

LATVIJAS BIOZINĀTŅU UN TEHNOLOĢIJU UNIVERSITĀTE
LAUKSAIMNIECĪBAS UN PĀRTIKAS TEHNOLOĢIJAS FAKULTĀTE

ŽAKLĪNA OZOLIŅA

**MIKROAĻĢU EKSTRAKTU IZMANTOŠANAS
EFEKTIVITĀTE UN EKONOMISKAIS PAMATOJUMS
MIKROZAĻUMU AUDZĒŠANĀ**

Zinātniskais darbs profesionālā bakalaura grāda un lauksaimnieciskās ražošanas
vadītāja kvalifikācijas ieguvei

Izpildītāja: Ž. Ozoliņa, LF20078
(paraksts, datums)

Zinātniskā vadītāja: I. Sivicka, lektore, Mg. agr.
(paraksts, datums)

Novērtējums:

Jelgava 2025

ANOTĀCIJA

Ozoliņa Ž. (2025). *Mikroaļģu ekstraktu izmantošanas efektivitāte un ekonomiskais pamatojums mikrozaļumu audzēšanā*: zinātniskais darbs profesionālā bakalaura grāda un lauksaimnieciskās ražošanas vadītāja kvalifikācijas ieguvei. Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte. Jelgava, LBTU. 32 lpp.

Darbs izstrādāts par mikrozaļumu audzēšanai Latvijā, audzēšanas procesā pielietojot mikroaļģu ekstraktus. Mērķis ir izpētīt mikroaļģu ekstraktu izmantošanas efektivitāti balto sinepju un eļļas rutku mikrozaļumu audzēšanā.

Pētījumā analizēta balto sinepju (*Sinapis alba* L.) un eļļas rutka (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg.) mikrozaļumu augšana un attīstība, izmantojot divus dažādus mikroaļģu – *Tetrademus obliquus* un *Graesiella emersonii* – ekstraktus 4% un 8% koncentrācijās. Rezultāti liecina, ka 4% koncentrācijas šķīdumi pozitīvi ietekmē augu attīstību un ražu, īpaši, izmantojot *T. obliquus* ekstraktu. Savukārt 8% koncentrācijas vairumā gadījumu nesniedza papildus ieguvumus un dažkārt pat kavēja augu augšanu, īpaši baltajām sinepēm. Kontroles variantā, kurā netika izmantoti mikroaļģu preparāti, novērota vismazākā raža. Pētījums apliecina, ka mikroaļģu pielietošana mikrozaļumu audzēšanā var būt efektīvs veids, kā uzlabot augu augšanu un produktivitāti, ja tiek ievērota piemērota koncentrācija.

Organoleptiskajā novērtējumā tika konstatēts, ka mikrozaļumi, kuru sēklas bija apstrādātas ar *T. obliquus* 4% šķīdumu, ieguva visaugstāko vidējo vērtējumu krāsas, tekstūras un garšas ziņā. Šis variants uzrādīja labākās sensorās īpašības salīdzinājumā ar citām testētajām mikroaļģu koncentrācijām. Augstākas koncentrācijas (8%) gan *T. obliquus*, gan *G. emersonii* gadījumā vairumā gadījumu nelabvēlīgi ietekmēja mikrozaļumu garšu un izskatu, norādot uz kvalitātes pasliktināšanos. Eļļas rutks tika novērtēts augstāk nekā baltās sinepes neatkarīgi no izmantotā mikroaļģu šķīduma. *G. emersonii* 4% šķīdums uzrādīja līdzvērtīgu rezultātu salīdzinājumā ar *T. obliquus* 4%, tomēr saglabāja labas sensorās īpašības. Savukārt *G. emersonii* 8% šķīdums eļļas rutkam uzrādīja viszemāko pēcgaršas vērtējumā visā novērtēto paraugu kopumā.

Ekonomiskā analīze parādīja, ka izdevīgākā mikrozaļumu audzēšanas kombinācija bija baltās sinepes ar *G. emersonii* vai *T. obliquus* 4% šķīdumu, kas nodrošināja labu ražu ar minimāliem papildus izdevumiem. Savukārt dārgākās bija eļļas rutka audzēšanas iespējas ar 8% mikroaļģu šķīdumiem, kas nelietderīgi palielināja izmaksas. Mikrozaļumu audzēšana telpās ar kontrolētu vidi ir ekonomiski perspektīva, īpaši, ja tiek nodrošināta sadarbība ar restorāniem, specializētajiem veikaliem un tiešsaistes tirdzniecību.

Izstrādājot pētījuma ekonomisko pamatojumu tiek izceltas mikrozaļumu audzēšanas priekšrocība, tostarp tās potenciāls ilgtspējīgai un ekoloģiskai lauksaimniecībai, kā arī tās pielietojuma iespējas pilsētvides lauksaimniecībā.

Darba pamatdaļa: 28

Tabulu skaits: 5

Attēlu un grafiku skaits: 10

Literatūras avotu skaits: 25

Pielikumu skaits: 1

SATURA RĀDĪTĀJS

IEVADS.....	4
1. LITERATŪRAS APSKATS	5
1.1. Mikrozaļumu audzēšanas aspekti un audzēšana mūsdienās	5
1.2. Mikrozaļumu uzturvērtība	6
1.3. Substrātu raksturojums	8
1.4. Sēklas materiāla sagatavošana	9
1.5. Audzēšanas tehnoloģijas.....	10
1.6. Optimāla mikroklimate radīšana	12
1.7. Mikroaļģu izmantošana.....	12
1.8. Mikrozaļumu ražas fasēšana, uzglabāšana un ražas realizācija	14
1.9. Mikrozaļumu cenas un ekonomiskā efektivitāte	15
1.10. Kopsavilkums.....	16
2. PĒTĪJUMA APSTĀKĻI UN METODIKA	17
2.1. Pētījuma apstākļi un izmēģinājuma varianti	17
2.2. Izmēģinājuma iekārtojums un pētījumā iekļauto sugu, šķirņu un substrāta raksturojums	19
2.3. Izmēģinājumā pielietotā agrotehnika un veikto novērojumu apraksts	20
3. PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA.....	21
3.1. Mikrozaļumu augšanas dinamika un pētījuma gaita	21
3.2. Balto sinepju un eļļas rutku mikrozaļumu garumi	21
3.3. Mikrozaļumu raža.....	22
3.4. Mikrozaļumu organoleptiskais novērtējums	23
3.5. Pētījuma ekonomiskais pamatojums	25
3.6. Rekomendācijas.....	26
SECINĀJUMI	27
SUMMARY.....	28
IZMANTOTĀ LITERATŪRA.....	29
PIELIKUMI.....	31

IEVADS

Bioloģisko produktu izmantošana mikrozaļumu audzēšanā nozīmē dabisku vielu vai līdzekļu pielietošanu, lai veicinātu augu augšanu. Mikrozaļumi ir pārtikā lietoti augi, kuri tiek audzēti no sēklām un realizēti, kad augiem ir attīstījušās dīgļlapas kopā ar pirmajām īstajām lapām un ir aptuveni 2.5 līdz 7.5 cm gari. Bioloģiskos produktus izmanto, lai uzlabotu dažādus audzēšanas aspektus, tostarp augsnes veselību, augu augšanu un vispārējo augu dzīvotspēju, kā arī lai ierobežotu kaitēkļus un slimību attīstību.

Bioloģiskie produkti palīdz stiprināt augus, padarot tos izturīgākus pret stresu, slimībām un kaitēkļiem. Šie produkti palīdz augiem efektīvāk piekļūt barības vielām un izmantot tās, tādējādi bieži vien nodrošinot labāku ražu.

Mikroaļģu ekstrakti ir bioaktīvi savienojumi, kas iegūti no mikroaļģēm - sīkiem fotosintezējošiem organismiem, kuri sastopami ūdens vidē. Šie ekstrakti ir bagāti ar dažādām uzturvielām, antioksidantiem, vitamīniem un olbaltumvielām, un tiem ir plašas izmantošanas iespējas dažādās nozarēs, tostarp pārtikas, kosmētikas un medicīnas nozarē. Dažas galvenās mikroaļģu sugas, ko parasti izmanto ekstrakcijai, ir *Arthrospira platensis*, *Chlorella vulgaris* un *Dunaliella salina*.

Darba izstrādē pētījums tika veikts ar balto sinepju un eļļas rutka sēklām, kuru pirmapstrāde tika veikta ūdenī (kontroles variants), *G. emersonii* 4% un 8% šķīdumos un *T. obliquus* 4% un 8% šķīdumos.

Bakalaura darba mērķis: izpētīt mikroaļģu ekstraktu izmantošanas efektivitāti balto sinepju un eļļas rutku mikrozaļumu audzēšanā.

Bakalaura darba uzdevumi:

- izpētīt sugas un mikroaļģu ekstrakta ietekmi uz mikrozaļumu ražu, tās paaugstināšanos;
- izpētīt sugas un mikroaļģu ekstrakta uz mikrozaļumu ražas kvalitāti;
- izstrādāt mikroaļģu ekstraktu izmantošanas ekonomisko pamatojumu mikrozaļumu audzēšanā.

Hipotēze: sēklas materiāla apstrāde ar mikroaļģu ekstraktiem būtiski ietekmē izaudzēto mikrozaļumu ražu un tās kvalitāti.

Novitāte: mikrozaļumi Latvijā un Eiropā kļūst aizvien populārāki no audzēšanas un produkcijas patēriņa viedokļa. Aļģes spēj sintezēt aktīvus organiskos savienojumus, kas varētu būt iesaistīti gan auga augšanā, gan stresa tolerancē. Tomēr precīzs šo produktu darbības mehānisms vēl nav izpētīts. Trūkst arī zināšanu par aļģu produktu efektivitāti dažādiem Latvijā audzētiem kultūraugiem, tai skaitā mikrozaļumiem, tāpēc pētījums būs kā ieguldījums visai dārzkopības nozarei.

Bakalaura darbs izstrādāts ZM ELFLA projekta ietvaros “Jaunu mikrobioloģisko preparātu izstrāde un pārbaude kultūraugu ražības paaugstināšanai” (projekta Nr. 22-00-A01612-000014).

Pētījuma rezultāti prezentēti LBTU LPTF Studentu zinātniskajā konferencē “Daudzveidīga lauksaimniecība” 2025. gada 16. aprīlī.

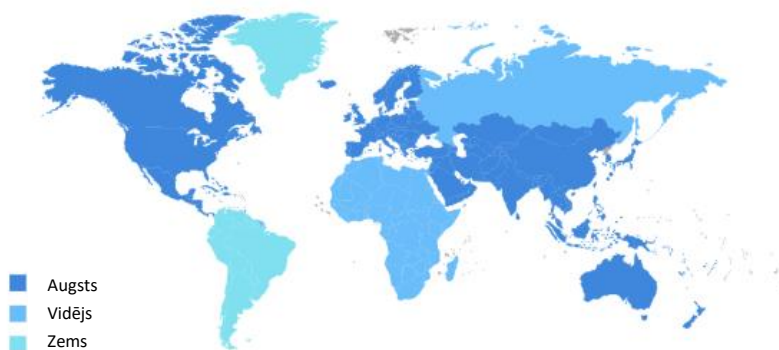
Darba izstrādē tika izmantots mākslīgais intelekts teksta rediģēšanai.

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Mikrozaļumu audzēšanas aspekti un audzēšana mūsdienās

Mikrozaļumu vēsture aizsākās jau senās lauksaimniecības praksēs. Lai gan senos laikos nelietoja īpašu terminu “mikrozaļumi”, līdzīgi augi, piemēram, kāposti, bija daļa no daudzu agrīno iedzīvotāju uztura. Ķīniešu medicīnā un senajās praksēs bieži tika uzsvērts jauno augu patēriņš, jo tie esot labvēlīgi veselībai, līdzīgi kā mūsdienās mikrozaļumus patērē, ņemot vērā to uzturvielu saturu (Ebert, 2013).

Pats termins “mikrozaļumi” tika popularizēts Amerikas Savienotajās Valstīs 20. gadsimta 80. gados, jo īpaši Kalifornijā, kur pavāri un veselīgi domājošas kopienas sāka atzīt un atbalstīt jauno, maigo zaļumu priekšrocības. Šefpavāri sāka izmantot mikrozaļumus, lai ēdieniem piešķirtu krāsu, garšu un tekstūru. To izmantošana kļuva saistīta ar augstākās klases kulinārajiem ēdieniem, bieži rotājot salātus, zupas un pamatēdienus (Singh et al., 2024). 1.1. attēlā attēlots mikrozaļumu audzēšanas īpatsvars pasaulē.



1.1. att. Mikrozaļumu audzēšanas īpatsvars pasaulē¹.

