



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**BIOLOĢIJAS
INSTITŪTS**



Latvijas
Biozinātņu un
tehnoloģiju
universitāte



Latvijas
Lauksaimniecības
universitāte

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
EIROPAS INVESTĒ LAUKU APVIDOS
Eiropas Lauksaimniecības fonds
lauku attīstībai

Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

Projekta

“MIKROALĢU IZCELSMES AUGU AUGŠANAS STIMULATORA UN ANTIMIKROBIĀLĀ LĪDZEKĻA PROTOTIPA IZSTRĀDE UN TESTĒŠANA RUDENS AVENĒM”

Noslēguma pārskats

Projekts Nr. 19-00-A01620-000072

Informācijas sagatavotājs: *Msc. biol.* Sergejs Koļesovs, LU Bioloģijas institūts, pētnieks

Projekta vadītājs: *Dr. biol.* Pāvels Semjonovs, LU Bioloģijas institūts, vadošais pētnieks

Sadarbības partneri:

Latvijas Universitāte

Latvijas Biozinātņu un Tehnoloģiju Universitāte

Pašnodarbināta persona Dainis Rūtenbergs, saimniecība “PURVADRĒĢEĻI”

Šņickovska Jelgavas rajona zemnieku saimniecība “KLĪVES”

Projekta īstenošanas periods: 05.05.2020. – 31.01.2023

Projekta faktiskās kopējās izmaksas: 64 419.44 EUR

RĪGA 2023

SATURS

Tekstā lietotie saīsinājumi.....	5
INFORMĀCIJA PAR PARTNERIEM	6
PROJEKTA VIRSMĒRĶIS	6
PROJEKTA APRAKSTS UN SASNIEDZAMĀIS MĒRĶIS	6
Ievads	6
Tēmas aktualitāte	7
Mērķis	8
Plānotie rezultāti	9
PROJEKTĀ IESAISTĪTO PARTNERU UZDEVUMI UN ATBILDĪBAS JOMAS	10
1. SADAĻA: MIKROAĻĢU ZINĀTNISKĀS UN TEHNISKĀS LITERATŪRAS KOPSAVILKUMS	13
Avenes (<i>Rubus idaeus L.</i>)	13
Globālie izaicinājumi augu minerālajā barošanā un aizsardzībā	24
Mikroaļģu bioaktīvās vielas	31
Mikroaļģu biotehnoloģija.....	43
Mikroaļģu biomasas iegūšana un pārstrāde	47
Mikroaļģu preparātu izmēģinājumi.....	51
2. SADAĻA: MIKROAĻĢU IZCELSMES AUGU AUGŠANAS STIMULATORA UN ANTIMIKROBIĀLĀ LĪDZEKĻA PROTOTIPA IZSTRĀDE.....	56
PROTOKOLS: MIKROAĻĢU KULTIVĀCIJA UN BIOMASAS IEGŪŠANA.....	56
Mikroaļģu barotnes izvēle un sagatavošana.....	56
Mikroaļģu celmu izvēle	61
Mikroaļģu celmu dzīvotspējas pārbaude.....	62
Tīras mikroaļģu kultūras izdalīšana un attīrīšanas metodoloģija	67
Mikroaļģu celmu uzturēšana	72
PROTOKOLS: MIKROAĻĢU SINTĒZE FOTOBIOREAKTORĀ	74
PROTOKOLS: MIKROAĻĢU ANTIMIKROBIĀLĀ LĪDZEKĻA PROTOTIPA IZSTRĀDE.....	82
PĀRSKATS: RUDENS AVEŅU APSMIDZINĀŠANA AR MIKROAĻĢU PREPARĀTIEM	85
PĀRSKATS: MIKROAĻĢU BIOMASAS IZMANTOŠANA AUGU AUGŠANAS PARAMETRU UZLABOŠANAI KONTROLĒTOS APSTĀKĻOS	98
Materiāli un metodes.....	98
Rezultāti	101
Secinājumi.....	111
3. SADAĻA: SECINĀJUMI	112
4. SADAĻA: PUBLICITĀTE	114
PIELIKUMI	116

1. PIELIKUMS: EKSPERIMENTI (MIKROBIOLOĢIJA).....	117
2. PIELIKUMS: DALĪBA STARPTAUTISKĀS KONFERENCĒS	138

Tekstā lietotie saīsinājumi

3N-BBM-V – 3 -nitrogen - *Bold's basal medium* - vitamins

ANE - *Ascophyllum nodosum* ekstrakts

ANOVA – *analysis of variance*

ATF – adenožīntrifosforskābe

BBM – *Bold's basal medium*

CCAP – culture collection of algae and protozoa

dH₂O – destilētais ūdens

DHA - *docosahexaenoic acid*

DNS – dezoksiribonukleīnskābe

EPA – *eicosapentaenoic acid*

ES – Eiropas savienība

HP – *Cell-Hi HP*

IFA – *International Fertilizers Association*

JWP – *Cell-Hi JWP*

LAAPC – Latvijas Augu aizsardzības pētniecības centrs

LBTU – Latvijas Biozinātņu un Tehnoloģiju Universitāte

LU – Latvijas Universitāte

LVĢMC – Latvijas Vides ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs

NADPH (NADP⁺) – *nicotinamide adenine dinucleotide phosphate*

OD – *optical density*

PUFA – *poly unsaturated fatty acids*

RNS – ribonukleīnskābe

rpm – apgriezieni minūtē

ZS – zemnieku saimniecība

INFORMĀCIJA PAR PARTNERIEM

Informāciju sagatavoja: *Msc. biol.* Sergejs Koļesovs, LU Bioloģijas institūts, pētnieks

Projekta vadītājs: *Dr. biol.* Pāvels Semjonovs, LU Bioloģijas institūts, vadošais pētnieks, e-pasts pavels.semjonovs@lu.lv

Partneri

- **Latvijas Universitāte**, Raiņa bulvāris 19, Rīga, LV-1586, Pētniecības iestāde, Pāvels Semjonovs, e-pasts pavels.semjonovs@lu.lv;
- **Latvijas Biozinātņu un Tehnoloģiju Universitāte**, Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001, Pētniecības iestāde, Kaspars Kampuss, e-pasts kaspars.kampuss@llu.lv;
- **Pašnodarbināta persona Dainis Rūtenbergs**, “Purva Drēģeļi” LV-3725, Lauksaimnieks, Dainis Rūtenbergs, e-pasts rutenbergsdainis@inbox.lv;
- **Šņickovska Jelgavas rajona zemnieku saimniecība “KLĪVES”**, LV-3023, Lauksaimniecība, Māris Šņickovskis, e-pasts maris.snickovskis@inbox.lv.

PROJEKTA VIRSMĒRĶIS

Projekta virsmērķis ir risināt problēmu saistītu ar rudens avenu ražas zudumiem, iegūstot un pielietojot inovatīvus mikroaļģu biomasas preparātu prototipus, tādējādi sekmējot cirkulāras ekonomikas principu ieviešanu lauksaimniecības jomā.

PROJEKTA APRAKSTS UN SASNIEDZAMĀIS MĒRĶIS

IEVADS

Mikroaļģu biomasā esošās vielas spēj uzlabot ogulāju augšanas rādītājus, ogu kvalitāti un ražību, tāpēc, ja pēc Projekta izstrādātais preparāts tiks komercializēts, to būs iespējams izmantot kā biostimulatoru, lai uzlabotu ekonomiskos rādītājus augļu un ogu audzēšanas saimniecībās. Piemēram, vienā no ārvalstu pētījumiem norādīts, ka polisaharīdi, kas tika iegūti no liofilizētām *Ecklonia* sp., *Jania* sp., aļģu biomasām spēja samazināt kopējo mikroorganismu kopskaitu un bojāto ogu skaitu par 70%. Pieņemot, ka pētījumā ar rudens avenēm tiek iegūti līdzvērtīgi rezultāti, būtu iespējams palielināt ražu no stādījumiem - gan uz samazināta bojāto ogu rēķina, gan arī, palielinot ogulāju augšanas rādītājus.

