup>Latvijas Dārznieks, <sup>4</sup>ODZ SIA  
anta.sparinska@lbtu.lv

**Kopsavilkums.** Palielinoties pārtikas produkcijas patēriņam un vienlaikus rūpējoties par dabas saglabāšanu, kā arī pielāgojoties klimata pārmaiņām, efektīvas ražošanas metodes kļūst par ikdienas nepieciešamību. Kartupeļi ir vieni no pasaulē visvairāk audzētajiem kultūraugiem. Tomēr Eiropā vīrusbrīva kartupeļu sēklas materiāla ražošana atklātā laukā ir apgrūtināta straujās slimību izplatības dēļ. Bulduru Tehnikuma Biotehnoloģiju centrā un Agroresursu un ekonomikas institūta Stendes pētniecības centrā noris pētījums par kartupeļu sīkbumbuļu audzēšanu klimatkontrolētos apstākļos ar dažādām bezaugsnes tehnoloģijām – aeroponiku un hidroponiku ar trīs substrātu (kūdras, perlīta un vermikulīta) izmantošanu. Pētījumā audzēja divas kartupeļu šķirnes - 'Agrie Dzeltenie' un 'Frieslander'. Tika novērtēta kartupeļu ražību – bumbuļu skaits no auga un vidējā sīkbumbuļu masa. Dispersijas analīze apliecināja būtiskas atšķirības sīkbumbuļu ražībā dažādu izmantoto substrātu dēļ, vienlaikus norādot arī šķirņu atšķirības. Šķirnei 'Frieslander' vidējais izaudzēto sīkbumbuļu skaits būtiski mainās atkarībā no izmantotā substrāta. Aeroponika nodrošina augstāku ražu (25–40 sīkbumbuļi no stāda), salīdzinot ar šķirni 'Agrie Dzeltenie', kurai audzēšanas tehnoloģiju maiņa ražību būtiski neietekmēja, saglabājot 5–10 sīkbumbuļus no cera. Toties, audzējot aeroponikā, sīkbumbuļi ir mazāki. To ietekmē šīs tehnoloģijas iespēja novākt ražu vairākkārt augu augšanas laikā. Audzējot substrātā, sīkbumbuļi ir lielāki, bet to skaits ir mazāks. Uzlabojot aeroponikas tehnoloģiju, būs iespējams iegūt arī lielāka izmēra un daudzuma sīkbumbuļus. Klimatkontrolētos apstākļos audzēšanai var izmantot arī ziemas sezonu, tā piedāvājot alternatīvu metodi veselīga stādmateriāla iegūšanai. Iegūtie rezultāti sniedz ieguldījumu kartupeļu sīkbumbuļu audzēšanas metožu izpētē, norādot uz aeroponikas un substrātu izmantošanas iespējām un ierobežojumiem, kā arī to ietekmi uz ražas apjomu un minibumbuļu kvalitāti.

**Atslēgas vārdi:** kartupeļi, sīkbumbuļi, substrāti, aeroponika.

#### Ievads

Pieaugošais patēriņš pasaulē, klimata pārmaiņas un vides degradācija, kuru vēlas novērst ar izstrādātajām ES vadlīnijām "Augšnes un bioloģiskās daudzveidības stratēģija 2030. gadam", rosina pētīt, kā iegūt augstas dārzeņu ražas pēc iespējas mazākās platībās. Diemžēl arī audzēšana daļēji klimatkontrolētos apstākļos (siltumnīcās) neatrisina vides problēmas.