Pārdošanā piedāvātais mikrozaļumu sortiments ir ļoti plašs un piedāvātais sēklas materiāls atšķiras ar dīgtspēju, ķīmisko sastāvu un garšu. Garša, atkarībā no auga, variē no neitrālas līdz asai, neredz skābai, dažkārt rūgtai, kopumā tā ir ļoti spēcīga un koncentrēta (Allefretta et al., 2018). Šeit ir uzskaitītas dažas populārākas sugas, ko parasti audzē un lieto pārtikā:

- rukola (*Eruca sativa* (Miller) Thell.) ar piparainu (*peppery*), neredz rūgtu garšu, izmanto salātos, garnējumos, bagātīgi ar vitamīniem K, A un C;
- redīsi (*Raphanus sativus* L.) ar asu, piprānu (*peppery*) garšu, izmanto salātos, tako pagatavošanā, garnējumos, augsts C vitamīna un antioksidantu saturs;
- baziliks (*Ocimum basilicum* L.) ar saldu, neredz piparainu garšu, izmanto pesto pagatavošanā, salātos un kā garnējumu, bagātīgi ar A, K, C vitamīniem, dzelzi;
- koriandrs (*Coriandrum sativum* L.) ar svaigu, citrusīgu un neredz asu garšu, izmanto meksikāņu, indiešu un Āzijas ēdienos, bagāti ar C, K vitamīniem, antioksidantiem;
- sinepes (*Brassica juncea* (L.) Czern.) ar asu, pikantu garšu, izmanto salātos, burgeros, garnējumos, bagātīgi ar A, C, K vitamīniem;

¹ Global Microgreens Market: Market Trends. [Tiešsaiste] [skatīts 2025. gada 7. janvārī]. Pieejams: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/microgreens-market>

- saulespuķes (*Helianthus annuus* L.) ar riekstainu (*nutty*), nedaudz saldu garšu, izmanto salātos, smūtijos, bagātīgi ar A, B, D un E vitamīniem;
- dārza zirņi (*Pisum sativum* L.) ar saldu, nedaudz zāles (*grassy*) garšu, izmanto salātos, smūtijos, bagātīgi ar A, C, K vitamīniem, antioksidantiem;
- bietes (*Beta vulgaris* L.) ar nedaudz saldu, zemes (*earthy*) garšu, izmanto salātos, smūtijos, garnējumos, bagātīgi ar A, C, K vitamīniem un folijskābi.

Mikrozaļumus arvien vairāk pārdod Latvijas zemnieku tirdziņos un vietējos pārtikas veikalos, kur patērētāji meklē svaigu, vietēji ražotu un uzturvielām bagātu pārtiku. Daudzi no populārākajiem mikrozaļumu audzētājiem atrodas Rīgā vai tās apkārtnē. Kā vieni no ievērojamākajiem uzņēmumiem, kas specializējas šajā jomā ir SIA “Mikrozaļumi” – specializējas dažādu mikrozaļumu audzēšanā un ir apņēmušies ievērot ilgtspējīgas un bioloģiskas audzēšanas metodes. Viņi piedāvā svaigu mikrozaļumu piegādi mājās privātpersonām un uzņēmumiem Rīgā. Viņu piedāvājumā ir tādas populāras šķirnes kā redīsi (*Raphanus sativus* L.), zirņu dzinumi (*Pisum sativum* L.), saulespuķes (*Helianthus annuus* L.) un sinepes (*Brassica juncea* (L.) Czern). SIA “Greenery” ir Latvijā labi pazīstams uzņēmums, kas specializējas mikrozaļumu audzēšanā un izplatīšanā. Uzņēmums koncentrējas uz augstas kvalitātes, svaigu mikrozaļumu un citu ēdamo augu piegādi dažādām nozarēm, tostarp vietējiem patērētājiem, restorāniem un uzņēmumiem. ZS “Absolūts ēd” ir pārtikas uzņēmums Latvijā, kas koncentrējas uz svaigu, augstas kvalitātes un veselīgu pārtikas produktu, tostarp mikrozaļumu, ražošanu. Uzņēmuma mērķis ir veicināt veselīgu uzturu, piedāvājot patērētājiem pieejamus, uzturvielām bagātus, vietēji audzētus produktus. Uzņēmums “Daces Zaļumi” ieņem nozīmīgu vietu Latvijas lauksaimniecības ainavā, piedāvājot svaigus, uz vietas audzētus mikrozaļumus un garšaugus. Uzņēmums koncentrējas uz ilgtspēju, kvalitāti un svaigu produktu piegādi tieši patērētājiem un uzņēmumiem, tādējādi sniedzot vērtīgu ieguldījumu Latvijas veselīgas pārtikas kustībā.

1.2. Mikrozaļumu uzturvērtība

Mikrozaļumi ir jauni, ēdami augi, ko novāc agrīnā augšanas stadijā, kad parasti ir izaugušas pirmās īstās lapas. Neraugoties uz to mazo izmēru, mikrozaļumos ir koncentrēts liels daudzums uzturvielu, un tie ir veselībai labvēlīgi. Tie tiek uzskatīti par uzturvielām bagātiem pārtikas produktiem, jo tajos ir daudz vitamīnu, minerālvielu, antioksidantu un citu labvēlīgu savienojumu, ņemot vērā to lielumu. Dažādi mikrozaļumi nodrošina ļoti atšķirīgu četru vitamīnu daudzumu, bet neatkarīgi no tā tajos kopumā ir ievērojami augstāka šo elementu koncentrācija, salīdzinot ar nobriedušām to pašu augu sugu lapām (Chaudhari, 2023).

Vitamīni. Mikrozaļumos ir daudz svarīgu vitamīnu, jo īpaši to, kas veicina imūnsistēmas darbību, ādas veselību un enerģijas vielmaiņu.

C vitamīns: daudzos mikrozaļumos, īpaši krustziežu dārzeņos (piemēram, brokoļos un sinepēs), ir daudz C vitamīna - antioksidanta, kas palīdz stiprināt imūnsistēmu, veicina ādas veselību un novērš oksidatīvo stresu.

A vitamīns: mikrozaļumos, piemēram, burkānu, biešu un redīsu zaļumos, ir daudz beta-karotīna, ko organisms pārvērš A vitamīnā, kas ir svarīgs acu veselībai, ādai un imūnsistēmas darbībai.

K vitamīns: koriandrs, redīsi un saulespuķu mikrozaļumi ir lielisks K vitamīna avots, kas ir svarīgs pareizai asins recēšanai un kaulu veselībai.

E vitamīns: saulespuķu un zirņu dzinumi satur daudz E vitamīna, kas ir svarīgs taukos šķīstošs antioksidants, kurš palīdz aizsargāt šūnas no oksidatīviem bojājumiem.

Minerālvielas. Mikrozaļumi ir labs vairāku svarīgu minerālvielu avots, kas ir svarīgas dažādām organisma funkcijām, piemēram, kaulu veselībai, nervu darbībai un šķidruma līdzsvaram.

Dzelzs: tādi mikrozaļumi kā spināti un rukola ir labs dzelzs avots, kas ir svarīgs hemoglobīna ražošanai un palīdz novērst dzelzs deficīta anēmiju.

Kalcijs: daudzos mikrozaļumos, piemēram, sinepju zaļumos, redīsu zaļumos un brokoļos, ir kalcijs, kas nepieciešams stipriem kauliem un zobiem, kā arī muskuļu un nervu darbībai.

Magnijs: baziliks un koriandrs ir labs magnija avots, kas palīdz muskuļu darbībai, nervu pārvadīšanai un asinsspiediena regulēšanai.

Kālijs: mikrozaļumi, piemēram, zirņu dzinumi un saulespuķes, ir bagāti ar kāliju - minerālu, kas veicina sirds darbību, muskuļu darbību un šķidruma līdzsvaru.

Cinks: zirņu dzinumi un redīsu zaļumi nodrošina cinku, kas ir svarīga minerālviela imūnsistēmas darbībai, brūču dzīšanai un šūnu dalīšanai.

Antioksidanti. Mikrozaļumi ir īpaši pazīstami ar augstu antioksidantu saturu. Antioksidanti palīdz neitralizēt brīvos radikāļus organismā, aizsargājot šūnas no oksidatīvā stresa un samazinot hronisku slimību risku.

Flavonoīdi: mikrozaļumos, piemēram, sarkanajos kāpostos un brokoļos, ir augsts flavonoīdu saturs, kam piemīt pretiekaisuma, antioksidanta un pretvēža īpašības.

Fenolu savienojumi: mikrozaļumos ir fenola savienojumi (piemēram, sinepēs un redīsos), kas veicina to antioksidatīvo darbību un palīdz aizsargāt šūnas no bojājumiem.

Karotinoīdi: mikrozaļumi, piemēram, burkāni, bietes un baziliks, satur tādus karotinoīdus kā luteīns un zeaksantīns, kas ir svarīgi acu veselībai un darbojas kā spēcīgi antioksidanti.

Šķiedrvielas. Labs šķiedrvielu avots ir arī mikrozaļumi, īpaši tie, kuru lapas ir nedaudz lielākas, piemēram, zirņi un saulespuķes. Šķiedrvielas veicina gremošanu, palīdz regulēt cukura līmeni asinīs un nodrošina sāta sajūtu.

Šķīstošās šķiedrvielas: atrodamas mikrozaļumos, piemēram, zirņos un redīsos, palīdz samazināt holesterīna līmeni un regulēt cukura līmeni asinīs.

Nešķīstošās šķiedrvielas: atrodamas tādos mikrozaļumos kā rukola, veicina zarnu regularitāti un gremošanas sistēmas veselību.

Mikrozaļumos ir maz kaloriju, tāpēc tie ir ideāli piemēroti tiem, kas vēlas bagātināt uzturvielām bagātu uzturu, nepievienojot ievērojamu daudzumu kaloriju. Piemēram, tasītē mikrozaļumu parasti ir mazāk nekā 10-15 kaloriju (Sharma et al., 2022).

1.2. tabula

Biežāk sastopamo mikrozaļumu uzturvielu sadalījums 100 g svaiga produkta (Balik et al., 2025)

Mikrozaļums	C vit. (mg)	A vit. (µg RAE)	K vit. (µg)	Dzelzs (mg)	Kalcijs (mg)	Kālijs (mg)	Proteīns (g)	Šķiedrvielas (g)
Brokoļi	89	286	101	0.73	43	247	2.5	1.5
Redīsi	27	0	105	0.5	25	233	1.1	1.1

1.2. tabulas nobeigums

Mikrozaļums	C vit. (mg)	A vit. (µg RAE)	K vit. (µg)	Dzelzs (mg)	Kalcijs (mg)	Kālijs (mg)	Proteīns (g)	Šķiedrvielas (g)
Koriandrs	7.8	41	13	0.8	18	120	0.6	0.6
Zirņi	50	141	24	1.4	30	196	3.5	1.4
Saulespuķe	9.6	0	0	1	20	164	2	1
Sinepes	44	0	156	0.7	30	194	1.5	1.2
Baziliks	1.5	84	40	0.6	24	69	0.5	0.3
Bietes	35	72	106	0.5	25	228	1	1.3

Kopumā mikrozaļumi ir efektīvs, kompaktā veidā koncentrēts superprodukts, kas piedāvā plašu veselības ieguvumu klāstu, vienlaikus neprasot lielu kaloriju uzņemšanu. Tie ir īpaši vērtīgi mūsdienu uzturā, kur tiek meklēti uzturvērtīgi un funkcionāli pārtikas produkti nelielos daudzumos.

1.3. Substrātu raksturojums

Tā kā mikrozaļumu audzēšanas cikls ir ļoti īss, liela uzmanība ir jāpievērš substrāta izvēlei. Augstas un kvalitatīvas ražas iegūšanai piemērotākajiem audzēšanas materiālam ir jāsaņem sabalansētība starp gaisa un ūdens caurlaidību gan apūdeņošanās, gan augu audzēšanas laikā (Minh, Thuong, 2022). Mikrozaļumus parasti audzē seklos podiņos vai kastītēs, un tos var audzēt, izmantojot dažādus substrātus. Substrāta izvēle var ietekmēt augšanas ātrumu, ūdens aizturi, aerāciju un augu vispārējo veselību. Mikrozaļumiem nepieciešams substrāts, kas labi satur mitrumu, bet nepaliek pārmitrs. Augšanas substrātam jā satur pietiekami daudz ūdens, lai jaunie augi būtu mitrināti un neradītu sakņu puvi. Tādi substrāti kā kokosriekstu šķiedra un sūnu kūdra labi aiztur ūdeni, kas ir svarīgi, jo īsā augšanas ciklā mikrozaļumiem parasti nepieciešams daudz mitruma.