Konkrētu ražas pieaugumu pašlaik ir grūti prognozēt, jo tas ir viens no projekta uzdevumiem – pārbaudīt, kā preparāts ietekmēs augu produktivitātes rādītājus. Tomēr, balstoties uz ārvalstu zinātnieku pieredzi, ražas pieaugums varētu sasniegt 10 %, līdzvērtīgi, kā tika iegūts pētījumos ar tomātiem (Barone et al., 2019) un ķīniešu maurlokiem (Kim et al., 2018). Savukārt tirgus kvalitātes ogu ražas piegums varētu sasniegt vismaz 20%. Lielāka raža palielina lauksaimnieku ienākumus, bet zemāks sintētisko preparātu apjoms integrētajā audzēšanā samazina ražošanas izmaksas. Ārvalstu zinātnieku

pētījumi atklāja zaļo mikroaļģu potenciālo izmantošanu kā bioloģisko mēslojumu, lai uzlabotu augsnes auglību, augu augšanu, augļu kvalitāti un uzturvērtību (Coppens et al., 2016). Tas nozīmē, ka jaunu, efektīvu un videi draudzīgu bioloģisko preparātu izmantošana bioloģiskajā audzēšanā var paaugstināt arī šo saimniecību produktivitāti un attiecīgi ienākumus.

Jāuzsver, ka tirgū palielinās arī pieprasījums pēc ilgtspējīgi un bioloģiski audzētiem produktiem (jo īpaši ogām), turklāt šo patērētāju skaits aug straujāk kā piedāvājums. Tādējādi secināms, ka veselīgie dzīves un uztura paradumi aizvien vairāk ienāk cilvēku ikdienas dzīvē, tādēļ arī ogu un augļu audzētājiem jānodrošina patērētājiem atbilstošs piedāvājums.

Analizējot datus par ogu ražošanas apjomiem Latvijas tirgū, avenų apjoms 2000.gadā bija 83 tonnas, bet 2018. gadā tas palielinājās par 164% un sastādīja 219 tonnas [LR CSP dati]. Tas liecina, ka sektors ir augošs un pētījuma rezultāti būs aktuāli audzētājiem, lai cīnītos ar slimību izplatību un palielinātu ražību savās saimniecībās. Izstrādātā metodoloģija būs aprobējama un izmantojama jebkurā dārzkopības un augkopības sektorā, tostarp – bioloģiskajā lauksaimniecībā.

TĒMAS AKTUALITĀTE

Avenų ražas zudumi lielā mērā ir saistīti ar dažādiem fitopatogēniem, piemēram, pelēko puvi (*Botrytis cinerea*), ar kuru avenų inficējas ziedēšanas laikā. Pelēkās puves sporas izplatās ar gaisa plūsmu palīdzību un, nonākot uz zieda, sadīgst, sēnes hifas pa drīksnu nonāk sēklotnē un tur saglabājas, līdz oga nogatavojas. Slimību kontrole, galvenokārt, tiek balstīta uz fungicīdu izsmidzinājumiem ziedēšanas laikā. Latvijā ir reģistrēti vairāki fungicīdu preparāti, proti *Čempions 50 p.s*, *Effector®*, *Aliette*, kurus rekomendē izmantot pirms ziedēšanas vai pēc ražas novākšanas. Tomēr, ņemot vērā *B. cinerea* sēņu īpatnību veidot sporas, pastāv sekundārais ogu inficēšanas risks ražas novākšanas laikā, kad fungicīdu lietošana vairs nav atļauta. Sakarā ar to, ka saimniecības, kuras praktizē augu bioloģisko audzēšanu, fungicīdu, sintētisko minerālmēsļu un pesticīdu lietošana nav atļauta, ir jāmeklē citi alternatīvie risinājumi slimību kontrolei, augļu un ogulāju produktivitātes nodrošināšanai, un rezistencei pret biotiskiem un abiotiskiem stresa faktoriem. Pašlaik organiskie augsnes uzlabotāji un augu augšanas stimulatori nav tik efektīvi un lēti kā sintētiski. Kūtsmēsļu izmantošana lauksaimniecībā ir ekonomiski izdevīgs un ilgtspējīgs risinājums, kas uzlabo augsnes struktūru un palielina ražību, taču, pārmērīgi lietoti, tie var kaitēt videi. Turklāt kūtsmēsļu, arī citu bioloģisko atļauto vielu lietošana, negarantē augu rezistenci pret apkārtējās vides apstākļiem.

Bioloģiski audzētiem augiem ražība ir par 20% mazāka, salīdzinājumā ar integrēto audzēšanu. Savukārt, bioloģiski audzētās kultūrās ir mazāk nitrātu, nitrītu un pesticīdu atlieku, savukārt vairāk šķīstošās sausas, C vitamīna, polifenolu un neaizstājamo aminoskābju saturs.

Ārvalstu zinātnieku pētījumi norāda uz zaļo mikroaļģu potenciālo izmantošanu kā bioloģisko mēslojumu, lai uzlabotu augsnes auglību, augu augšanu, augļu kvalitāti un uzturvērtību. Mikroaļģu biomasu var izmantot, kā slāpekļa, fosfora un kālija mēslojuma lēnas izdalīšanas un iedarbības līdzekli.

Ņemot vērā mikroaļģu spēju sintezēt augšanas hormonus: auksīni, citokinīni, jasmonskābe, etilēns utt., lauksaimniecībā mikroaļģu biomasas izmantošana kā biostimulators nodrošinās vienmērīgāku augļu gatavības pakāpi (hormonu-jūtīgie augļi) ražas novākšanas laikā, un uzlabos augu augšanas rādītājus: dzinumu garumu, augļu masu. Pateicoties tam, ka mikroaļģu sastāvā ietilpst bioloģiski aktīvie savienojumi, var paredzēt, ka tās palīdzēs veidot aizsardzību pret fitopatogēniem, uzlabos fotosintēzes procesu un paātrinās bojātu augu audu atjaunošanos.

MĒRĶIS

Projekta mērķis ir aprobēt un novērtēt videi draudzīgu mikroaļģu biotehnoloģisko kultivācijas procesu Latvijā un izstrādāt metodi mikroaļģu biomasu saturoša preparāta iegūšanai, lai uzlabotu ogulāju augšanas rādītājus, nodrošinātu to produktivitāti un izturību pret patogēniem, kā arī rezistenci pret biotiskiem un abiotiskiem stresa faktoriem. Sintētisko vielu pielietošana lauksaimniecībā būtiski ietekmē augsnes sastāvu, izjaucot tās līdzsvaru, kā arī tas atspoguļojas izaudzēto produktu sastāvā un kvalitātē, līdz ar to ietekmējot patērētāju veselību. Turpinot sintētisko vielu pielietošanu ilgtermiņā, lauksaimnieki var zaudēt konkurētspēju gan uz samazinātas ražas rēķina, gan nespēju nodrošināt produktu bioloģisko atbilstību noteiktām kvalitātes normām. Zinātniskie pētījumi rāda, ka pastāv cieša kopsakarība starp dzīves ilgumu un veselīgu pārtikas produktu patēriņu. Tādējādi veselīgie dzīves un uztura paradumi aizvien vairāk ienāk cilvēku ikdienas dzīvē. Pārtikas produktiem jāatbilst ne tikai kvalitātes standartiem, bet jābūt dabīgiem un ar funkcionālajām īpašībām.