2021. gadā Eiropā kopējais kartupeļu ražas apjoms sasniedza 376 miljonus tonnu, savukārt kartupeļu kopējā tirgus vērtība bija 17,12 miljardi USD. Lielākās kartupeļu audzētājas pasaulē ir Ķīna, kas saražo 94 miljonus tonnu, bet Indija — 54 miljonus tonnu gadā. Kartupeļus audzē vairāk nekā 150 valstīs visā pasaulē (Nozaki, 2021). Kartupeļu uzturvielu kvalitāte veicina ikgadēju kopējās produkcijas pieaugumu (Mukhametov et al, 2023). ES un Latvijā kvalitatīva kartupeļu sēklas materiāla audzēšana uz lauka ir apgrūtināta, jo ir augsta kartupeļu vīrusu pārnēsēju (laputu – *Aphis* spp.) izplatība. Palielinot sīkbumbuļu audzēšanas apjomus, būtu iespējams samazināt lauka paaudžu skaitu, kas īpaši nozīmīgi ir šķirnēm, kuras ir ieņēmīgas pret vīrus slimībām. Vairākās valstīs (Dienvidamerikā, Āfrikā un Āzijā) ir ieviesta 3G stratēģija, kas ir vērsta uz pirmās sēklu paaudzes jeb sīkbumbuļu ražošanas apjomu palielināšanu (Dimante, 2022). Prognozes liecina, ka līdz 2030. gadam gandrīz pusi no saražotā sēklas materiāla audzēs ar mikroklonālās pavairošanas metodēm. Tādējādi ir jārod perspektīvas metodes šo kartupeļu sīkbumbuļu audzēšanai un sēklas materiāla ieguvei.

Visos kontinentos jau veiksmīgi darbojas automatizētas vertikālās fermas, kurās kultūraugus audzē daudzstāvu būvēs. Pirmās rentablās ražotnes audzēja salātus, baziliku un citus lapu dārzeņus. Tiem sekoja stādi, zemenes, avenes, tomāti, gurķi, paprika, sēnes. Šobrīd arvien lielāka uzmanība tiek pievērsta lauksaimniecības kultūrām. Klimatkontrolēto telpu – vertikālo fermu – priekšrocība ir arī iespēja audzēt augus un gūt ražu visu gadu, atšķirībā no ierastajiem lauka apstākļiem iegūstot 3, 4 un pat 6 ražas gadā atkarībā no izvēlēta kultūrauga (Devaux, 2021). Arī kūdras lietošanas ierobežojumi un

īso piegāžu ķēžu nepieciešamība mudina rast jaunus ražošanas modeļus. Latvijas Ministru kabineta 365. noteikumi nosaka, ka persona, kas audzē kartupeļus, katru gadu atjauno sēklas kartupeļus ar sertificētiem sēklas kartupeļiem vismaz 10% apmērā no apstādāmās platības. Audzējot kartupeļus *in vitro* un iegūstot sīkbumbuļus aerponiski, tiek maksimāli samazināts slimību izplatīšanās risks un kļūst pieejamāks augstvērtīgs kartupeļu pirmsbāzes sēklas materiāls. Provizoriski, aerponikā audzētiem kartupeļiem pagarinās ražas ieguves periods, bumbuļus novācot pakāpeniski, tādējādi palielinot ražību no audzējamās platības (Brocic et al., 2018). Iegūtie bumbuļi ir atbilstoši pirmsbāzes kategorijas standartam. NASA pētījumu rezultāti, kuru mērķis ir kartupeļu audzēšana kosmosā, pierāda klimatkontrolētās audzēšanas sistēmu potenciālu radīt vairāk sīkbumbuļu no viena auga, salīdzinot ar tradicionālajām pieejām (Liu, 2021).

Toties jāpievērš uzmanība tādiem faktoriem kā gaisa mitrums, gaismas kvantitāte un kvalitāte, gaisa plūsmas, barības šķīduma sastāvs, ūdens pilienu lielums un sprauslu izvietojums (Filho et al., 2020).

Pētījuma mērķis ir izpētīt un aprobēt kartupeļu sīkbumbuļu audzēšanas tehnoloģijas klimatkontrolētos apstākļos, izmantojot dažādas bezaugsnes tehnoloģijas (aerponiku un hidroponiku) ar trīs veidu substrātiem (kūdra, perlīts, vermikulīts).