Līdztekus ūdens aizturēšanai mikrozaļumiem ļoti svarīga ir arī drenāža. Ūdens pārpalikums var izraisīt sakņu puvi un pelējuma veidošanos, tāpēc, lai novērstu šīs problēmas, substrātos jānodrošina pareiza drenāža. Augšanas substrātiem bieži pievieno perlītu un vermikulītu, jo drenāža novērš ūdens stāvēšanu substrātā ap saknēm, vienlaikus saglabājot augu mitrināšanu.

Laba aerācija nodrošina saknēm pietiekamu piekļuvi skābeklim, veicinot veselīgu sakņu augšanu. Tas ir īpaši svarīgi seklā dobē, kur augsnes sablīvēšanās var ierobežot gaisa apmaiņu. Tādi substrāti kā kūdra, kokosšķiedra, vermikulīts un perlīts nodrošina labu aerāciju, ļaujot saknēm brīvi izplesties un efektīvi uzņemt barības vielas. Daži substrāti, piemēram, minerālvates paklāji, ir veidoti tā, lai veicinātu lielisku gaisa cirkulāciju ap saknēm, kas palīdz novērst tādas problēmas kā sakņu aizdusīnāšanu.

Lai gan mikrozaļumus parasti audzē īsu laiku, tiem joprojām ir nepieciešams substrāts, kas nodrošina dažas pamata barības vielas veselīgai augšanai. Substrātam jāatbalsta stādu augšana, bet tam nevajadzētu būt pārāk bagātīgam ar barības vielām, jo mikrozaļumiem parasti nav nepieciešams daudz papildu barības vielu. Bieži izmanto kokosriekstu šķiedru un sūnu kūdras, jo tajās ir maz barības vielu, bet tās lieliski saglabā mitrumu. Dažos substrātos, piemēram, podiņu maisījumos vai augsnes substrātos, dažkārt pievieno organiskos mēslošanas

līdzekļus, lai papildus palielinātu barības vielu daudzumu, lai gan mikrozaļumiem tas ir retāk sastopams, jo tie var būt jutīgi pret pārmērīgu mēslošanu.

Augšanas vides pH līmenis ietekmē barības vielu pieejamību augiem. Lielākā daļa mikrozaļumu dod priekšroku viegli skābam vai neitrālam pH diapazonam (aptuveni 6.0-7.0). Sūnu kūdras substrāts parasti ir ar dabiski skābu pH, savukārt perlīts un vermikulīts ir neitrālāki. Kokosriekstu šķiedras substrātam pH līmenis arī ir tuvu neitrālam. Lai nodrošinātu optimālu augšanu, ir svarīgi uzraudzīt un regulēt pH.

Tā kā mikrozaļumi aug ātri un tuvu viens otram, tie ir pakļauti sēnīšu un baktēriju slimībām. Tīrs un sterils substrāts palīdz samazināt inficēšanās risku. Daudzi komerciālie substrāti, piemēram, minerālvates paklāji vai kokosriekstu šķiedra, pirms pārdošanas tiek sterilizēti, tādējādi samazinot patogēnu risku. Tādi substrāti kā minerālvates paklāji vai akmens vate ir piemēroti mikrozaļumu audzēšanai, jo tie ir gatavi lietošanai un pēc augšanas cikla tos var izmest vai kompostēt. Bieži vien priekšroka tiek dota bezaugsnes substrātiem, jo tajos ir mazāka kaitēkļu vai slimību pārnēsāšanas iespēja salīdzinājumā ar augsnes substrātiem.

Mikrozaļumus parasti audzē seklās paplātēs, un substrātam jābūt viegli apstrādājamam. Tam nevajadzētu kļūt pārāk kompaktam, tam vajadzētu būt vieglam un gaisīgam, un lai ar to būtu viegli strādāt. Kokosriekstu šķiedra ir populāra, jo tā ir viegla, viegli lietojama un pēc mikrozaļumu novākšanas to var izmantot atkārtoti vai kompostēt (Dubey et al., 2024).

1.4. Sēklas materiāla sagatavošana

Sēklas materiāla sagatavošana mikrozaļumiem ir būtisks solis, lai nodrošinātu optimālu augšanu, veselīgus augus un veiksmīgu ražu. Tā kā mikrozaļumus audzē ātri, pareiza sēklu sagatavošana var būtiski ietekmēt dīgjspēju, augu vitalitāti un kopējo ražas kvalitāti.

Sēklu mērcēšana. Sēklu mērcēšana palīdz paātrināt dīgšanu, jo mīkstina sēklu apvalku, ļaujot ūdenim iekļūt un stimulēt iekšējos fermentus, kas iedarbina augšanas procesu. Tas var arī palīdzēt likvidēt neaktīvās sēklas, kas var neizdīgt. Mērcēšanas ilgums ir atkarīgs no sēklu veida, piemēram, sīkas sēklas (piemēram, bazilika, sinepju, rukolas un kreses) – 4-6 stundas vai uz nakti, lielākas sēklas (piemēram, saulespuķu, zirņu, pupiņu) – 8-12 stundas vai līdz pat diennaktij. Izmantotajam ūdenim jābūt istabas temperatūrā (aptuveni 20 °C).

Sēklu skalošana. Pēc mērcēšanas sēklas ir svarīgi izskalot, lai no tām atbrīvotos no jebkādiem gružiem vai piemaisījumiem, kā arī iespējamām ķīmiskām vielām (piemēram, fungicīdiem), kas var būt uz sēklām.

Apstrāde pirms sēšanas. Dažām mikrozaļajām sēklām, jo īpaši sēklām ar cietu čaumalu (piemēram, saulespuķu vai zirņu), var būt lietderīga skarifikācija. Skarifikācija ietver vieglu skrāpēšanu vai sēklu apvalka ieskrāpēšanu, lai palīdzētu ūdenim iekļūt un paātrinātu dīgšanu. To var izdarīt, izmantojot smilšpapīra vīli vai berzējot sēklas starp divām cietām virsmām.

Sēklu inokulēšana. Daži audzētāji izvēlas inokulēt sēklas ar labvēlīgiem mikroorganismiem, piemēram, mikorizas sēnēm vai labvēlīgām baktērijām, lai veicinātu veselīgu sakņu attīstību un novērstu slimības. Tas ir īpaši izdevīgi lielākos apjomos.

Pareiza stādīšanas blīvuma izvēle. Atšķirībā no tradicionālajiem kultūraugiem mikrozaļumus audzē blīvi ievietojot seklā paplātē, lai maksimāli palielinātu platību un ražību. Kad sēklas ir sagatavotas, tās jāstāda blīvi, nodrošinot, ka katrai sēklai ir pietiekami daudz vietas augšanai, bet tās nav pārblīvētas (Nolan, 2018).

Sēklu veselības pārbaude. Pirms mērcēšanas un stādīšanas jāpārbauda sēklu dzīvotspēja, lai pārlicinātos par sēklu dīgtspēju. Dažas sēklas var pārnēsāt slimību ierosinātājus, jo īpaši, ja tās nav pareizi apstrādātas vai uzglabātas. Pirms sēklu mērcēšanas vienmēr ir labi pārbaudīt, vai sēklas nav bojājumu, krāsas maiņas vai pelējuma pazīmju. Pareizi sagatavojot sēklu materiālu, tiek nodrošināts, ka mikrozaļumiem būs vislabākās iespējas dīgt un augt ātri, lai iegūtu pēc iespējas labāku ražu.

1.5. Audzēšanas tehnoloģijas

Mikrozaļumu audzēšanai galvenokārt tiek izmantota hidroponika vai vertikālā audzēšanā. Gan pasaulē, gan Latvijā pieaug pieprasījums pēc ilgtspējīgākas, pieejamākas un uzturvielām bagātākas pārtikas, jo īpaši pilsētvidē, reģionos, kur ir ierobežoti zemes resursi lauksaimniecības augu audzēšanai un ir liela patērētāju koncentrācija (Zeipiņa, Lepse, 2023).

Pēc audzēšanas rādītājiem, 2023. gadā Ziemeļamerika sastādīja lielāko daļu mikrozaļumu tirgus. Lielākā daļa mikrozaļumu tiek audzēti kontrolētā vidē lauksaimniecības uzņēmumos. 2023. gada martā Britu Kolumbijā tika atvērta Kanādā pirmā vertikālā saimniecība, kurā izmanto bezskārienu tehnoloģiju no sējas līdz ražas novākšanai².

Optimāla mikroklimata nodrošināšana un audzēšanas tehnoloģijas. Nozīmīga loma augstas kvalitātes ražas iegūšanai ir kvalitatīva, sertificēta sēklas materiāla izvēle. Sēklas kvalitāti nosaka šādas īpašības:

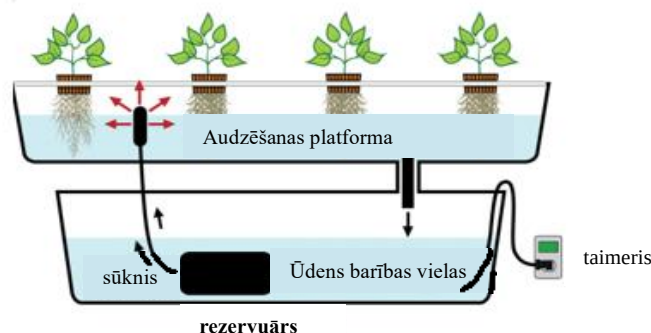
1. sēklu dīgtspēja, kas ir attiecība starp iesēto sēklu skaitu un izdīgušo sēklu skaitu;
2. dīgšanas enerģija – norāda uz to, cik ilgā laika posmā izdīgst konkrētais sēklas materiāls;
3. dzīvotspēja;
4. izlīdzinātība – tiek izvērtēts, vai sēklas ir vienāda izmēra, kas vēlāk nodrošina vienmērīgu sējuma attīstību;
5. rupjums – 1000 sēklu svars gramos;
6. mitrums;
7. tīrība no nezāļu un citu sēklu piejaukumiem (Nečajeva, 2015).

Latvijā atbildīgā iestāde, kas uzrauga sēklu sertifikāciju un apriti, ir Valsts augu aizsardzības dienests (VAAD).

Audzēšana augsnē: mikrozaļumus bieži audzē audzēšanas tarās ar barības vielām bagātu augsni. Šī metode ir vienkārša un pieejama iesācējiem, un tā ļauj augiem attīstīt savu dabisko sakņu sistēmu.

Hidroponika: hidroponikas sistēmās mikrozaļumus audzē barības šķīdumā ar vai bez substrāta. Augu saknēm tiek piegādāts minerālvielu šķīdums, kuru tie izmanto augšanai. Tiek nodrošināts mākslīgais apgaismojums un temperatūras režīms. Šo metodi bieži izmanto komerciāla mēroga ražošanā, jo tā ir efektīva un ļauj audzēt kultūraugus ar minimālu platību (Singh et al., 2024).

² *Global Microgreens Market: Market Trends*. [Tiešsaiste] [skatīts 2025. gada 7. janvārī]. Pieejams: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/microgreens-market>



1.3. Audzēšana ar hidroponikas metodi³.

Audzēšana telpās un vertikālā audzēšana: tā kā telpa ir ierobežota un pilsētvidē kļūst arvien izplatītāka, arvien populārākas kļūst vertikālās audzēšanas un iekštelpu audzēšanas sistēmas mikrozaļumu audzēšanai. Šīs metodes optimizē telpu un nodrošina audzēšanu visa gada garumā, bieži vien izmantojot mākslīgo apgaismojumu, piemēram, LED audzēšanas gaismu.



1.4. Vertikālā audzēšana⁴.

Ilgtspēja: mikrozaļumi ir pazīstami ar to nelielo ietekmi uz vidi. Salīdzinot ar lielākiem kultūraugiem, tie prasa minimālu platību, ūdeni un resursus, tāpēc tie ir lielisks risinājums ilgtspējīgai pilsētu lauksaimniecībai.

Energoefektivitāte: energoefektivitāte: iekštelpās vai vertikālās saimniecībās, pateicoties LED apgaismojumam un kontrolētai videi, mikrozaļumus var audzēt visu gadu.

Zema oglekļa dioksīda emisijas ietekme: vietējā mikrozaļumu audzēšana samazina vajadzību pēc transportēšanas, tādējādi samazinot ar pārtikas ražošanu saistīto oglekļa dioksīda emisijas nospiedumu.