Augļi un ogas ir viena no svarīgākajām veselīga uztura sastāvdaļām. Piemēram, avenēm ir gan izcilas sensorās īpašības, gan ķīmiskais sastāvs, tās satur bioloģiski aktīvas vielas/polifenolus, kas piedalās brīvo radikāļu neitralizēšanā. Klīniski tika pierādīts, ka augu polifenolu lietošana uzturā samazina saslimšanas risku ar kardiovaskulārām slimībām. Būtiska problēma, ar ko saskaras augļu un ogu audzētāji ir ražas zudumi, ko izraisa gan dažādu slimību izplatība, gan bojājumi uzglabāšanas laikā. Piemēram, apkopojot vairāku gadu novērojumus par slimību izplatību avenju stādījumos, Latvijas Augu aizsardzības pētniecības centra (LAAPC) speciālisti ir secinājuši, ka gadu no gada ekonomiski nozīmīgus kultūraugu ražas zudumus izraisa dažāda veida mikroskopiskās sēnes. Pēc LAAPC norādītās informācijas visizplatītākā mikroskopiskā sēne, kas var izraisīt līdz pat 35% zudumus no avenju kopējas ražas ir *Botrytis cinerea* jeb pelēkā puve [http://fruittechcentre.eu/sites/default/files/files/pages/avenue_slim.pdf]. Tika novērots, ka *Botrytis cinerea* avenju stādījumos zem segumiem, kā arī saimniecībās, kuri izmanto integrēto augu audzēšanu, izplatās mazāk, salīdzinājumā ar bez seguma un bioloģiskajās saimniecībās. Tā ir nozīmīga slimība gan vasaras, gan izteikti rudens avenju stādījumos. Sēnes attīstībai nepieciešams tā sauktais brīvais mitrums – rasa, lietus, kas saglabājas uz lapām un ziediem vismaz 18h.

PLĀNOTIE REZULTĀTI

Potenciālie labuma guvēji pēc projekta īstenošanas būs lauksaimnieki, kas nodarbojas gan ar bioloģisko, gan integrēto ogu un augļu audzēšanu. Lai gan pētījuma ietvaros preparāta efektivitāte tiks pārbaudīta integrētos avenu stādījumos, pēc projekta rezultātus būs iespējams aprobēt arī citu stādījumu apsmidzināšanai, lai uzlabotu jebkuru ogulāju vai augļu koku augšanas rādītājus, ogu kvalitāti un ražības rādītājus. Tiek paredzēts, ka preparāta lietotāji pēc projekta īstenošanas varētu būt arī audzētāji, kuri izmanto organiskās kultūraugu audzēšanas metodes. Tas bioloģiskajiem audzētājiem dos iespēju ražot vairāk kvalitatīvas produkcijas, samazināt produkcijas pašizmaksu, iegūt lielākus ienākumus un konkurēt ar saimniecībām, kuras pamatā izmanto sintētiskos stimulatorus. Šāda tipa biostimulatoru izmantošana veicinās ekonomisko rādītāju uzlabošanu jebkurā reģionā, kur tie tiks izmantoti. Savukārt, šāda preparāta ieviešana praksē varētu palīdzēt atteikties no sintētiskiem stimulatoriem noteiktajos lauksaimniecības sektoros, vai samazināt šāda tipa stimulatoru izmantošanu. Bioloģiski audzēto produktu ražošanas process varētu kļūt lētāks un efektīvāks (jo samazinātos bojāto ogu skaits), kas ilgtermiņā varētu samazināt šādu produktu cenu un palielināt to pieejamību plašākam Latvijas iedzīvotāju spektram.

Praksē augļkopji un dārzkopji izstrādāto mikroaļģu biomasu saturoša preparāta iegūšanas metodi varēs pārņemt savās saimniecībās, iegādājoties papildus tehnoloģisko aprīkojumu aļģu audzēšanai. Jāuzsver, ka aļģu audzēšana pieļaujama arī piemājas dīķī (āra baseinos) vai baseinos, kas izvietoti slēgtās telpās, nodrošinot atbilstošus apstākļus. Ņemot vērā, ka ogu un augļu audzētājiem ir pieredze un atbilstošas zināšanas nozarē, tie mikroaļģu audzēšanu viegli varētu pārņemt un aprobēt savās saimniecībās atbilstoši pētnieku sniegtai metodoloģijai.

Projekta ietvaros ir plānots veikt ārvalstu zinātniskās literatūras analīzi par dažādu mikroaļģu sugu ķīmisko sastāvu, spēju izmantot tos, kā bioloģisko augšanas stimulatoru un antimikrobiālo līdzekli lauksaimniecībā. Pārņemot esošās pieejamās zināšanas, ir plānots izstrādāt, pārbaudīt un aprobēt pieejamajiem apstākļiem mikroaļģu biotehnoloģisko kultivācijas metodi mikroaļģu biomasu saturošā preparāta iegūšanai. Pētījumā gūtās atziņas tiks apkopotas un nodotas nozares speciālistiem, t.sk. organizējot demonstrācijas Lauku dienas ietvaros. Tas ļaus augļu koku un ogulāju audzētājiem Latvijā zināšanas pārņemt un ieviest praksē pēc projekta beigām. Informācija par projektu un tā rezultātiem tiks izplatīti arī EIP tīklā, kas arī nodrošinās zināšanu un inovāciju pārnesei lauksaimniecībā.

Viena no būtiskākajām problēmām, ar ko saskaras augļu un ogu audzētāji, ir ražas zudumi, kas šobrīd daudziem ražotājiem neļauj kāpināt produkcijas apjomu, ražīgumu un efektivitāti. Piedāvājot tirgū jaunu un efektīvu augu biostimulatoru, kas ļautu cīnīties ar ārējo apstākļu ietekmi, tādējādi paaugstinot produktivitāti un augu augšanas rādītājus, tiktu uzlabota lauku saimniecību, kas darbojas dārzkopībā un augkopībā, dzīvotspēja un konkurētspēja, kā arī veicināta inovatīvu metožu ieviešana augļu koku un ogulāju audzēšanā. Projektā plānotais risinājums ir videi draudzīgs, jo gan aļģu audzēšanas process ir ilgtspējīgs, gan preparāta izmantošanas laikā paredzēts samazināt sintētisko materiālo lietošanu (t.sk. aizstājot slāpekli, fosforu un kāliju saturošus līdzekļus).

Nesen veiktie pētījumi liecina, ka, pateicoties mikroaļģu augstai tolerances pakāpei pret augstu organiskā slāpekļa un fosfora saturu, efektīvai mikroaļģu biomasas ražošanai var izmantot pat notekūdeņus, vienlaikus uzlabojot vides kvalitāti (ķīmiskā skābekļa pieprasījums, bioķīmiskais skābekļa patēriņš, smago metālu daudzums) un samazinot ražošanas izmaksas (Hwang, Church, Lee, Park, & Lee, 2016; Ronga et al., 2019).

PROJEKTĀ IESAISTĪTO PARTNERU UZDEVUMI UN ATBILDĪBAS JOMAS

Latvijas Universitāte:

- Mikroaļģu preparāta ieguves metodes izstrāde: LU pētnieki veiks mikroaļģu kultivāciju, nosakot piemērotākus kultivācijas apstākļus un atlasot pēc biomasas iznākumiem produktīvāko mikroaļģu kultūru;
- Mikroaļģu preparāta ieguves metodes aprobēšana un optimizācija: LU pētnieki optimizēs mikroaļģu iegūšanas tehnoloģiskā procesa parametrus atbilstoši lauku izmēģinājumu rezultātiem, ieviešot nepieciešamās korekcijas preparāta iegūšanas metodoloģijā;
- Pieredzes apmaiņa: lai dalītos un gūtu starptautisku pieredzi, LU pētniekiem paredzēta piedalīšanās starptautiskajās zinātnisku konferencēs, saistītu ar projekta tematiku;
- Publicitāte: zinātniskais raksts *SCOPUS*.