### Materiāli un metodes

Bulduru Tehnikuma Biotehnoloģiju centrā un Agrolesursu un ekonomikas institūta Stendes pētniecības centrā noris pētījums par kartupeļu sīkbumbuļu audzēšanu klimatkontrolētos apstākļos ar dažādām bezaugsnes tehnoloģijām – aerponiku un hidroponiku ar dažādu substrātu (kūdras, perlīta un vermikulīta) izmantošanu. Tika audzētas divas kartupeļu šķirnes – ‘Agrie Dzeltene’ un ‘Frieslander’. Pētījuma mērķis ir kartupeļu sīkbumbuļu audzēšanas tehnoloģiju aprobācija lielākas ražas ieguvei. Audzējot pilnīgi kontrolētā, bezaugsnes vidē, it īpaši ziemas sezonā, nav iespējama kaitēkļu izplatība, tādējādi nav nepieciešams lietot pesticīdus.

Vīrusbrīvi kartupeļu jaunstādi tika audzēti Bulduru Biotehnoloģiju centra Augu audu kultūru laboratorijā. Mēnesi pirms izstādīšanas stādus pārlika uz apsākšanās barotnes. Pēc izņemšanas no mēģenēm stādus divas nedēļas aklimatizēja kastītēs ar perlītu. Otrajā nedēļā tika uzsākta barības šķīduma lietošana. Kad stādi sākuši augt, bet pirms parādījušās dalītas lapas, jaunstādus pārstāda aerponikas sistēmā, kā arī perlītā, vermikulītā klimatkontrolētās telpās un kūdras substrātā siltumnīcā. Aerponikā kartupeļus audzē 210 litru tvertnēs (1. att.). Stādus nostiprina vākā izurbtos caurumos ar poliuretāna masas stiprinājumiem. Vermikulītā, perlītā un kūdrā stādus audzē 11 litru konteineros. Gaisa temperatūra klimatkontrolētajās telpās dienā ir 22° C, naktī – 19° C. Fotoperiods ir 16 h, izņemot divas nedēļas – 30 dienas pēc stādīšanas īsā diena veido 10 h, lai intensīvāk sāktu veidoties sīkbumbuļi. Klimatkontrolētos apstākļos audzēja 20 stādus no šķirnes, siltumnīcā – 40 stādus. Laistīšana substrātā tika veikta divas reizes nedēļā, aerponikā – 4 sekunžu garumā ik pa 45 minūtēm. Barības šķīdumu aerponikā, perlītā un augošajiem kartupeļiem nodrošina katrā laistīšanas reizē.



1. att. Kartupeļu sīkbumbuļu audzēšana aerponikas sistēmās.

*Fig. 1. Cultivation of potato tubers in aeroponic systems.*

Siltumnīcā audzēto kartupeļu (2. att.) substrāts bija uzlabota kūdra. Katrā podā iestrādāja trihoderminu. Augšanas periodā mēsloja ar N-P-K 12-14-24. Ārpussakņu mēslošana tika veikta ar *Vito*

1 ml L<sup>-1</sup> trīs reizes līdz ziedēšanai. Automātiskā laistīšana norisinājās divas reizes dienā (no rīta plkst. 9.00 – 1 minūti; vakarā plkst. 18.00 – 1 minūti). Karstajos vasaras mēnešos papildus tika veikta laistīšana ar rokām. Siltumnīcā tika nodrošināts LED apgaismojums pirmajā augšanas mēnesī. Ražu visās sistēmās novāca brīdī, kad tika novērota augu dabiskā nodzeltēšana.