³ *Hidroponikas sistēma.* [Tiešsaiste] [skatīts 2025. gada 7. janvārī]. Pieejams: <https://hidroponika.co.rs/proizvod/ebb-i-flow-fitting-kit/>

⁴ *Vertikālās audzēšanas sistēma.* [Tiešsaiste] [skatīts 2025. gada 7. janvārī]. Pieejams: <https://capitalcurrent.ca/microgreens-trend-is-sprouting-but-the-tiny-vegetables-wont-solve-the-food-crisis/>

1.6. Optimāla mikroklimata radīšana

Optimāla mikroklimata radīšana mikrozaļumiem ir būtiska, lai nodrošinātu veselīgu, ātru un kvalitatīvu augšanu. Mikroklimats nozīmē īpašus vides apstākļus audzēšanas telpā, kas ietver temperatūru, mitrumu, gaismu un gaisa plūsmu. Piemēram, pētījumā izmantoto sugu mikroklimata prasības redzamas 1.5. tabulā.

1.5. tabula

**Mikrozaļumu dīgšanas un audzēšanas temperatūra atkarībā no sugas
(Ebert, 2015)**

Kultūraugs	Dīgšanas temperatūra, °C	Audzēšanas temperatūra, °C
Baltās sinepes	10-12	18-25
Elļas rutks	10-15	16-22

Tā kā mikrozaļumiem ir īpašas augšanas prasības, pareiza mikroklimata uzturēšana var ievērojami uzlabot ražas un kultūraugu uzturvērtību. Ieteicamie parametri:

- temperatūra: uzturēt temperatūru no 18 °C līdz 24 °C;
- mitrums: augšanas laikā uzturēt mitrumu 50-70%, dīgšanas laikā - līdz 80-90%;
- apgaismojums: nodrošināt mērenu apgaismojumu (12-16 stundas dienā), izmantojot dabisko saules gaismu vai pilna spektra LED apgaismojumu;
- gaisa plūsma: nodrošiniet pareizu ventilāciju, lai novērstu mitruma uzkrāšanos un nodrošinātu CO₂ apmaiņu;
- laistīšana: regulāri laistīt, lai substrāts būtu mitrs, bet izvairīties no pārslaistīšanas;
- substrāts: optimālai augšanai izvēlēties labi drenējošu, mitrumu saglabājošu un sterilu substrātu;
- audzēšanas substrāta pH: uzturēt neitrālu vai viegli skābu pH (6.0-7.0);
- paplātes dziļums: sekli paliktņi, lai nodrošinātu labāku aerāciju un sakņu veselību.

1.7. Mikroaļģu izmantošana

Mikroaļģu preparātus aizvien biežāk izmanto lauksaimniecībā, jo tie sniedz daudz priekšrocību augu augšanai, augsnes veselībai un kaitēkļu apkarošanai. Mikroaļģes ir vienkāršas organismi, kas ir bagāti ar barības vielām, augšanu veicinošām vielām un bioloģiski aktīviem savienojumiem. Tās var izmantot dažādos veidos, piemēram, kā šķīdros ekstraktus, pulverus vai kaltētas formas, un tās var iestrādāt augsnē, apūdeņošanas sistēmās vai izsmidzināt uz kultūraugiem (Zhang, 2024).

Auglības uzlabošana un augsnes veselība. Mikroaļģes ir bagātas ar būtiskām barības vielām, piemēram, slāpekli, fosforu, kāliju un mikroelementiem, piemēram, dzelzi, cinku un magniju. Tās satur arī organiskās vielas un augšanas hormonus, kas veicina augsnes veselību un auglību. Mikroaļģes var pievienot augsnei, lai palielinātu barības vielu saturu augsnē. Aļģu preparātus var lietot tieši augsnē vai sajaukt ar organisko kompostu, lai uzlabotu augsnes struktūru, ūdens aizturi un mikrobu aktivitāti. Galvenie ieguvumi ir palielināta augsnes auglība, uzlabota mikrobu daudzveidība, labāka ūdens aizture un augu barības vielu pieejamība (Razzak et al., 2024).

Augu augšanas veicināšana. Mikroaļģes ražo bioaktīvus savienojumus, piemēram, augsīnus, citokinīnus un giberelīnus, kas ir augu hormoni, kuri stimulē sakņu augšanu, dzinumu pagarināšanos un vispārējo augu augšanu. Uz aļģu bāzes veidotos biostimulantus lieto uz sēklām, saknēm vai kā lapotnes aerosolus, lai veicinātu agrīnu augu augšanu, sekmētu sakņu attīstību un paātrinātu sēklu dīgšanu. Galvenie ieguvumi ir uzlabota dīgtspēja, ātrāka stādu augšana, uzlabota sakņu sistēmas attīstība un kopumā veselīgāki augi (Stirk et al., 2013).

Stresa tolerance un rezistence pret slimībām. Mikroaļģes var palīdzēt augiem pārvarēt tādas abiotiskus stresa faktorus kā sausums, sāļums, ekstremālas temperatūras un smago metālu piesārņojums. Tās arī palielina augu izturību pret noteiktiem patogēniem. Mikroaļģu preparātus var lietot kā lapotnes aerosolus vai augsnes papildinājumus, lai rosinātu augos stresa tolerances mehānismus. Galvenie ieguvumi ir palielināta augu noturība pret vides stresu, mazāka uzņēmība pret slimībām un kaitēkļiem un labāka kultūraugu produktivitāte sarežģītos apstākļos (Vangenechten et al., 2025).

Uzlabota fotosintēzes efektivitāte. Daži mikroaļģu preparāti satur savienojumu, kas uzlabo augu fotosintēzes efektivitāti. Šie savienojumi var stimulēt hlorofila veidošanos un uzlabot gaismas absorbciju. Mikroaļģu preparātu laistīšana uz lapām vai augsnē var uzlabot fotosintēzes aktivitāti, tādējādi uzlabojot enerģijas pārveidi un augu augšanu. Galvenie ieguvumi ir palielināts augu augšanas ātrums, augstāka raža un uzlabota produktivitāte, jo īpaši nepietiekamas gaismas apstākļos (Vangenechten et al., 2023).

Akvakultūra un hidroponika. Mikroaļģes ir būtiska barības vielu cikla sastāvdaļa akvaponikas un hidroponikas sistēmās, nodrošinot barības vielas augiem un kalpojot par barības avotu ūdens organismiem. Aļģu preparātus var iekļaut hidroponikas sistēmās, lai uzlabotu augu augšanu, kā arī nodrošinātu zivju un citu ūdens organismu barošanu. Galvenās priekšrocības ir uzlabota barības vielu aprīte, uzlabota augu augšana bezaugsnes sistēmās un uzlabota zivju veselība.

***Graesiella emersonii*.** Mikroaļģe, kas pieder pie *Chlorophyta* dzimtas, kas ietver zaļās aļģes. Šīs aļģes pazīstamas ar spēju radīt augstas kvalitātes bioaktīvās vielas un piedāvā plašas iespējas izmantot tās dažādās nozarēs, piemēram, pārtikas ražošanā, lauksaimniecībā, farmācijā un vides attīrīšanā. Tā ir mikroskopiska aļģe, kas parasti sastopama ūdenī, kur tai ir raksturīga sferiska vai ovāla forma, zaļa krāsa. Ar to spēju ražot bioaktīvas vielas, piemēram, olbaltumvielas, lipīdus, ogļhidrātus un antioksidantus, izmantojamās, lai uzlabotu mikrozaļumu audzēšanu, nodrošinot papildus barības vielas (Mostafa, 2024). Tās ir daudzsoļos mikroaļģu veids, kas piedāvā plašas iespējas dažādās nozarēs.

***Tetrademus obliquus*.** Viena no visvairāk pētītajām zaļajām mikroaļģēm (*Chlorophyta* dzimta) un plaši pielietota dažādās nozarēs, tostarp lauksaimniecībā, vides biotehnoloģijās un biomasas ražošanā. Sēklu mērcēšana šo mikroaļģu šķīdumā stimulē sēklu dīgšanu un augu attīstību. Tās spēj uzlabot mikrozaļumu izskatu, krāsu un garšu, kā arī palielina antioksidantu saturu. Daudzfunkcionāla mikroaļģe, kas apvieno augstu bioloģisko vērtību ar pielietojuma elastību (Gonzalez, 2022). Tās izmantošana mikrozaļumu audzēšanā ir ekoloģiski ilgtspējīga un potenciāli uzlabo augu kvalitāti, vienlaikus saglabājot zemas izmaksas.

Tomēr ar visiem ieguvumiem un priekšrocībām, ko sniedz mikroaļģu izmantošanu lauksaimniecībā – tai ir arī mīnusi. Mikroaļģu kultivēšana plaša mēroga lauksaimnieciskām vajadzībām var būt dārga, jo rodas audzēšanas, novākšanas un pārstrādes izmaksas. Šo preparātu efektivitāte var atšķirties atkarībā no kultūraugu veida un vides apstākļiem, un ir vajadzīgi papildu pētījumi, lai optimizētu to izmantošanu dažādās lauksaimniecības sistēmās.

1.8. Mikrozaļumu ražas fasēšana, uzglabāšana un ražas realizācija

Attiecībā uz mikrozaļumu iepakojšanu, uzglabāšanu un tirdzniecību, šie aspekti ir ļoti svarīgi, lai saglabātu kvalitāti, pagarinātu glabāšanas termiņu un nodrošinātu, ka produkts patērētājus sasniedz pēc iespējas labākā stāvoklī. Mikrozaļumi ir maigi un ātri bojājas, tāpēc iepakojšanai jānodrošina to aizsardzība pārkraušanas un transportēšanas laikā.

Lai saglabātu mikrozaļumus neskartus, jāizmanto seklas plastmasas paplātes, vairākkārtēji attaisāmus/aizveramus traukus vai kompostējamu iepakojumu. Šiem traukiem jābūt ar nelieliem ventilācijas caurumiem, lai nodrošinātu gaisa plūsmu, novēršot kondensāta veidošanos un pelējuma veidošanos. Daudzi audzētāji izvēlas bioloģiski noārdāmus vai kompostējamus iepakojumus, piemēram, bioplastmasas paplātes vai kartona kastes, jo patērētājiem arvien svarīgāka kļūst ilgtspēja. Dažos gadījumos mikrozaļumus iesaiņo pārtikas produktiem drošā plastmasas plēvē vai perforētā plastmasā, lai saglabātu mitruma līmeni, vienlaikus nodrošinot gaisa plūsmu.

Zemāk redzamajā 1.6. tabulā redzamas audzēšanas īpatnības pētījumā izmantotajām sugām.

1.6. tabula

Mikrozaļumu audzēšanas īpatnības atkarībā no sugas (Enssle, 2020)

Kultūraugs	Sēklas pirmapstrāde	Dīgšana, dienās	Augšana, dienās	Ražas novākšana, dienās
Baltās sinepes	6-12 h mērcēšana	2-3	7-10	9-13
Elļas rutks	6-12 h mērcēšana	3-5	7-10	7-10

Iegūstot mikrozaļumu ražu, augi tiek nogriezti zem dīgļlapām, kopā ar pirmajām īstajām lapām, atkarībā no sugas, ražu ir iespējams iegūt 7 līdz 21 dienu laikā pēc sējas. To dzīves cikls ir ļoti īss – pēc nogriešanas augi ir derīgi vien tikai 1 līdz 2 dienas, ja netiek uzglabāti atbilstošā, noslēgtā iepakojumā (Enssle, 2020).

Ja mikrozaļumi tiek realizēti grieztā veidā, tad tos pēc nogriešanas nepieciešams nomazgāt, lai atbrīvotos no liekajām augsnes daļiņām, baktērijām un patērētājam garantētu tīru produktu, taču tajā pašā laikā paaugstinātais mitrums var radīt papildus kaitējumus produkcijai attīstot dažādas citas augu slimības, tādēļ nomazgātie augi, iespēju robežās ir jānožāvē. Ja produkcija nav tikusi piesārņota ar augsnes daļiņām, mazgāšanu var neveikt, tas arī pasargā augus no mehāniskajiem bojājumiem (Buchanan et al., 2020).

Lai gan mitrums no ārējās vides novērš iztvaikošanu, tajā pašā laikā tas stimulē dažādu mikroorganismu attīstību, tādēļ dažkārt mikrozaļumi tiek iepakoti slēgtos iepakojumos ar vāciņiem (Zagory, Kader, 1988).

Optimāli uzglabāšanas apstākļi. Lai palēninātu noārdīšanās procesu un saglabātu barības vielas un garšu, mikrozaļumi jāuzglabā vēsā vidē (no 2 °C līdz 4 °C). Lai saglabātu mikrozaļumus svaigus, ir svarīgi tos uzglabāt ledusskapī.

Lai novērstu lapu izžūšanu vai nokalšanu, ir svarīgi uzturēt atbilstošu mitruma līmeni (aptuveni 85-95%). Iepakojums ar ventilācijas caurumiem palīdz regulēt mitruma līmeni, un dažkārt mitrinātājus izmanto saldētavās, lai uzturētu ideālu mitruma līmeni (Sharma et al., 2023).