Latvijas Biozinātņu un Tehnoloģiju Universitāte

- Mikroaļģu preparāta efektivitātes novērtēšana aveņu izmēģinājuma laukos: Izstrādā pētījuma metodiku. Definē izmēģinājuma laukus, lai būtu iespējams veikt salīdzinošo rādītāju analīzi. Veic ogu kvalitātes rādītāju pārbaudi, izvērtē un apkopo saimniecībās un laboratorijās iegūtos datus;
- Mikroaļģu preparāta ieguves metodes aprobēšana un optimizācija LBTU pētnieki sniedz ieteikumus preparāta uzlabošanai atbilstoši iegūtajiem datiem izmēģinājuma laukos un laboratorijās;
- Publicitāte: zinātniskais raksts *SCOPUS*.

Pašnodarbināta persona Dainis Rūtenbergs

- Mikroaļģu preparāta efektivitātes novērtēšana aveņu izmēģinājuma laukos: Atbilstoši pētnieku norādījumiem nodala kontroles un eksperimentālo lauku. Veic ogulāju apstrādi ar izstrādāto aļģu preparātu. Ievāc analīzēm nepieciešamos ogu un augsnes paraugus, veic ogu produktivitātes, dzinumu un lapu mērījumus.

Šņickovska Jelgavas rajona zemnieku saimniecība “KLĪVES”

- Mikroaļģu preparāta efektivitātes novērtēšana avenu izmēģinājuma laukos: Atbilstoši pētnieku norādījumiem nodala kontroles un eksperimentālo lauku. Veic ogulāju apstrādi ar izstrādāto aļģu preparātu. Ievāc analīzēm nepieciešamos ogu un augsnes paraugus, veic ogu produktivitātes, dzinumu un lapu mērījumus.

PROJEKTA REZULTĀTI

1. SADAĻA: MIKROAĻĢU ZINĀTNISKĀS UN TEHNISKĀS LITERATŪRAS KOPSAVILKUMS

AVENES (*RUBUS IDAEUS* L.)

Avenes tiek uzskatītas par augu ar augstu pievienoto vērtību cilvēka uzturā jau no mūsu ēras pašiem sākumiem. Arheoloģiskajos izrakumos atrastās liecības vēsta par aveņu izmantošanu jau mūsu ēras 45. gadā. Šajā laikā augs gan vairāk tika izmantots medicīnā, it īpaši tā ziedi tika izmantoti lai pagatavotu acu ziedi vai kuņģa darbību uzlabojošu tinktūru.

Sarkanās avenes ir plaši izplatītas visās mērenā klimata joslas reģionos (Eiropa, Āzija un Ziemeļamerika) kā arī nedaudz vairāk uz ziemeļiem aukstākos laikapstākļos. Vislielāko šķirņu daudzveidību avenes sasniedz Ķīnas reģionā, kas iespējams ir to izcelsmes centrs (Jennings et al. 1988).



1. attēls. *Rubus* ģints aveņu izplatība pasaulē (Jennings et al. 1988).

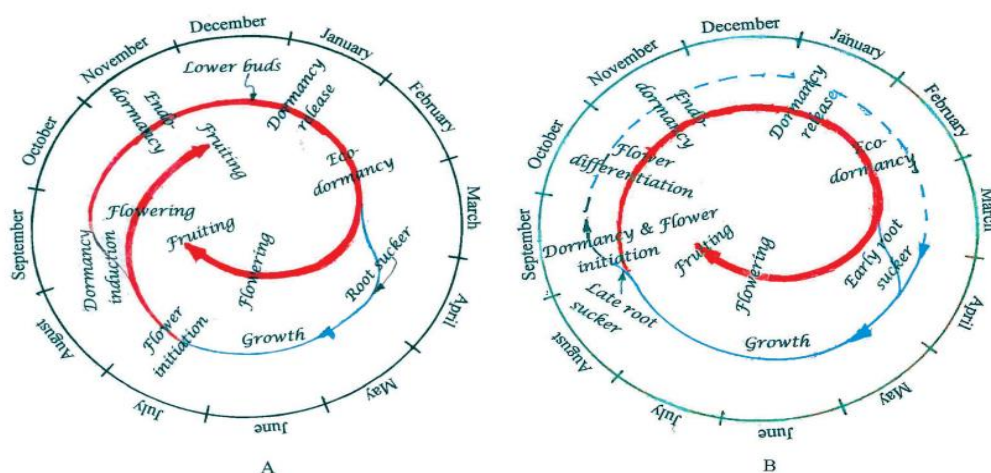
Pirmās vēsturiskās liecības par Eiropas sarkano aveni *Rubus idaeus* ir atrastas Plīnija vecākā pierakstos, kur viņš raksta ka Trojas iedzīvotāji vāc ogas, kas tiek sauktas par “Ida”. Ir atrastas rakstiskas liecības, ka mūsu ēras ceturtajā gadsimtā avenes tiek minētas jau kā domesticēts kultūraugs.

Linnejs izveido Eiropas avenes sugas un ģints nosaukumu. Izmantojot vārdu “Ida” sugas nosaukumā *idaeus* un izmantojot vārdu *Rubus* ģints nosaukumā, kas ir atvasināts no Latīņu valodas vārda *Ruber*, kas nozīmē sarkans. Savās grāmatās Linnejs apraksta 23 kultivētas šķirnes, ka aug angļu dārzos (Johnson et al. 1829). Tajā pašā laikā otrpus okeānam Prince apraksta 20 kultivētas šķirnes, kas aug Ziemeļamerikā (Prince et al. 1832). Veidojot jaunas šķirnes atsevišķi Eiropas un Ziemeļamerikas kontinentā, tas nedeja aveņu šķirnes ar pietiekami augstu ražību, izturību pret slimībām un dažādiem laikapstākļiem. Lielākie panākumi tika sasniegti krustojot Eiropas šķirnes ar Ziemeļamerikas šķirnēm, iegūstot vēlamās īpašības (Darrow et al. 1937). Mūsdienās lielākā daļa no aveņu šķirnēm ir hibrīdi starp Eiropas un Ziemeļamerikas šķirnēm, repektīvi *R. idaeus* un *Rubus strigosus* (Daubeney et al. 1984). Kā

arī salīdzinot ar citām ogu sugām, avenu šķirņu veidošana ir sākusies ne ātrāk kā pirms 500 gadiem, turpretī citām ogām šķirņu veidošana ir senāka (Hedrick et al. 1925).

Starp visām šķirnēm tiek izcelta viena liela atšķirība, kas ir to dzīves cikls un tas tiek iedalīts divās lielās grupās: rudens jeb divgadīgās avenas un vasaras jeb viengadīgās avenas. Biežāk sastopamas ir rudens avenas. To dzinumu dzīves cikls ir divi gadi, kuru laikā tie iziet cauri sezonālu fāžu secībai, kas ietver veģetatīvu augšanu, ziedu un augļu veidošanos, kā arī ziemas pumpuru miera periodu (Hudson et al. 1959, Sønsteby and Heide 2008, Williams et al. 1959a). Turpretī vasaras avenu augšanas cikls, veģetatīvā augšana, ziedu un augļu veidošanās - notiek vienā gadā (Keep et al. 1988, Carew et al. 2000).