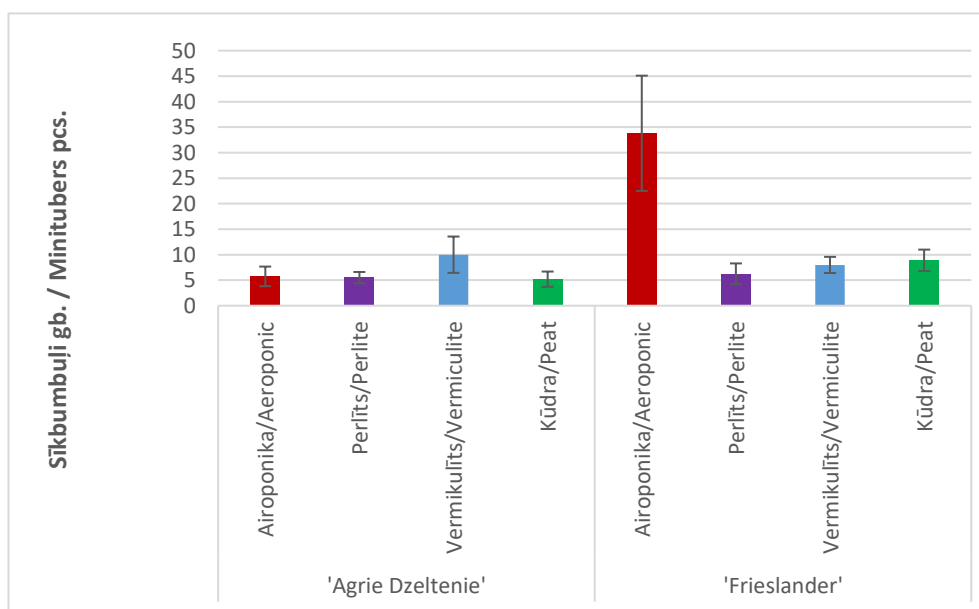
2. att. Kartupeļu audzēšana siltumnīcā.

*Fig. 2. Cultivation of potato tubers in the greenhouse.*

### Rezultāti un diskusijas

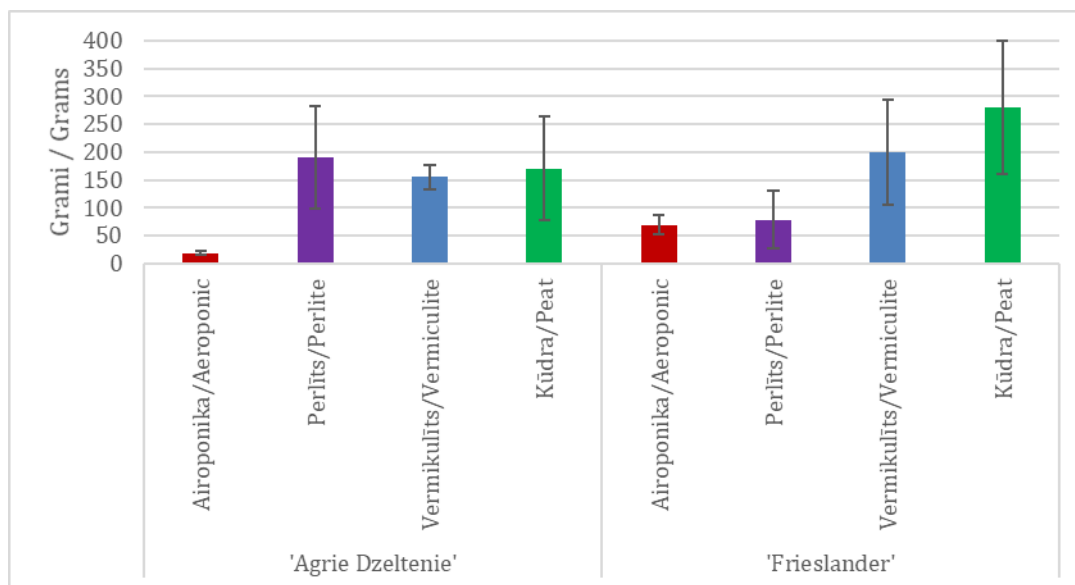
Šī pētījuma mērķis bija novērtēt substrāta veida un kartupeļu šķirnes ietekmi uz sīkbumbuļu ražošanu. Pētījumu veica, lai noskaidrotu, vai dažādi augšanas apstākļi radīs statistiski nozīmīgas sīkbumbuļu ražas izmaiņas. Šim nolūkam lietoja vienfaktora un divfaktora dispersijas analīzes, kā arī standarta novirzes. Vienvirziena dispersijas analīze ANOVA atklāja būtiskas atšķirības sīkbumbuļu ražībā dažādos izmantotajos substrātos ( $F = 35.020771$ ,  $p < 0.0001$ ). Vidējais izaudzēto sīkbumbuļu skaits būtiski mainās atkarībā no izmantotā substrāta. Tomēr šķirņu īpašības var ieviest korekcijas ( $F = 36.898611$ ,  $p < 0.00001$ ), jo ir šķirnes, kuras audzēšana gaisā nestimulē ražot vairāk sīkbumbuļu. Iespējams, ir nepieciešams cits fotoperiods vai koriģēta mēslošana, lai sasniegtu ražas palielinājumu (Dimante, 2014).