Mikrozaļumu uzglabāšanas laiks atšķiras atkarībā no šķirnes, bet lielākā daļa mikrozaļumu, pareizi uzglabājot ledusskapī, kalpo 5-10 dienas. Tādas šķirnes kā saulespuķu un zirņu dzinumi parasti kalpo ilgāk nekā maigākas šķirnes, piemēram, redīsi vai sinepes.

Mitruma pārpalikums uzglabāšanas traukos var izraisīt pelējuma veidošanos, tāpēc ir svarīgi uzglabāt mikrozaļumus sausā, labi vēdināmā telpā. Izmantojiet iepakojumu, kas nodrošina gaisa cirkulāciju, piemēram, perforētus plastmasas maisiņus.

Pareizi iepakojot, uzglabājot un tirgojot mikrozaļumus, var pagarināt to uzglabāšanas laiku, saglabāt kvalitāti un sasniegt plašāku klientu loku, nodrošinot veiksmīgu un ilgtspējīgu uzņēmējdarbību.

1.9. Mikrozaļumu cenas un ekonomiskā efektivitāte

Mikrozaļumu cenas pasaulē un Latvijā ievērojami atšķiras atkarībā no veida, kvalitātes, iepakojuma un tirdzniecības kanāliem, piemēram, ASV mikrozaļumu cenas svārstās no 3-50 \$ par mārciņu (aptuveni 0.45 kg). Vidējā cena ir aptuveni 2-30 \$ par mārciņu⁵. Latvijā cenas var būt zemākas nekā pasaules tirgū, lielākoties tās svārstās mikrozaļumu audzēšanas aprikojuma dēļ. 1.7. tabulā redzams salīdzinājums ar populārāko mikrozaļumu cenām pasaulē un Latvijā.

1.7. tabula

Mikrozaļumu cenas Latvijā un pasaulē

Mikrozaļumu veids	Cena pasaulē (USD kg ⁻¹)	Cena Latvijā (EUR kg ⁻¹)
Brokoļi	11-15	10-15
Redīsi	14-20	12-18
Saulespuķes	35-40	30-35
Burkāni	8-10	7-9
Amarants	25-40	20-30

Pasaules tirgū cenas ir plaši svārstīgas un atkarīgas no veida, kvalitātes un pieprasījuma. Latvijā cenas var būt zemākas, taču tās joprojām ir atkarīgas no vairākiem faktoriem – audzēšanas metodes, piegādes ķēdes. Saulespuķu un amaranta cenu atšķirība no citiem tabulā apskatītajiem mikrozaļumiem, pamatojama ar audzēšanas specifiku (sēklu cenas ir augstākas, garāks audzēšanas cikls, lielāka nosliece uz pelējumu, neievērojot optimālus apstākļus), paaugstināta uzturvērtība, pasaulē un Latvijā saules puķu un amaranta mikrozaļumi tiek uzskatīti par augstākās kvalitātes.

Mikrozaļumu audzēšanas ekonomiskā efektivitāte. Mikrozaļumu audzēšanas ekonomiskā efektivitāte ir viena no tās lielākajām priekšrocībām salīdzinājumā ar tradicionālā dārzeņu audzēšanu. Mikrozaļumi aizņem maz vietas, aug ātri un tiem ir augsta tirgus vērtība. Tie ir novācami 7-14 dienu laikā, kas ļauj iegūt vairākas ražas mēnesī, salīdzinot ar tradicionāliem dārzeņiem. Tas nozīmē ātru naudas plūsmu un iespēju ātrāk atgūt ieguldījumus. To pārdošanas cena ir 7-30 EUR kg⁻¹ robežās, atkarībā no veida, iepakojuma un tirgus. Sēklu, substrāta, elektrības un ūdens izmaksas uz vienu trauciņu bieži ir zem 1 EUR, turklāt audzējot mikrozaļumus ir iespējams atkārtoti izmantot audzēšanas traukus un izmantot LED

⁵ Mikrozaļumu cenas. [Tiešsaiste] [skatīts 2025. gada 20. martā]. Pieejams: <https://totalgardener.com/microgreens-price-list/>

apgaisojumu ar zemu patēriņu. Mazs telpas patēriņš, jo mikrozaļumus ir iespējams audzēt vertikāli, piemēram, uz plauktiem, kas ievērojami palielina ražošanas intensitāti uz kvadrātmētru. Populāri veselīga dzīvesveida piekritēju, restorānu un pārtikas piegādātāju vidū, kas nodrošina pastāvīgu patērētāju loku.

Mikrozaļumu audzēšana ir ekonomiski efektīva, pateicoties to īsajam augšanas ciklam, zemām sākotnējām izmaksām un augstai tirgus cenai. Īpaši pateicīga nodarbošanās mazajiem ražotājiem un pilsētvides lauksaimniekiem. Ieguldījumi šajā sfērā atmaksājas salīdzinoši ātri un ražošanu iespējas pakāpeniski paplašinās.

1.10. Kopsavilkums

Mikrozaļumu vēsture aizsākās jau senās lauksaimniecības praksēs. Pats termins “mikrozaļumi” tika popularizēts Amerikas Savienotajās Valstīs 20. gadsimta 80. gados, īpaši Kalifornijā, kur pavāri un veselīgi domājošas kopienas sāka atzīt un atbalstīt jauno zaļumu priekšrocības, izmantojot tos, lai ēdieniem piešķirtu krāsu, garšu un tekstūru. Mikrozaļumi tiek audzēti izmantojot ilgtspējīgas un bioloģiskas metodes, īpaši izmantojot substrātus, kas palīdz nodrošināt optimālu mitrumu un aerāciju, kas ir būtiski to veselīgai augšanai. Populārākie mikrozaļumi Latvijā ir redīsi, zirņu dzinumi, saulespuķes un sinepes. Dažādi mikrozaļumi nodrošina ļoti atšķirīgu vitamīnu daudzumu, bet neatkarīgi no tā tajos kopumā ir augstāka barības elementu koncentrācija, salīdzinot ar nobriedušām to pašu augu sugu lapām.

Sēklas materiāla sagatavošana mikrozaļumiem ir būtisks solis, lai nodrošinātu optimālu augšanu, veselīgus augus un veiksmīgu ražu. Tā kā mikrozaļumus audzē ātri, pareiza sēklu sagatavošana var būtiski ietekmēt dīgtspēju, augu vitalitāti un kopējo ražas kvalitāti.

Optimāla mikroklimata radīšana mikrozaļumiem ir būtiska, lai nodrošinātu veselīgu, ātru un kvalitatīvu augšanu. Mikroklimats nozīmē īpašus vides apstākļus audzēšanas telpā, kas ietver temperatūru, mitrumu, gaismu un gaisa plūsmu. Tā kā mikrozaļumiem ir īpašas augšanas prasības, pareiza mikroklimata uzturēšana var ievērojami uzlabot ražas un kultūraugu uzturvērtību.

Mikroaļģes ir bagātas ar barības vielām, augšanas veicinošām vielām un bioaktīviem savienojumiem, kas var būt izdevīgi mikrozaļumu audzēšanā. Mikroaļģes uzlabo augšnes auglību, veicina sakņu attīstību, uzlabo augu stresa toleranci un palīdz palielināt augu izturību pret slimībām. Mikroaļģu preparāti, piemēram, *G. emersonii* un *T. obliquus*, tiek izmantoti, lai uzlabotu mikrozaļumu augšanu un kvalitāti. Šie preparāti veicina augu augšanu, palielina to antioksidantu saturu un uzlabo to izskatu un garšu. Mikroaļģu priekšrocības izmantojot tās mikrozaļumu audzēšanā – auglības uzlabošana, augu augšanas veicināšana, stresa tolerance, uzlabota fotosintēzes efektivitāte.

Mikrozaļumu audzēšana ir ekonomiski izdevīga, jo tie aizņem maz vietas, aug ātri, un to pārdošanas cena ir salīdzinoši augsta. Mikrozaļumu audzēšanas cikls ilgst tikai 7-14 dienas, ļaujot audzēt vairākas ražas mēnesī. Tas nozīmē, ka ieguldījumi tiek ātri atgūti. Audzēšana ir īpaši izdevīga mazajiem ražotājiem, jo tā neprasa lielas investīcijas un var notikt arī pilsētvidē. Mikrozaļumi var tikt audzēti vertikāli, kas palielina ražošanas intensitāti uz kvadrātmētru, ņemot vērā to īso audzēšanas ciklu un augsto tirgus vērtību, ir ekonomiski efektīva un ilgtspējīga izvēle. Mikroaļģu izmantošana mikrozaļumu audzēšanā sniedz papildus priekšrocības, uzlabojot augu kvalitāti, augšanu un izturību pret slimībām, tādējādi veicinot efektīvāku un videi draudzīgāku ražošanu.

2. PĒTĪJUMA APSTĀKĻI UN METODIKA

2.1. Pētījuma apstākļi un izmēģinājuma varianti

Pētījumu veiks 2025. gada martā – aprīlī Latvijas Dabaszinātņu un tehnoloģiju universitātes Augsnes un augu zinātņu institūta Dārzkopības un biškopības laboratorijā.

Pētāmie objekti:

- baltās sinepes (*Sinapis alba* L.) un eļļas rutks (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg.).

Pētāmie faktori:

- A: ūdens-spirta ekstrakta veids
 - A₁ pagatavots no *G. emersonii*;
 - A₂ pagatavots no *T. obliquus*.
- B: ekstrakta koncentrācija
 - B₁ – 4%;
 - B₂ – 8%.

Pētījumu iekārtoja randomizēti klimata kamerā, vismaz divos atkārtojumos (dažādi sēšanas laiki) (skat. 2.1. att.).



2.1. att. Pa kreisi – klimata kameras uzstādījumi, pa labi – pētījuma izkārtojums klimata kamerā.

12 stundas pirms sēšanas veica sēklu pirmapstrādi – mērcēšanu konkrētās koncentrācijas barības šķīdumā, kā arī kontroles variants, kur sēklas mērcētas dzeramajā ūdenī bez piedevām. Sēklas tiks sētas trauciņos ar neitralizētas kūdras substrātu (skat. 2.2. att.).



2.2. att. Pa kreisi – sēklu pirmapstrāde, pa vidu – eļļas rutku sēšana kūdras substrātā, pa labi – balto sinepju sēšana kūdras substrātā.

Audzēšanas laikā, pamatojoties uz zinātniskās publikācijas datiem, mikroklimata kamerā 24-36 stundas nodrošināja tumsas periodu, tad turpmākajā audzēšanas dienās sējeņus apgaismo. Tā kā abu sugu mikrozaļumus audzēja kopā vienā klimata kamerā, nodrošināja 20-22 °C, kā arī optimālo gaisa mitrumu robežās no 40 līdz 60%.

Mikrozaļumiem novērtēja augšanas un attīstības dinamiku, veica mikrozaļumu ražas uzskaiti un organoleptisko novērtējumu, izstrādāja ekonomisko pamatojumu.

Mikrozaļumi tika novākti attīstības stadijā, kad tiem bija attīstījušās dīgļlapas kopā ar pirmajām īstajām lapām. Optimālais mikrozaļumu novākšanas garums ir aptuveni 7.5 cm (WSDA, 2014), bet ražu novāca līdz 12 cm garumam.

Ražas novākšanai izmantoja šķēres, kuras pirms katra atkārtojuma nogriešanas tika dezinficētas, lai garantētu organoleptiskā novērtējuma datu precizitāti un samazinātu risku pārnest dažādas augu slimības no viena atkārtojuma trauciņa uz otru un nogrieztās ražas svēršanai digitālie svāri ar 0.1 g precizitāti.

Ražas novākšanas darba gaita:

1. nosvērta substrāta masa kopā ar mikrozaļumu ražu;
2. ar sterilām šķērēm, vienādā augstumā, aptuveni 1 cm augstu no substrāta līnijas, tika nogriezti mikrozaļumi;
3. izmērīts mikrozaļumu garums – ar lineāla palīdzību, mērījumi veikti augiem atrodoties substrātā. Augstums mērīts no substrāta virsmas līdz augu galotnēm vizuāli garākajiem un īsākajiem augiem, vēlāk aprēķinātas vidējās vērtības;
4. nosvērta raža.

Organoleptiskais novērtējums veikts mikrozaļumu krāsas, garšas, pēcgaršas aromāta un vizuālā izskata atšķirības pēc 5 ballu skalas. Lai iegūtie dati būtu precīzāki, testā jāpiedalās vismaz 5 cilvēkiem.

Datu matemātiskajai analīzei izmantota datorprogramma Microsoft Excel. Dati tika apstrādāti ar darbarīka *Data Analysis* funkciju *Anova: Two-Factor With Replications* palīdzību un rezultāti attēloti tabulās un grafikos.