Gan vasaras gan rudens avenu augšanas posmi sākas vienādi. Tās veido jaunus dzinumus, kas veidojas kā sakņu atvasinājumi temperatūrai paaugstinoties pavasarī. Turpinoties augšanai pavasarī un vasarā, dzinumi iziet nepārtrauktu veģetatīvās augšanas posmu ar tipisku sigmoīdu laika ritējumu. Šajā brīdī abu avenu tipu augšana sāk atšķirties. Kamēr vasaras avenu augšana apstājas agri vasarā sākot veidoties galotnes ziediem, kas attīstās tieši un nes augļus (Williams et al. 1959b, Keep et al. 1988, Carew et al. 2000, Sønsteby and Heide 2009). Rudens avenas turpina savu augšanu visas vasaras garumā līdz augšana lēnām samazinās un apstājas. Vienlaikus ar augšanas apstāšanos, galotnes un augšējie sānu pumpuri iniciē ziedu primodiju veidošanos un nonāk miera periodā (Williams et al. 1959a, Sønsteby and Heide 2008). Miera stāvoklis tiek pārtraukts zemu temperatūru iespīdā ziemas laikā un paaugstinoties temperatūrai pavasarī sāks dīgs laterālie pumpuri, lai veidotos ziedi un tālāk arī augļi. Pēc ziedēšanas un augļu nogatavošanās gan vasaras, gan rudens avenas augšējā vasas daļa iet bojā un to dzīves cikls ir beidzies, respektīvi viengadīgs vai divgadīgs. Savukārt no vecā dzinuma sakņu atvasinājumiem un aksilārajiem pumpuriem veidojas jauni dzinumi un augšanas cikls var notikt atkal no jauna (Carew et al. 2000).



2. attēls. Attēlots dzīves cikls vasaras avenēm (A) un rudens avenēm (B). Zilā krāsa apzīmē veģetatīvo fāzi un sarkanā krāsa apzīmē reproduktīvo fāzi auga augšanā (Heide and Sønsteby 2011).

Lai arī avenes ir pieticīgas savos augšanas apstākļos un spēj nest augļus dažādos laikapstākļos un sastāva augsnēs, to sniegtā raža būs maza, salīdzinot ar ražu avenēm piemērotos apstākļos. Sākumā ir jāizvēlas to augšanai piemērota vieta un tā jāpagatavo stādu stādīšanai. Stādīšanas vietai jābūt pilnībā saulainai, jo avenes ir gaismu mīloši augi. Tās augs arī daļēji noēnotā vietā, bet to sniegtā raža būs mazāka nekā pilnībā saulainā vietā. Kā arī izvēlētajai vietai ir jābūt, kur vējš var plūst cauri avenu stādiem. Tādējādi paātrinot lapu žūšanu, kas tālāk ļauj izvairīties no slimību izraisītu patogēnu attīstības uz auga lapām. Pārlietu vējaina vieta var apgrūtināt dīgšanu, jo avenu auga dīgsti ir jutīgi pret izžūšanu. Augsnei, kurā augs tiks stādīts, jābūt ar labām drenāžas īpašībām, jo stāvošs ūdens var palielināt iespēju augam inficēties ar slimību izraisītiem patogēniem, kā arī palielina risku, ka augu sakņu sistēmai var sākt pietrūkt skābekļa vai tās var sākt pūt stāvoša ūdens dēļ.

Pēc īstās vietas atrašanas, ir jāpagatavo auga augšanai labvēlīga zeme. Piemērotākā augsne avenēm ir bagātīga ar dažādiem mikro un makro elementiem - tādiem kā slāpeklis, fosfors un kālijs. Tos ir iespējams nodrošināt ar ķīmiska mēslojuma izmantošanu vai arī dabiska komposta izmantošanu. Komposta izmantošanas gadījumā, ieteicams izmantot 1,9 kg komposta uz aptuveni 9 kvadrātmetriem stādāmā laukuma. Var izmantot miksētu barības vielu iestrādi augsnē izmantojot gan ķīmisko mēslojumu, gan kompostu. Augsnes pH līmenim jābūt robežās starp pH 6 un pH 7.

Kad augsne ir sagatavota, auga saknes ir jāizvieto klaji un jāizvairās no to saliekšanas liekot iekšā sagatavotajā stādīšanas bedrē. Stādīšanas bedrei jābūt klaji izvietotu sakņu platumā. Dziļums ir atkarīgs no paša auga. Liekot augu iekšā sagatavotajā stādīšanas bedrē, svarīgi ir to neievietot par dziļu. Augs jāievieto tā, lai vieta kur saknes pāriet stumbrā (virszemes vasas daļā) būtu 2,5 līdz 5 cm virs zemes.



3. attēls. Avenu augi vasaras vidū (A) un avenu augi tikko iestādīti zemē (B) Attēlu avots: <https://extension.umn.edu/fruit/growing-raspberries-home-garden#trellising-raspberry-plants-697312>

Avenēm sākot ziedēt maija beigās vai agri jūnijā, ir svarīgi, lai būtu tuvumā kameņi, medus bites vai citas savvaļas bites, jo tās ir lieliskas apputeksnētājas. Kā arī jo vairāk bišu būs tuvumā ziedēšanas laikā, jo lielākā būs gaidāmā raža.

Tālākas augšanas laikā svarīga ir auga regulāra laistīšana, jo tā saknes atrodas augsnes virsējos slāņos. Avenēm ir nepieciešams daudz ūdens sākot ar pavasari līdz brīdim, kad jau ir novākta raža. Bet jāatceras, ka pārlietu liels ūdens daudzums var arī kaitēt auga augšanai un ierosināt inficēšanos ar kādu auga patogēnu. Tāpēc regulāra (ieteicams ik nedēļu) laistīšana ar nelielu ūdens daudzumu augam ir labākā nekā retāka, bet ar lielāku ūdens daudzumu.

Bez laistīšanas svarīga ir arī auga stabilizēšana tā augšanas laikā. Avenu augšana bez stabilizēšanas var novest pie vēja bojājumiem, liekšanās pie zemes un lūšanas. Svarīgi ir novērst auga liekšanos pie zemes, jo tas samazinās tā ražību. Atbalsti var būt vienkārši izturīgi koka vai cita materiāla mieti blakus augam, tas palīdzēs tam neliecties pie zemes, bet arī pasargās no vēja un augs būs veselīgāks un ar lielāku ražību. Var stādīt avenu tuvumā izturīgus dekoratīvos augus vai citus pārtikā izmantojamus augus, kas nebūs garumā augstāki par pašām avenēm un nenoēnos tās. Šādā veidā augs ne tikai tiks atbalstīts, bet arī citu augu klātbūtne var palielināt pievilināto apputeksnētāju daudzumu līdz ar to palielinot avenu ražu.

Augšanas laikā svarīgi ir arī avenu atzarošana un lieko zāļu likvidēšana ap pašu augu. Šo darbību veikšana ne tikai uzlabos auga izskatu, bet arī ļaus izvairīties no inficēšanās ar kādu augu patogēnu.

Ražas novākšanas brīdi ir iespējams noteikt pēc augļu krāsas. Kad tie ir sasnieguši šķirnei raksturīgo krāsu un tie viegli nāk nost no to kātiņiem, tas ir brīdis, kad var sākt ražas ievākšanu. Augļus ieteicams būtu likt seklos traukos, jo avenēm atrodoties dziļu trauku apakšā, tās saspiežas zem virspusē esošo augļu svara [1].