Šķirne ‘Frieslander’ ražoja vairāk sīkbumbuļu nekā ‘Agrie Dzeltenie’, tomēr ‘Agrie Dzeltenie’ uzrādīja mazāku sīkbumbuļu ražošanas mainīgumu dažādos substrātos (3. att.).



3. att. Sīkbumbuļu vidējais skaits kartupeļu šķirnēm ‘Agrie Dzeltenie’ un ‘Frieslander’ atkarībā no audzēšanas substrāta.

*Fig. 3. The average number of microtubers for potato varieties 'Agrie Dzeltenie' and 'Frieslander' depends on the growing substrate.*



4. att. Sīkbumbuļu vidējā masa kartupeļu šķirnēm 'Agrie Dzeltenie' un 'Frieslander' atkarībā no audzēšanas substrāta.

Fig. 4. The average weight of minitubers for potato varieties 'Agrie Dzeltenie' and 'Frieslander' depends on the growing substrate.

Sīkbumbuļu vidējās masas standarta novirze visā datu kopā ir aptuveni 18.05 gramu, kas apliecina faktu, ka bumbuļi bija atšķirīga lieluma. Iespējams, turpmākā izpēti gaitā vajadzētu tos grupēt pa frakcijām. Substrāta p-vērtība ir ievērojami mazāka par 0.05, kas norāda, ka starp dažādiem substrātiem pastāv statistiski nozīmīgas atšķirības starp sīkbumbuļu masu. Augstā standarta novirze norāda, ka sīkbumbuļu vidējā masa datu kopā ievērojami atšķiras (4. att.).

Dispersijas analīze norāda būtiskas atšķirības saistībā ar sīkbumbuļu vidējo masu atšķirīgos substrātos. 'Frieslander' šķirnei kūdrā un vermikulītā ir lielāka sīkbumbuļu vidējā masa, salīdzinot ar gaisā un perlītā audzētajiem, kamēr šķirnei 'Agrie Dzeltenie' viszemākā masa bija aeroponikā audzētajiem sīkbumbuļiem. Ņemot vērā, ka kartupeļu sēklaudzēšanas platības strauji samazinās, kaut patēriņš saglabājas, līdz 2030. gadam ir prognozēts straujš mikroklonāli pavairota sēklas materiāla pieaugums (Tunio, 2020), aktuāla ir sīkbumbuļu audzēšana ar klimatkontrolētās lauksaimniecības metodēm.

### Secinājumi

1. Aeroponikā audzētie kartupeļi nodrošina augstāku sīkbumbuļu skaitu no viena auga salīdzinājumā ar citām audzēšanas metodēm.
2. 'Frieslander' šķirne aeroponikā demonstrēja spēju radīt ievērojami vairāk sīkbumbuļu nekā 'Agrie Dzeltenie', kurai tehnoloģiju maiņa būtiski neietekmēja ražību.
3. Aeroponikā audzētie sīkbumbuļi ir mazāki, ko ietekmē šīs tehnoloģijas iespēja vairākkārt novākt ražu augu augšanas laikā. Audzējot substrātā, sīkbumbuļi ir lielāki, bet to skaits ir mazāks.

**Abstract.** As the demand for food products has increased, efficient production methods are supposed to become a daily necessity, at the same time taking care of nature conservation as well as adapting to the climate change. Potatoes are extensively cultivated worldwide. Nevertheless, cultivating virus-free potato seed material in open fields is challenging in Europe due to the rapid spread of diseases. The research is currently underway at the Biotechnology Center of Bulduru Technical University and the Stende Research Center of the Institute of Agro-Resources and Economics to investigate the cultivation of potato tubers using climate-controlled conditions and various soilless technologies, namely aeroponics and hydroponics. Three different substrates (peat, perlite and vermiculite) were utilized in this study. The study involved the cultivation of two potato cultivars 'Agrie Dzeltenie' and 'Frieslander'.