2.2. Izmēģinājuma iekārtojums un pētījumā iekļauto sugu, šķirņu un substrāta raksturojums

Mikrozaļumu audzēšanas atkārtojumos tika izmantotas baltās sinepes un eļļas rutks. Kā substrāts tika izmantota neitralizēta kūdra.

Baltās sinepes (*Sinapis alba* L.). Viengadīgs augs no krustziežu dzimtas (*Brassicaceae*), kas tiek audzēts galvenokārt sinepju sēklu ieguvei. Šīs sēklas izmanto gan kā garšvielu, gan sinepju mērču ražošanā, kā arī dziedniecībā un lopbarībā. Ir zināms, ka *Brassicaceae* dzimta ir bagāta ar antioksidantiem, fenoliem, vitamīniem, minerālvielām un citām fitoķīmiskām vielām, piemēram, glikozinolātiem ar pretiekaisuma un pretkancerogēnu iedarbību (Bell, 2017). Balto sinepju mikrozaļumi satur A, C, K vitamīnus, folijskābi, kalciju, dzelzi. Mikrozaļumiem piemīt pretsēnīšu un antibakteriālās īpašības. Garša ir maiga ar nelielu pikantumu.

Eļļas rutks (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg.). Eļļas ražošanai audzēta rutka šķirne, kas pieder pie kāpostu dzimtas (*Brassicaceae*). Tas ir īpaši audzēts eļļas iegūšanai no sēklām, un to bieži izmanto gan lauksaimniecībā, gan bioloģiskajā lauksaimniecībā. Šī šķirne ir pazīstama arī ar savu spēju augt dažādos apstākļos un tiek audzēta gan lielos laukos, gan mazos dārzos. Eļļas rutkus iespējams audzēt arī kā mikrozaļumus. Tie ir bagāti ar A, B, C, E un K vitamīniem, satur antioksidantus, kalciju, dzelzi, magniju. Eļļas rutku mikrozaļumi veicina gremošanu un imunitāti. Tiem ir spēcīga, piparota garša, kas ir līdzīga redīsiem vai sinepēm.

Neitralizētas kūdras substrāts. Neitralizētas kūdras substrāts ir kūdra, kurai ir pievienoti noteikti kaļķojamie materiāli, piemēram, kaļķis vai dolomīta milti, lai normalizētu tās pH līmeni līdz apmēram 6.0-7.0 (neitrāla līdz viegli sārmaina reakcija). Tas ļauj izmantot kūdras substrātu plašākam augu klāstam.

1. atkārtojums tika ierīkots 2025. gada 11. martā, raža novākta 18. martā. Savukārt 2. atkārtojums tika ierīkots 2025. gada 25. martā, raža novākta 2. aprīlī (skat. 2.3. att.).

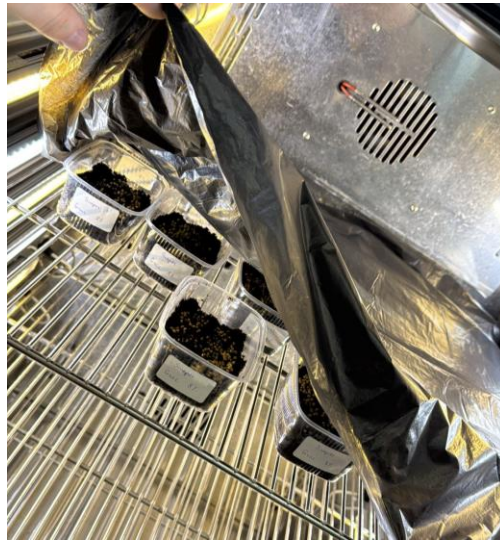


2.3. att. Pa kreisi – 1. atkārtojuma raža pirms novākšanas, pa labi – 2. atkārtojuma raža pirms novākšanas.

2.3. Izmēģinājumā pielietotā agrotehnika un veikto novērojumu apraksts

Iepriekš apskatītajā literatūrā ir minēts, ka sēklu ātrākai attīstībai, pirms sējas tās ir nepieciešams mērcēt – baltās sinepes 6-12 h un eļļas rutkus 6-12 h (Enssle, 2020). Pētījumā gan balto sinepju, gan eļļas rutku sēklas tika mērcētas gan ūdenī, gan aļģu koncentrātos aptuveni 12 h.

Mikrozaļumi tika audzēti caurspīdīgos plastmasas trauciņos. Katrā trauciņā tika ievietots Laflora KKS-1 kūdras substrāts, kas tika samitrināts. Datu precizitātei, katrā audzēšanas trauciņā tika iesēts noteikts skaits sēklu – 200 balto sinepju sēklas un 250 eļļas rutku sēklas. Sēklas netika noklātas ar substrātu, tāpēc pāri tika pārlikta melna plēve, kas pirmajās augu attīstības dienās neļauj piekļūt gaismai (skat. 2.4. att.).



2.4. att. Tumsas perioda nodrošināšana.

Pirms sēšanas substrāts tika samitrināts, mikrozaļumi augšanas laikā, atrodoties klimata kamerā, tika smidzināti, uzturot mitrumu 40-60 % robežā.

Optimāla temperatūra balto sinepju mikrozaļumu audzēšanai ir +18 - +25 °C, bet eļļas rutkiem +16 - +22 °C (Ebert, 2015). Vidējā gaisa temperatūra pētījuma laikā bija +20 - +22 °C. Temperatūras svārstības netika novērotas, tādēļ var apgalvot, ka temperatūra nav ietekmējusi esošos rezultātus.

3. PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA

3.1. Mikrozaļumu augšanas dinamika un pētījuma gaita

Mikrozaļumu attīstības gaita novērtēta vizuāli, abu augu dīgtspēja visos variantos un atkārtojumos bija 90 - 100% robežās. Otrajā dienā pēc sēšanas sēklām bija parādījušies mazi asni. Gan baltajām sinepēm, gan eļļas rutkiem nevarēja novērot būtiskas atšķirības asnu attīstībā. Apskatītajā literatūrā minēts, ka abu augu mikrozaļumu sēklu dīgšanas ilgums ir 2-3 un 3-5 dienas. Var secināt, ka augu attīstība atkārtojumos atbilst literatūras datus minētajai informācijai. Mikrozaļumu dīgšanas un augšanas temperatūras, kā arī audzēšanas īpatnības salīdzināja ar literatūrā apskatītajiem datiem (Ebert, 2015 un Enssle, 2020).

Balto sinepju un eļļas rutku mikrozaļumu raža tika novākta 8. dienā pēc sējas (1. atkārtojums) un 9. dienā pēc sējas (2. atkārtojums). Ražu novāca, kad abām sugām bija izveidojušās dīgļlapas kopā ar pirmajām īstajām lapām. Apskatītajā literatūrā minēts, ka balto sinepju mikrozaļumu ražu ir iespējams sagaidīt 9.-13. dienā pēc sējas, taču eļļas rutkiem 7.-10. dienā pēc sējas (Enssle, 2020). Var secināt, ka augu attīstība atkārtojumos atbilst izmantotās literatūras datus minētajai informācijai.

3.2. Balto sinepju un eļļas rutku mikrozaļumu garumi

Kvalitatīvas mikrozaļumu ražas ieguvei, viens no svarīgākajiem nosacījumiem ir augu garums – tie nevar būt pārāk gari vai pārāk īsi. 3.1. tabulā ir attēloti balto sinepju un eļļas rutku vidējie garumi atkarībā no sēklu pirmapstrādē izmantotā šķīduma koncentrācijas.

3.1. tabula

Mikrozaļumu vidējais garums, cm

	Baltās sinepes	Eļļas rutks
Kontrole	8.18	9.71
<i>G. emersonii</i> 4%	8.54	9.87
<i>T. obliquus</i> 4%	8.47	10.02
<i>G. emersonii</i> 8%	8.14	8.90
<i>T. obliquus</i> 8%	8.13	10.08

Mikroaļģu ekstraktu ietekme uz augu garumu ir pozitīva – gan baltajām sinepēm, gan eļļas rutkiem vairumā gadījumu novērojams garuma pieaugums salīdzinājumā ar kontroli.

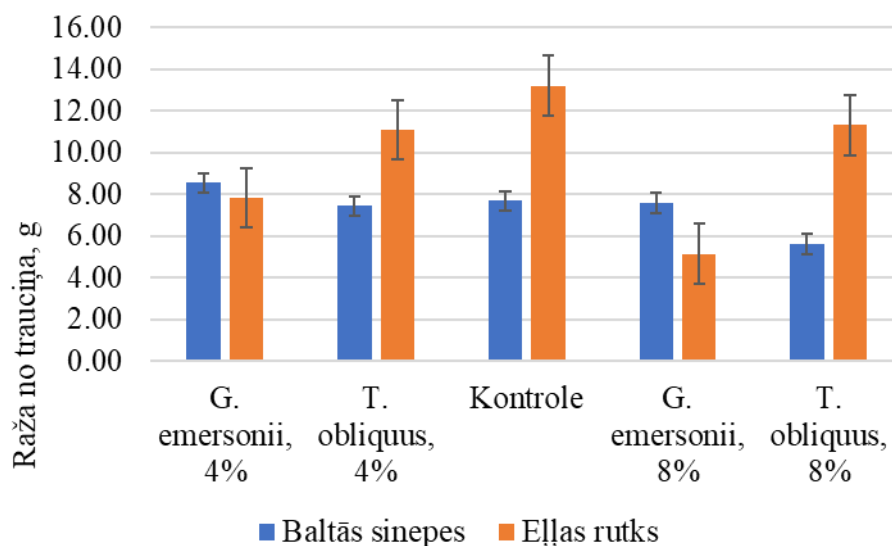
Baltās sinepes. Garākais vidējais garums (8.54 cm) tika novērots, izmantojot *G. emersonii* 4% šķīdumu, kas norāda uz šīs koncentrācijas stimulējošu ietekmi uz augšanu. Augstāka koncentrācija (8%) šajā gadījumā nesniedza papildus ieguvumu – garums bija pat nedaudz mazāks nekā kontrolei, kas var liecināt par iespējamu nelabvēlīgu ietekmi pie augstākām koncentrācijām.

Eļļas rutks. Vislielākais vidējais garums (10.08 cm) tika novērots ar *T. obliquus* 8% šķīdumu, kas nozīmē, ka šī mikroaļģe rutkam iedarbojusies visefektīvāk arī pie augstās koncentrācijas. Vienlaikus *G. emersonii* 8% šķīdums samazināja eļļas rutku garumu salīdzinājumā ar 4% koncentrāciju, līdzīgi kā tas bija novērots baltajām sinepēm.

Eļļas rutks visos gadījumos bija garāks nekā baltās sinepes, neatkarīgi no šķīduma veida un koncentrācijas, kas apliecina šīs sugas augšanas potenciālu mikrozaļumu audzēšanā. Kopumā var secināt, kas mikroaļģu ekstrakti pozitīvi ietekmē mikrozaļumu augšanu, bet efektivitāte var būt atkarīga no augu sugas un izmantotās koncentrācijas. Pārāk augsta koncentrācija ne vienmēr nodrošina labākus rezultātus, un dažos gadījumos var pat samazināt kvalitāti vai augšanas parametrus.

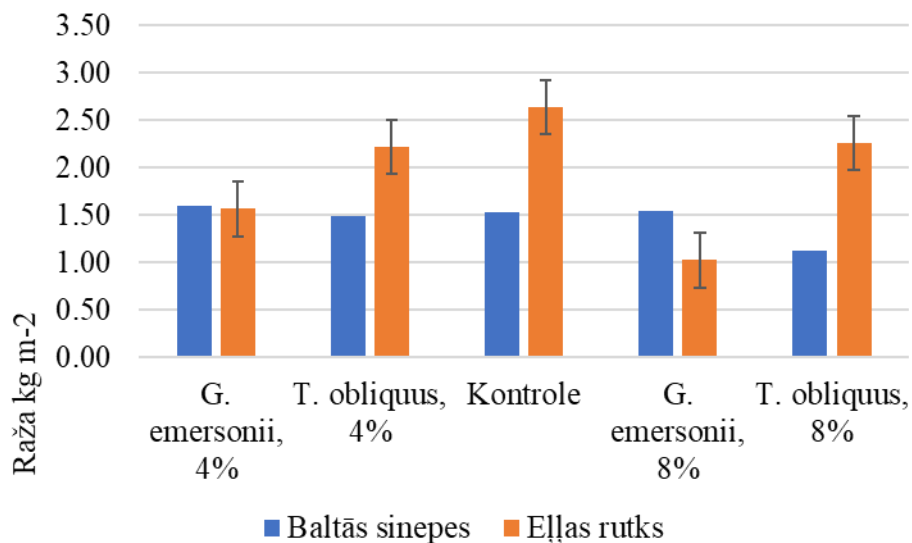
3.3. Mikrozaļumu raža

Balto sinepju mikrozaļumu iegūšanai sēklas tika sētas noteiktā skaitā – 200 sēklas katrā trauciņā. Eļļas rutku mikrozaļumu iegūšanai sēklas tika sētas noteiktā skaitā – 250 sēklas katrā trauciņā. 3.2. attēlā redzama vidējā balto sinepju un eļļas rutku mikrozaļumu vidējā tīrā masa gramos, atkarībā no izmantotā šķīduma sēklu mērcēšanai.