Sarkanās avenes ir bagātīgas ar tādiem savienojumiem kā flavonoīdiem, fenolskābēm un tanīniem, kas ir vērtīgi cilvēkam (Paredes-López et al. 2010). Kā arī pētījumos ir pierādījies, ka avenēm ir augstāks antioksidantu saturs nekā daudzām citām ogām un dārzeņiem (Alibabić et al. 2018). Augu fenola savienojumus var iedalīt divās lielās kategorijās: fenolskābes (oksometāliskās) un to atvasinājumi, un flavonoīdi (polifenoli). Fenolskābēm un to atvasinājumiem, galvenokārt esteriem, ir vairāk vienkāršāka molekulārā struktūra, bet flavonoīdu savienojumiem ir sarežģītāka molekulārā struktūra, kas parasti ir heterocikliska ar piesaistītu(-iem) fenola gredzenu(-iem) (Augšpole et al. 2021). Flavonoīdi ietver antocianidīnus, kas ir ūdenī šķīstošu oksidētu flavonolu pigmenti, katehīnus, izoflavonus un proantocianīdus (David et. al., 2008). Ir arī zināms, ka cilvēkam uzturā lietojot flavonoīdiem bagātīgu pārtiku tie var inhibēt lipīdu peroksidāciju, ciklooksigenāzes un lipoksigenāzes enzīmu aktivitātes, trombocītu agregāciju, kā arī iespaidot kapilāru caurlaidību un to elastību. Flavonoīdi darbojas arī kā antioksidanti, kas iznīcina brīvos radikāļus vai veido divvērtīgos katjonu helātus (Augšpole et al. 2021). Avenes tiek uzskatītas arī par lielisku vitamīna C avotu cilvēka uzturā (Alibabić et al. 2018). Pasaules Veselības organizācija ir uzsvērusi fenola savienojumu antioksidantu aktivitātes nozīmi, kas īpaši tiek uzņemti ar dažādu krāsu ogām, lai mazinātu plašāk izplatītās veselības problēmas kā sirds un asinsvadu slimības, diabētu, vēzi un aptaukošanos (The World Health Report, 2002). Latvijā norisinājušās pētījumā tika veiktas četru Latvijā populāru avenu šķirņu ogu ķīmiskā sastāva analīzes pārbaudot ogās esošo kopējo fenola savienojumu sastāvu, kopējo flavonoīdu sastāvu,

titrējamo skābumu, kopējo šķīstošo cietvielu saturu aveņu ogās, kā arī pH un krāsu (Augšpole et al. 2021).

1. tabula. Aveņu ogās esošais vidējais kopējo fenolu (TPC), kopējo flavonoīdu (TFC), titrējamais skābums (TAc), kopējais šķīstošo cietvielu saturs (TSS) un pH (Augšpole et al. 2021).

Raspberry cultivars	TPC, mg GAE 100 g ⁻¹ , (FM)	TFC, mg QE 100 g ⁻¹ , (FM)	TAc, g 100 g ⁻¹ , (FM)	TSS (°Brix)	pH
‘Daiga’	141.76 ± 2.53	475.00 ± 2.04	2.06 ± 0.21	10.58 ± 0.75	3.23 ± 0.12
‘Shahrazada’	148.87 ± 3.43	456.06 ± 3.44	2.42 ± 0.11	9.78 ± 0.11	3.03 ± 0.32
‘Norna’	142.35 ± 1.05	465.91 ± 2.11	1.81 ± 0.32	10.28 ± 0.32	3.21 ± 0.12
‘Polana’	111.96 ± 3.11	411.36 ± 2.99	2.42 ± 0.11	8.33 ± 0.21	2.91 ± 0.41

Pētījumā izmantotās šķirnes (1.tabula) bija “Daiga”, “Shahrazda”, “Norna” un “Polana”. Pēc iegūtajiem rezultātiem ir redzams, ka augstākās vielu koncentrācijas ir novērojamas šķirnēs “Shahrazad” un “Norna”.

Citā pētījumā tika veiktas plašākas aveņu ogu analīzes, kur tika noteikts ūdens daudzums ogās, pelnu daudzums, proteīni, šķiedrvielas, citronskābe, ābolskābe, vitamīns C, niacīns, kopējie antociānīni, flavonoīdi, makroelementi (Na, K, Ca, Mg) un mikroelementi (Fe, Cu, Zn) starp 17 dažādām aveņu šķirnēm sastopamām Baltijas valstu reģionā (Akimov et al. 2021).

2. tabula. Uzturvielu sastāvdaļas aveņu ogās, % (Akimov et al. 2021).

Variety	Ash	Water	Protein	Nutritional fiber		
				insoluble	soluble	total
Beglyanka	0.60	86.2	0.83	2.1	0.9	3.0
Bryanskoye divo	0.33	89.7	0.84	2.0	1.5	3.5
Gerakl	0.40	88.9	1.00	3.0	0.9	3.9
Evrizia	0.40	86.3	1.33	2.1	1.4	3.5
Zhar-ptitsa	0.35	86.3	0.86	2.1	1.8	3.9
Zhelty gigant	0.57	86.4	0.72	2.5	1.0	3.5
Zolotaya osen	0.34	88.7	0.75	2.4	1.0	3.4
Maroseyka	0.55	88.3	1.16	2.2	0.7	2.9
Meteor	0.62	85.3	0.83	2.8	0.8	3.6
Mirazh	0.61	86.8	1.67	3.1	0.6	3.7
Oranzhevoye chudo	0.60	87.4	1.04	2.6	1.2	3.8
Patritcia	0.59	86.5	0.81	2.4	0.9	3.3
Peresvet	0.60	85.0	0.72	2.9	0.5	3.4
Rubinovoye ozherel'e	0.49	89.3	1.15	1.9	1.5	3.4
Scromnitsa	0.52	87.1	0.83	2.7	0.9	3.6
Elegantnaya	0.40	85.2	1.05	2.2	1.3	3.5
Polka	0.45	92.0	0.83	1.9	1.6	3.5
Polana	0.31	88.8	0.34	2.2	1.3	3.5
Mean	0.49	87.5	0.93	2.4	1.1	3.5
Standard errors	0.03	0.43	0.07	0.09	0.09	0.06
Median	0.51	87.0	0.84	2.3	1.0	3.5
Percentile 25 th	0.39	86.3	0.80	2.1	0.9	3.4
75 th	0.60	88.8	1.08	2.7	1.4	3.7

3. tabula. Organisko skābju, vitamīnu un polifenolu savienojumu saturs avenu ogās, mg/100g (Akimov et al. 2021).

Variety	Citric acid	Malic acid	Vitamin C	Niacin	Total anthocyanins	Flavonoids (by rutin)
Beglyanka	466	7.4	18.5	0.30	-	12.6
Bryanskoye divo	1035	12.0	20.7	0.22	48.7	37.3
Gerakl	1250	17.0	31.1	0.18	62.4	38.0
Evrazia	1540	14.5	28.2	0.18	83.0	42.9
Zhar-ptitsa	933	11.0	27.7	0.14	42.5	21.1
Zhelty gigant	973	17.0	18.0	0.50	-	7.9
Zolotaya osen	1310	20.0	24.6	less than 0.1	less than 0.1	6.0
Maroseyka	1246	19.0	19.0	0.90	15.0	28.7
Meteor	670	16.8	15.0	0.50	10.0	25.4
Mirazh	1144	15.0	13.6	0.90	14.5	12.3
Oranzhevoye chudo	1083	2.4	21.6	0.56	0.2	7.9
Patritsia	868	10.8	24.0	0.80	6.4	17.9
Peresvet	1298	32.0	28.2	0.75	44.3	21.2
Rubinovoye ozherel'e	1480	16.5	19.4	0.19	55.6	-
Scromnitsa	1241	34.4	22.0	0.55	9.5	13.4
Elegantnaya	1370	13.0	21.1	0.25	41.0	31.6
Polka	1750	31.0	15.4	0.21	83.6	-
Polana	1670	63.0	23.8	0.28	46.1	46.9
Mean	1185	19.6	21.7	0.44	37.5	23.2
Standard errors	78.11	3.21	1.16	0.07	7.02	3.29
Median	1244	16.7	21.4	0.30	42.5	21.2
Percentile 25 th	989	12.3	18.6	0.21	12.3	12.5
Percentile 75 th	1355	19.8	24.5	0.56	52.2	33.0

4. tabula. Makro un mikroelementu satur avenu ogās, mg/100g (Akimov et al. 2021).