The assessment of potato production was conducted, specifically focusing on the tuber number per plant and the average weight of smaller tubers. The analysis of variance reveals substantial variations in tuber yield across the substrates, as well as changes in cultivars. The average yield of small tubers for the 'Frieslander' variety exhibits significant variation depending on the substrate employed. Aeroponics promises a greater harvest of 25-40 small tubers per plant in contrast to the 'Agrie Dzeltenie' variety, where the alteration in cultivation technology had no substantial impact, resulting in 5-10 small tubers per plant. However, when cultivated with aeroponics, the tubers exhibit a reduced size. This is affected by the potential of this technology to yield several harvests throughout the plant's growth cycle. When cultivated in the substrate, the tubers grow larger, but their quantity is reduced. Enhancing aeroponics technology will enable the acquisition of both larger and smaller tubers. Under controlled climatic circumstances, the winter season can be used for cultivation, providing an alternate approach to getting good planting material. The findings of the research contribute to the investigation of potato minituber cultivation techniques, highlighting the potential and constraints of employing aeroponics and substrates, and their influence on the yield quantity and minituber quality.

**Key words:** potato, tuber, substrate, aeroponic.

**Acknowledgement.** The study was conducted with funding from the Latvian Ministry of Agriculture and the Rural Support Service project titled "Production of healthy planting material and testing of innovative growing methods for crops, significant for the national economy", contract number 22-00-A01612-000011.

**Pateicība.** Pētījums tika veikts ar Latvijas Zemkopības ministrijas un Lauku atbalsta dienesta projekta "Veselīgu stādu materiālu ieguve un inovatīvu audzēšanas metožu izmēģinājumi tautsaimniecībā nozīmīgiem kultūraugiem" finansiālu atbalstu, līgums Nr. 22-00-A01612-000011.

#### Izmantotā literatūra

1. Brocic Z.M., Mirko Z.M., Dobrijević I.P. et al. (2018). Production of potato mini-tubers in the aeroponic growing system. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*. Vol.22, p. 49-52.
2. Devaux A., Goffart J.P., Kromann P. et al. (2021). The Potato of the future: Opportunities and Challenges in Sustainable Agri-food Systems. *Potato Res.* Vol.64, p 681-720.
3. Dimante I. (2022). Kartupeļu sīkbumbuļu audzēšanas efektivitātes paaugstināšanas iespēju izvērtējums. Promocijas darba kopsavilkums zinātnes doktora (Ph.D.) grāda iegūšanai lauksaimniecības un zivsaimniecības zinātnēs, mežzinātnēs. Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte. Jelgava. LBTU. 77 lpp.
4. Dimante I., Gaile Z. (2014). Potato Minitubers Technology – Its Development and Diversity: A Review. *Research for Rural Development*, Vol.1, p. 70-71.
5. Filho S., Fontes P.C.R., Cecon P.R. et al. (2020) Yield of Potato Minitubers under Aeroponics, Optimized for Nozzle Type and Spray Direction. *HortScience* Vol.55(1), p.14-22.
6. Liu Y., Xie G., Yang Q. et al. (2021) Biotechnological development of plants for space agriculture. *Nat Commun* Vol.12, p. 5998.
7. Mukhametov A., Shamekova M., Dautkanova D., Kazhymurat A. et al. (2023). Seed potato production regulatory framework established in top potato producing countries: Comparison of the GOST (Russia) and UNECE S-1 certification systems. *Journal of Agriculture and Food Research*. Vol. 11.
8. Tunio M.H., Gao J., Shaikh S.A., Lakhari I.A., et al. (2020). Potato production in aeroponics: An emerging food growing system in sustainable agriculture for food security. *Chilean Journal of Agricultural Research*, Vol. 80, p. 118-132.