3.2. att. Mikrozaļumu vidējās raža, g no trauciņa.

Aprēķinot iespējamo kastīšu skaitu uz 1 m² un aprēķinot to ar vidējo iegūto ražu no vienas kastītes, iespējams prognozēt aptuveni ražu no 1 m² (skat. 3.3. att.).



3.3. att. Mikrozaļumu vidējā raža, kg m⁻².

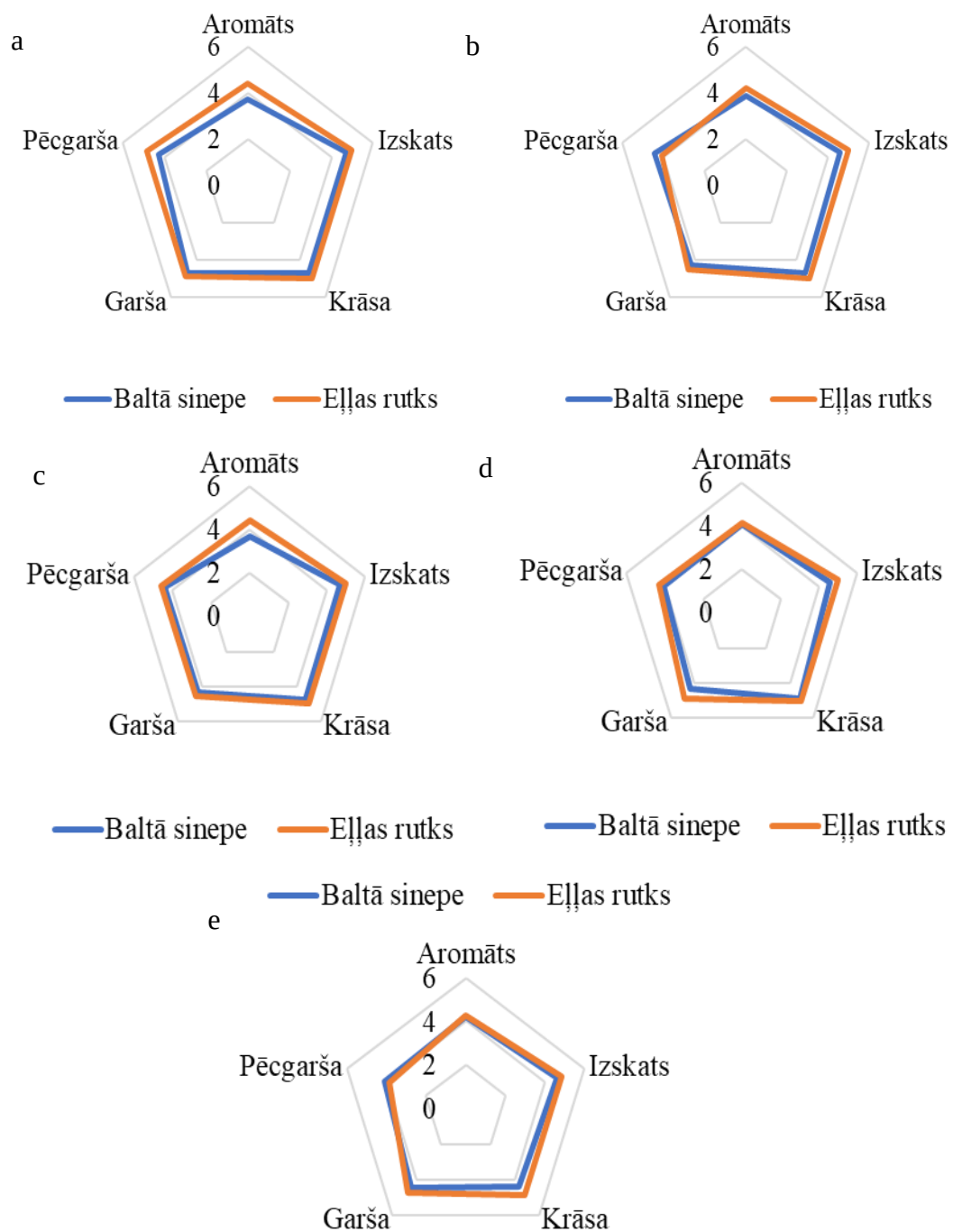
Eļļas rutks uzrādīja lielāko vidējo ražu nekā baltās sinepes neatkarīgi no izmantotā ekstrakta veida un koncentrācijas. Tas apstiprina literatūrā minēto, ka eļļas rutkiem ir augstāks augšanas potenciāls mikrozaļumu stadijā.

T. obliquus mikroaļģu ekstrakta 4% koncentrācijā uzrādīja pozitīvu ietekmi uz abu sugu mikrozaļumu ražu, salīdzinot ar kontroli (ūdeni bez ekstrakta). Šajā variantā iegūtā raža bija augstāka, kas liecina par labvēlīgu biostimulējošu iedarbību uz augu attīstību. *G. emersonii* ekstrakta lietošana 8% koncentrācijā vairumā gadījumu nepalielināja ražu, un dažos gadījumos to pat nedaudz samazināja, īpaši baltajām sinepēm. Tas norāda, ka pārāk augsta koncentrācija var kavēt augu attīstību vai izraisīt stresu. Kontroles variants uzrādīja zemāko ražu, salīdzinot ar mikroaļģu ekstraktiem, kas apliecina šo bioloģiski aktīvo vielu potenciālu ražas uzlabošanā mikrozaļumu audzēšanā.

Ražas rezultāti atkārtojumu griezumā bija līdzīgi, kas norāda uz eksperimenta ticamību un atkārtojamību. Mikroklimats un audzēšanas apstākļi bija vienmērīgi nodrošināti. Neitralizētā kūdra kā substrāts nodrošināja labvēlīgu vidi mikrozaļumu attīstībai, jo tās pH līmenis bija atbilstošs izvēlēto sugu prasībām.

3.4. Mikrozaļumu organoleptiskais novērtējums

Pēc mikrozaļumu ražas novākšanas tika veikts organoleptiskais novērtējums, kurā tika noteikta gan balto sinepju, gan eļļas rutku krāsa, garša, pēcgarša, aromāta un vizuālā izskata atšķirības. Lai iegūtie dati būtu precīzāki, testā piedalījās 8 cilvēki. 3.4. attēlā attēloti balto sinepju un eļļas rutku organoleptiskā novērtējuma dati.



3.4. att. Organoleptisko īpašību novērtējums balto sinepju un eļļas rutku mikrozaļumiem (a – kontrole, b – *T. obliquus* 4%, c – *T. obliquus* 8%, d – *G. emersonii* 4%, e – *G. emersonii* 8%)

Organoleptiskais novērtējums tika iedalīts 5 ballēs, kur 1 ir viszemākais vērtējums, bet 5 visaugstākais.

Pēc 3.5. attēlā redzamajiem datiem var secināt, ka sēklas, kas mērcētas *T. obliquus* un *G. emersonii* šķīdumos, var uzrādīt uzlabotu mikrozaļumu izskatu, krāsu un tekstūru, atkarībā no izmantotās koncentrācijas. Ja novērtējums norāda, ka nav negatīvas ietekmes uz garšu vai tekstūru, mikroaļģu šķīdumu lietošana potenciāli uzlabo uzturvērtību vai augšanas dinamiku, kas var būt vērtīgs papildinājums mikrozaļumu ražošanā.

Salīdzinot dažādos šķīdumos mērcētās sēklas, vislabākās organoleptiskās īpašības novērotas *T. obliquus* 4 % šķīdumā mērcētajām mikrozaļumu sēklām, kas saņēma augstāko vidējo vērtējumu. Savukārt gan *T. obliquus*, gan *G. emersonii* 8% šķīdumi uzrādīja pazeminātu garšas un izskata novērtējumu, liecinot par iespējamu mikrozaļumu kvalitātes pasliktināšanos augstākās koncentrācijās.

Eļļas rutks visos gadījumos novērtēts augstāk nekā baltās sinepes. *T. obliquus* 4% šķīdums saglabā vai nedaudz uzlabo īpašības. *G. emersonii* 4% šķīdums – līdzīgs vai nedaudz vājāks nekā *T. obliquus* 4%, bet vēl aizvien ļoti labs. 8% koncentrācijas neuzlabo kvalitāti – dažos gadījumos tās to pat pasliktina, piemēram, eļļas rutkam *G. emersonii* 8% koncentrācijā ir viszemākais pēcgaršas vērtējums visā datu kopumā.

3.5. Pētījuma ekonomiskais pamatojums

Tika aprēķinātas izmaksas, lai noskaidrotu, ar kuru no pētījumā izmantotajiem mikroaļģu koncentrātiem ir ekonomiski izdevīgāk audzēt izvēlētos mikrozaļumus.

Balto sinepju sēklas materiāls vienā trauciņā izmaksāja 0.12 EUR, taču eļļas rutku 0.35 EUR. Iepildīts kūdras substrāts vienā trauciņā izmaksāja aptuveni 0.10 EUR. Aļģu koncentrātu cenas būtu sekojošas – *G. emersonii* 4% šķīdumam 2.00 EUR, *G. emersonii* 8% šķīdumam 4.00 EUR, *T. obliquus* 4% šķīdumam 2.00 EUR, *T. obliquus* 8% šķīdumam 4.00 EUR. Izmaksu ziņā tas sastāda 0.04 EUR par 4% šķīdumiem un 0.08 EUR par 8% šķīdumiem uz vienu trauciņu. Viena plastmasas trauciņa cena ir 0.17 EUR.

Mikrozaļumu audzēšana mikroklimata kamerā, ar pētījumā minētajiem uzstādījumiem mitrumam un temperatūrai, patērē aptuveni 26 kWh un 0.9 L ūdeni par 8-9 dienām. Izmaksu ziņā tas sastāda 0.06 EUR par elektrību un 0.02 EUR par ūdeni uz vienu trauciņu.

Kopējās izmaksas par katru audzēšanas variantu:

- Baltās sinepes kontrole: 0.47 EUR;
- Eļļas rutks kontrole: 0.70 EUR;
- *G. emersonii* 4% šķīdums un baltās sinepes: 0.51 EUR;
- *G. emersonii* 4% šķīdums un eļļas rutks: 0.74 EUR;
- *G. emersonii* 8% šķīdums un baltās sinepes: 0.55 EUR;
- *G. emersonii* 8% šķīdums un eļļas rutks: 0.78 EUR;
- *T. obliquus* 4% šķīdums un baltās sinepes: 0.51 EUR;
- *T. obliquus* 4% šķīdums un eļļas rutks: 0.74 EUR;
- *T. obliquus* 8% šķīdums un baltās sinepes: 0.55 EUR;
- *T. obliquus* 8% šķīdums un eļļas rutks: 0.78 EUR.