Variety	Macroelements			Microelements			
	Na	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn
Beglyanka	2.25	231.1	46.1	23.4	0.59	0.100	0.396
Bryanskoye divo	2.55	157.5	46.9	15.6	0.47	0.021	0.365
Gerakl	1.91	162.3	49.0	14.1	0.49	0.024	0.533
Evrazia	2.78	134.0	30.8	11.7	0.43	0.016	0.327
Zhar-ptitsa	3.53	155.9	26.2	16.3	0.46	0.016	0.464
Zhelty gigant	0.98	388.0	30.5	29.7	0.97	0.089	0.377
Maroseyka	2.80	358.5	33.7	22.6	0.69	0.049	0.286
Meteor	1.43	300.6	34.6	67.7	0.56	0.057	0.356
Mirazh	1.00	372.7	41.5	34.4	1.34	0.059	0.343
Oranzhevoye chudo	3.68	224.7	35.0	14.7	0.50	0.022	0.269
Patritsia	1.32	274.5	35.0	31.0	0.60	0.076	0.342
Peresvet	1.06	252.6	58.5	66.3	0.56	0.055	0.296
Rubinovoye ozherel'e	3.99	194.3	44.9	14.7	0.72	0.027	0.434
Scromnitsa	1.80	282.2	38.4	25.8	0.49	0.054	0.242
Elegantnaya	4.11	155.2	47.4	23.1	0.53	0.038	0.329
Polka	2.57	118.8	26.9	11.4	0.29	0.023	0.341
Polana	2.47	135.5	29.4	10.5	0.43	0.020	0.323
Mean	2.37	239.3	38.5	25.5	0.60	0.044	0.35
Standard errors	0.25	2.42	2.21	4.18	0.06	0.006	0.02
Median	2.47	224.7	35.0	22.9	0.53	0.038	0.342
Percentile 25 th	1.43	155.9	33.0	14.7	0.49	0.022	0.323
Percentile 75 th	2.80	282.2	46.3	28.7	0.62	0.057	0.377

Avenu slimības

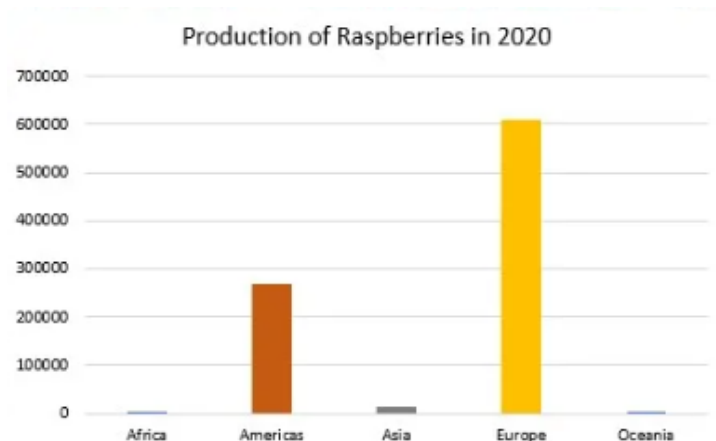
Lai arī avenes ir viegli audzējamas un to izplatības reģions ir liels, tās apdraud daudzas slimības, kas var kavēt augšanu un ražas nogatavošanos. Dažās slimības var nopietni kaitēt gan iegūstamajai ogu ražai, gan arī pašiem augiem un potenciāli tie var iet bojā un dažas slimības ir minimāli ietekmējošas un viegli likvidējamas (Kempler et al. 2012).

Lielus postījumus avenēm var nodarīt **sakņu puve**. Lielākoties sakņu puvi izraisa *Phytophthora rubi*, kas rezultējas lielos zaudējumos un bez pareizas apkaršanas var ātri izplatīties un inficēt citus avenu stādus. Visbiežāk sakņu puve sākas vietās, kas ir zemākas un kurās uzkrājas ūdens un tālāk izplatās ar lauku kultivēšanu vai arī ar ūdens palīdzību (Wilcox et al. 1989). Ir dažādi veidi kā limitēt sakņu puvi un tās attīstību. Vienkāršākie varianti ir stādīt avenes nedaudz augstāk par zemes līmeni un izveidot labu drenāžu. Ir iespējams izmantot arī fungicīdus, lai mazinātu sakņu puvi vai arī jāizvēlas avenu šķirne, kas ir rezistenta pret sakņu puvi (Hall et al. 2009).

Avenēm slimības var izraisīt arī baktērijas, ne tikai pelējuma sēnes. **Bakteriālais vēzis** ir avenu slimība ko izraisa *Agrobacterium tumefaciens*, kas var samazināt ražību avenu šķirnēm, kas ir uzņēmīgas un nav rezistentas pret šo baktēriju. Šī baktērija nokļūst augā caur ievainojumiem saknēs, kas potenciāli var rasties stādot augu vai arī nematožu iegrauzumos, kur tās ir barojušās. Šāda inficēta auga simptomi ir sakņu vai vainaga pietūkums, kas var būt izmēros no zirņa līdz tenisa bumbiņai. Šādi izaugumi vājina augu un izraisa vīšanu, īpaši siltā laikā. Vienīgais variants kā izvairīties no šīs slimības ir stādu iegāde no sertificētas un slimībām brīvas stādaudzētavas, jo baktēriji nespēj uzlabot inficētu augu stāvokli (Daubeny et al. 1996).

Pelēkais pelējums, ko izraisa *Botrytis cinerea* ir visplašāk izplatītā ogu pelējuma slimība. Šī slimība rada ievērojamus ražas zudumus, kā arī samazina ogu glabāšanas termiņu. Viens no variantiem kā neļaut augiem inficēties ar šo slimību ir tuneļu audzēšanas izmantošana. *B. cinerea* var parādīties ne tikai uz ogām, bet tas var sākt veidoties arī uz auga kātiem (Hall et al. 2009). Inficēšanās ar *B. cinerea* biežāk notiek ziedēšanas laikā, kad konīdiji nonāk ziedos un sākot veidot micēliju inficē jaunveidojošos auglķermenī un putekšņu kātiņus (Kempler et al. 2012). Lai cīnītos ar *B. cinerea* ir izstrādāti pūšami fungicīdi, kas aizsargā ziedus no inficēšanās ar pelējumu (Hall et al. 2009) Kā arī ir pieejamas avenu šķirnes, kas ir rezistentas pret *B. cinerea* izraisīto ogu un kātu pelēko pelējumu (Finn and Hancock 2008; Hall et al. 2009).

Avenes ir audzējamas visās mērenās klimata joslas teritorijās, šīs teritorijas aptver gandrīz visus kontinentus. Eiropa starp visiem ir lielākā teritorija kurā tiek audzētas avenes, sasniedzot aptuveni 610000 tonnu gadā (4. attēls) [2].



4. attēls. Avenu ražas lielums atkarībā no audzēšanas vietas. Avots: <https://scienceagri.com/10-worlds-biggest-raspberries-producers/>

Baltijas valstis pasaules avenu audzētāju sarakstā (44 pasaules valstis) ierindojas dažādās vietās. Lietuva ierindojas 26. vietā ar 1060 tonnām ogu gadā, Igaunija ierindojas 36. vietā ar 190 tonnām ogu gadā un Latvija ierindojas 41. vietā ar 90 tonnām ogu gadā [3].

Lielākoties avenes tika audzētas un ievāktas, lai tās tālāk nodotu ražotnēm, kur tiktu ražoti ievārījumi, biezeņi, sulas vai arī tās tiktu sasaldētas. Tālāk no ražotnēm avenu produkti nonāk veikalu plauktos, kur tos var iegādāties patērētājs. Ilgu laiku veikalos nonāca lielākoties jau apstrādātas avenu ogas, jo svaigu ogu uzglabāšanas termiņš ir īss. Pēdējā desmitgadē sāk pieaugt tirgū pieprasījums pēc svaigām avenu ogām, kas potenciāli saistāms ar palielinātu uzmanību uz avenu pozitīvo ietekmi uz cilvēka veselību (Kempler et al. 2012).