Apskatot aprēķinātās izmaksas, var izdarīt secinājumus par to, kurš mikroaļģu koncentrāts un kura mikrozaļumu kombinācija ir ekonomiski visizdevīgākā, ņemot vērā sākotnējos ieguldījumus un procesā nepieciešamās izmaksas. Lētākās iespējas ir baltās sinepes audzēt abu mikroaļģu sugu 4% šķīdumos. Dārgākie varianti būtu eļļas rutks abu mikroaļģu sugu 8% šķīdumos. Izmaksu starpība starp kontroles grupu un mikroaļģu koncentrātiem:

SECINĀJUMI

1. Gan baltajām sinepēm, gan eļļas rutkiem bija 90-100% dīgspēja un tie attīstījās atbilstoši literatūrā minētajiem standartiem. Eļļas rutks kopumā tika novērtēts augstāk organoleptiski, padarot to par piemērotāku izvēli augstākas kvalitātes produkcijai.
2. Pētījumā tika pierādīts, ka mērcēšana mikroaļģu šķīdumos – īpaši *T. obliquus* 4% koncentrācijā – var uzlabot mikrozaļumu vizuālo izskatu, krāsu un kopējo kvalitāti, nezaudējot garšu vai tekstūru. Augstākas koncentrācijas neuzrādīja uzlabojumus un dažos gadījumos pat pasliktināja organoleptiskās īpašības.
3. Izmaksu starpība starp kontroles grupu un 4% mikroaļģu apstrādēm bija minimāla, savukārt augstākas koncentrācijas palielināja izmaksas, nenodrošinot proporcionālus ieguvumus.
4. Veiktais pētījums pierāda, ka mikroaļģu izmantošana mikrozaļumu audzēšanā ir daudzsološa un praktiski pielietojama metode. Tā spēj saglabāt (arī uzlabot) mikrozaļumu kvalitāti, iekļauties saprātīgās ražošanas izmaksās. Tas nozīmē, ka gan zemnieki, gan mazie uzņēmumi var ar dabīgiem un aktīviem līdzekļiem paaugstināt savas produkcijas vērtību.
5. Mikroaļģu izmantošana lauksaimniecībā piedāvā plašas iespējas uzlabot augšanas apstākļus un palielināt ražas kvalitāti. Tomēr tās izmantošana prasa rūpīgu izpēti un ieguldījumus, lai nodrošinātu mikroaļģu ekstraktu izmantošanas efektivitāti un ekonomisko dzīvotspēju mikrozaļumu audzēšanas procesā.
6. Papildus pētījumos būtu jāizvērtē arī dažādu mikroaļģu sugu ietekme uz mikrozaļumu kvalitāti un augšanas ātrumu, lai optimizētu audzēšanas tehnoloģiju un palielinātu ražu arī ārpus klimata kameras.

S U M M A R Y

Ozoliņa Ž. (2025). **Efficiency and economic justification of microalgae extracts on microgreens' growth:** Bachelor Thesis. Latvia University of Life Sciences and Technologies. Jelgava, LBTU. 32 p.

This thesis is devoted to microgreens cultivation in Latvia, with special attention to the use of microalgae in microgreens cultivation processes. It aims to investigate how microalgae can improve microgreens cultivation and to analyse microgreens market trends, cultivation methods and economic efficiency. The work covers the role of microgreens in the food industry, their nutritional value and health benefits. The most suitable substrate choices and their impact on cultivation efficiency are also discussed.

The study analysed the microgreening of white mustard (*Sinapis alba* L.) and oilseed (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg.) using microalgae extracts at different concentrations. Both plants showed satisfactory germination and development rates were in agreement with literature data. Microalgae extracts had a positive effect on the length and yield of microgreens, but too high concentrations sometimes reduced the quality of the plants. The use of microalgae solutions such as *T. obliquus* 4% and *G. emersonii* 4% resulted in better plant growth, which also led to higher yields. Organoleptic evaluation showed that microgreens treated with *T.s obliquus* 4% solution were better in colour, texture and taste than those treated with higher concentrations of microalgae.

The economic analysis indicated that white mustard was the most profitable to grow with 4% microalgae solutions, while for oilseed raab higher concentrations increased costs without providing significant quality improvements. The study concluded that cultivation of microalgae using microalgae extracts can improve yield and growth dynamics while remaining economically sustainable.

The paper concludes by highlighting the benefits of microgreening, including its potential for sustainable and ecological agriculture, as well as its applications in urban agriculture.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Allefretta I., Calasso M., Caponio F., Casellino M., Gatullo C., Leoni B., Paradisto V., Renna M., Santamaria P., Terzano R. (2018). Nutritional characterization and shelf-life of microgreen vegetables. *The Royal Society of Chemistry*, Vol. 9, p. 5629-5640.
2. Balik S., Elgudayem F., Dasgan H. Y., Kafkas N. E., Gruda N. S. (2025). *Nutritional quality profiles of six microgreens*. Sci Rep 15, 6213. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-85860-z>
3. Bell L., Methven L., Signore A., Oruna-Concha M. J., Wagstaff C. (2017) Analysis of seven salad rocket (*Eruca sativa*) accessions: The relationships between sensory attributes and volatile and non-volatile compounds. *Food chemistry*, 218, pp. 181-191.
4. Buchanan R., Turner E., Luo Y. (2020). Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: a review. *Journal of Food Science*, Vol. 85, Issue 4, p. 870 – 882.
5. Chaudhari V. M., Champaklal B. D., Nadoda N. A. (2023). Vegetable micro-greens: A nutritional powerhouse. *The Science World*, Vol. 3, p. 1932-1936.
6. Dubey S., Harbourne N., Harty M., Hurley D., Elliott-Kingston C. (2024) Microgreens Production: Exploiting Environmental and Cultural Factors for Enhanced Agronomical Benefits. *Plants*, Vol. 13, Issue 2631, p. 10 – 29.
7. Ebert A. W. (2013). *Sprouts, microgreens, and edible flowers: the potential for high value specialty produce in Asia*. AVRDC – The World Vegetable Center.
8. Ebert A., Wu D., Yang R. (2015). Amaranth sprouts and microgreens a homestead vegetable production option to enhance food and nutrition security in the rural – urban continuum. **In:** Conference: Regional Symposium on Sustaining Small-Scale Vegetable Production and Marketing Systems for Food and Nutrition Security (SEAVEG2014), Thailand, Feb 2015. P. 233-244.
9. Enssle N. (2020). *Microgreens: Market Analysis, Growing Methods and Models*: master dissertation. California State University. San Marcos. 27 p.
10. Gonzalez B. K., Castillo A. M. R., Valdez-Calderon A., Gayosso-Morales M. (2022) Microalgae as biostimulants: a new approach in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 38 (1), 31-42.
11. Minh H. G., Thuong V. T. (2022). *Selection of suitable growing substrates and quality assessment of Brassica microgreens cultivated in greenhouse*. Hanoi Pedagogical University 2. Vietnam. 10 p.
12. Mostafa H. S., Hashem M. M. (2024) Microalgae as a source of carotenoids in foods, obstacles and solutions. *Phytochemistry Reviews*. <https://doi.org/10.1007/s11101-024-10039-9>
13. Nečajeva J. (2015). Sēklu dīgšanu raksturojošie rādītāji. **No:** *Ražas svētki “Vecauce - 2015”: Lauksaimniecības zinātne reorganizācijas laikā*. Zinātniskā semināra rakstu krājums. Jelgava: LLU, 58. – 61. lpp.
14. Nolan D. (2018). *Effects of Seed Density and Other Factors on the Yield of Microgreens Grown Hydroponically on Burlap*: master dissertation. Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University. 44 p.
15. Razzak S. A., Bahar K., Islam K. M. O., Haniffa A. K., Faruque M. O., Hossain S. M. Z., Hossain M. M. (2024). Microalgae cultivation in photobioreactors: sustainable solutions for a greener future. *Green Chemical Engineering*, Vol. 5, p. 418-439.

16. Sharma A., Hazarika M., Heisnam P., Pandey H., Devadas V. S., Singh D., Wangsu M., Kartha B. D. (2023). Influence of storage conditions, packaging, post-harvest technology, nanotechnology and molecular approaches on shelf life in microgreens. *Journal of Agriculture and Food Research*. Vol. 14, p.Z
17. Sharma S., Shree B., Sharma D., Kumar S., Kumar V., Sharma R., Saini R. (2022). Vegetable microgreens: The gleam of next generation super foods, their genetic enhancement, health benefits and processing approaches. *Food Research International*, Vol. 155, p.
18. Singh A., Singh J., Kaur S., Gunjal M., Kaur J., Nanda V., Ullah R., Ercisli S., Rasane P. (2024). Emergence of microgreens as a valuable food, current understanding of their market and consumer perception: A review. *Food Chemistry: X*, Vol. 23, p.
19. Stirk W. A., et al. (2013). Phytohormone-like activities in microalgal extracts. *Microalgal Biostimulants and Biofertilisers in Crop Productions*. 9 (4), 192. <https://doi.org/10.3390/agronomy9040192>
20. Vangenechten J., De Coninck D., Ceusters J. (2025). How to Improve the Potential of Microalgal Biostimulants for Abiotic Stress Mitigation in Plants? *Frontiers in Plant Science*. 15, 1568423. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1568423>
21. Vangenechten J., De Coninck D., Ceusters, J. (2023). Microalgae from Nordic collections demonstrate biostimulant effect by enhancing plant growth and photosynthetic performance. *Physiologia Plantarum*. <https://doi.org/10.1111/ppl.13497>
22. Xiao Z., Lester G. E., Luo Y., Wang Q. (2012) Assessment of Vitamin and Carotenoid Concentrations of Emerging Food Products: Edible Microgreens. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Vol. 60(31):7644-7651.
23. Zagory D. Kader A. A. (2010). Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *Food Science and Technology*, Vol. 43, Issue 3, p. 381 – 392.
24. Zeipiņa S., Lepse L. (2023). Mikrozaļumi – viens no urbānās dārzkopības produktiem. **No:** *Līdzsvarota lauksaimniecība 2023*, Zinātniski praktiskās konferences raksti (2023. g. 23-24.febr.). Jelgava: LLU, 39. lpp.
25. Zhang Z., Xu M., Fan Y., Zhang L., Wang H. (2024) Using microalgae to reduce the use of conventional fertilizers in hydroponics and soil-based cultivation. *Science of the Total Environment*, Vol. 912, p. 169424.

PIELIKUMI

**LATVIJAS BIOZINĀTŅU UN TEHNOLOĢIJU
UNIVERSITĀTE**
LAUKSAIMNIECĪBAS UN PĀRTIKAS TEHNOLOĢIJAS FAKULTĀTE

SASKAŅOTS

Profesionālā bakalaura studiju programmas
„Lauksaimniecība” direktore M. Misule
08.05.2025.

BAKALaura DARBA UzDEVUMS

Autors: **Žaklīna Ozoliņa**
Darba tēma: **Mikroaļģu ekstraktu izmantošanas efektivitāte un ekonomiskais pamatojums mikrozaļumu audzēšanā**
Efficiency and economic justification of microalgae extracts on microgreens' growth

Darba anotācija: mikrozaļumi ir pārtikā lietoti augi, kuri tiek audzēti no sēklām un realizēti, kad augiem ir attīstījušās dīgļlapas kopā ar pirmajām īstajām lapām un ir aptuveni 2.5 līdz 7.5 cm gari. Mikroaļģu ekstrakti ir bioaktīvi savienojumi, kas iegūti no mikroaļģēm - sīkiem fotosintezējošiem organismiem, kuri sastopami ūdens vidē. Tiem ir plašas izmantošanas iespējas dažādās nozarēs, tostarp pārtikas, kosmētikas un medicīnas nozarē.

Darba mērķis: izpētīt mikroaļģu ekstraktu izmantošanas efektivitāti balto sinepju (*Sinapis alba* L.) un eļļas rutku (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg.) mikrozaļumu audzēšanā.

Darba uzdevumi:

- izpētīt sugas un mikroaļģu ekstrakta ietekmi uz mikrozaļumu ražu, tās paātrināšanos;
- izpētīt sugas un mikroaļģu ekstrakta uz mikrozaļumu ražas kvalitāti;
- izstrādāt mikroaļģu ekstraktu izmantošanas ekonomisko pamatojumu mikrozaļumu audzēšanā.

Pētījuma vieta: Latvijas Dabaszinātņu un tehnoloģiju universitātes Augsnes un augu zinātņu institūta Dārzkopības un biškopības laboratorija.

Darba hipotēze: sēklas materiāla apstrāde ar mikroaļģu ekstraktiem būtiski ietekmē izaudzēto mikrozaļumu ražu un tās kvalitāti.

Darba novitāte: Latvijā un Eiropā trūkst zinātniski pamatotu datu par aļģu produktu efektivitāti dažādiem Latvijā audzētiem kultūraugiem, tai skaitā mikrozaļumiem, tāpēc pētījums būs kā ieguldījums visai dārzkopības nozarei.

Darbs pabeidzams: 2025. gada maijs

Autors: **Žaklīna Ozoliņa**, matr. Nr. LF20078
(paraksts, datums)

Darba vadītājs / i: **lektore, Mg. agr. I. Sivicka**
(paraksts, datums)

Tēma apstiprināta ar LBTU LPTF dekāna rīkojumu Nr. _____

STUDIJU NOSLĒGUMA DARBA AUTORA APLIECINĀJUMS

Es, Žaklīna Ozoliņa, apliecinu, ka studiju noslēguma darbs izstrādāts patstāvīgi, tajā nav pieļauts citu personu intelektuālā īpašuma tiesību pārkāpums vai plagiātisms. Izmantotie citu autoru darbi un datu avoti ir norādīti atsaucēs.

Studiju noslēguma darba izstādē IR / NAV izmantoti mākslīgā intelekta rīki.

(nevajadzīgo nosvītrot)

Datums:

..... / Ž. Ozoliņa
(paraksts un tā atšifrējums)