5. attēls. Rudens avenes – dažas ogas ir ietekmētas ar *B. cinerea*.

Kā jau minēts augstāk, aveņu ogu pārstrādes iespējas ir ļoti dažādas, sākot ar ievārījumu un saldējumu ražošanu beidzot ar dažādiem kosmētikas līdzekļiem. Visi šie produkcijas veidi tiek ražoti vairākos Latvijas uzņēmumos. Kā arī svaigas ogas ir pieejams gan veikalos, gan tirgos no Latvijas lauksaimniekiem, kā arī importētas no kaimiņzemēm [4, 5, 6, 7].

Literatūras avoti

- Akimov MY, Koltsov VA, Zhbanova E V, Akimova OM (2021) Nutritional value of promising raspberry varieties. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. p 022078
- Alibabić V, Skender A, Bajramović M, et al (2018) Evaluation of morphological, chemical, and sensory characteristics of raspberry cultivars grown in Bosnia and Herzegovina. Turkish J Agric For 42:67–74. <https://doi.org/10.3906/tar-1702-59>
- Augšpole I, Dimiņš F, Romanova I, Liniņa A (2021) Characterization of red raspberry (*Rubus idaeus* L.) for their physicochemical and morphological properties. Agron. Res. 19:1227–1233
- CAREW, J. G., GILLESPIE, T., WHITE, T., WAINWRIGHT, H., BRENNAN, R. and BATTEY, N. H. (2000). The control of the annual growth cycle in raspberry. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 75, 495–503.
- Darrow, G.M. (1937) Blackberry and raspberry improvement. p. 496–533. In: USDA Yearbook of Agr. Government Printing Office, Washington D.C.

- Daubeney, H.A. and T.M. Sjulín (1984) BC 72-1-7 Red Raspberry. *HortScience* 19:733–734
- Daubeney, H.A. (1996) Brambles. In: Janick J., J.N. Moore (eds.) *Fruit Breeding. vol. II. Vine and small fruit*. John Wiley & Sons, New York
- David, W., Reische, Dorris, A., Lillard, Ronald, R. & Eiten, M. 2008. Antioxidants, in: Casimir C. Akoh and David B. Min (Eds.), *Food Lipids. Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*, CRC Press (Taylor & Francis Group), New York, 409–430.
- Finn, C.E. and J.E. Hancock (2008) Raspberries. In: J.F. Hancock (ed.), *Temperate fruit crop breeding: Germplasm to genomics*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. p. 359–392
- Hall, H.K., K.E. Hummer, A.R. Jamieson, S.N. Jennings, and C.A. Weber (2009) Raspberry Breeding. p. 39–353. In: J. Janick (ed.), *Plant Breeding Reviews vol. 32*. Timber Press, Inc, Portland, Ore.
- Hedrick, U.P. (1925) *The small fruits of New York*. J.B. Lyon Co., Albany, N.Y
- Heide OM, Sønsteby A (2011) Physiology of flowering and dormancy regulation in annual- and biennial-fruited red raspberry (*Rubus idaeus* L.) - A review. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 86:433–442
- HUDSON, J. P. (1959). Effects of environment on *Rubus idaeus* L. I. Morphology and development of the raspberry plant. *Journal of Horticultural Science*, 34, 163–169.
- Jennings, D.L. (1988) *Raspberries and blackberries: Their breeding, diseases and growth*. Academic Press, London
- Johnson, G.W. (1829) *A history of English gardening, chronological, biographical, literary, and critical, tracing the progress of the art in this country from the invasion of the Romans to the present time*. Baldwin & Cradock, London
- KEEP, E. (1988). Primocane (autumn)-fruited raspberries: a review with particular reference to progress in breeding. *Journal of Horticultural Science*, 63, 1–18.
- Kempler C, Hall H, Finn CE (2012) Raspberry. In: *Fruit Breeding*. Springer US, Boston, MA, pp 263–304
- Paredes-López O, Cervantes-Ceja ML, Vigna-Pérez M, Hernández-Pérez T (2010) Berries: Improving Human Health and Healthy Aging, and Promoting Quality Life-A Review. *Plant Foods Hum. Nutr.* 65:299–308
- Prince, W.R. (1832) *The pomological manual: or, a treatise on fruits: containing descriptions of a great number of the most valuable varieties for the orchard and garden*. T. & G. Swords. New York
- SØNSTEBY, A. and HEIDE, O. M. (2008). Environmental control of growth and flowering of *Rubus idaeus* L. cv. Glen Ample. *Scientia Horticulturae*, 117, 249–256

- SØNSTEBY, A. and HEIDE, O. M. (2009). Effects of photoperiod and temperature on growth and flowering of the annual (primocane) fruiting raspberry (*Rubus idaeus* L.) cultivar Polka. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 84, 439–446
- The World Health Report 2002. Reducing risks and promoting healthy life. Geneva, WorldHealth Organization, 2002.
- Wilcox, W.F. (1989) Identity virulence and isolation frequency of seven *Phytophthora* spp. Causing root rot of raspberry in New York State. Phytopathology 79:93–101
- WILLIAMS, I. H. (1959a). Effects of environment on *Rubus idaeus* L. III. Growth and dormancy of young shoots. Journal of Horticultural Science, 34, 210–218.
- WILLIAMS, I. H. (1959b). Effects of environment on *Rubus idaeus* L. IV. Flower initiation and development of the inflorescence. Journal of Horticultural Science, 34, 219–228.
- [1] <https://extension.umn.edu/fruit/growing-raspberries-home-garden#planting-and-caring-for-new-plants-697310> (Skatīts: 09.02.23; 22:33)
- [2] <https://scienceagri.com/10-worlds-biggest-raspberries-producers/> (Skatīts: 10.02.23; 22:44)
- [3] <https://www.atlasbig.com/en-us/countries-raspberry-production> (Skatīts: 10.02.23; 22:50)
- [4] <https://www.veryberry.lv/produkti> (Skatīts: 10.02.23; 23:10)
- [5] <http://www.puretaste.lv/index.php?lang=en> (Skatīts: 10.02.23; 23:15)
- [6] <https://veikals.rujienassaldejums.com/produkti/saldejums/1/123/avenu> (Skatīts: 10.02.23; 23:27)
- [7] <https://www.madaracosmetics.com/en/shop/deep-moisture-vitamin-oil> (Skatīts: 10.02.23; 23:33)

GLOBALIE IZAICINĀJUMI AUGU MINERĀLAJĀ BAROŠANĀ UN AIZSARDZĪBĀ

Augu ražības palielināšana un ražošanas izmaksu samazinājums ir liels izaicinājums lauksaimniecībai globāli un lokāli. Klimata mainība un kultivācijas zemes platību pieejamība, kaitēkļu uzbrukumi (slimību izraisītāju mikroorganismu un augēdāju bezmugurkaulnieku), pieaugošais pieprasījums pēc lauksaimniecības produkcijas un ražošanas līdzekļu (minerālmēsļu, pesticīdu, ūdens) pieejamība un cenu svārstības ir svarīgi faktori ražas nodrošināšanā. Zemāk minētas globālās un reģionālās tendences lauksaimniecības ražības palīg līdzekļu tirgu, kas, paredzams, ietekmēs aļģu izcelsmes biostimulantu vai aizsardzības līdzekļu pieprasījumu Eiropā un Latvijā.

Sintētiskais un bioloģiskais minerālmēslojums

Starptautiskās Minerālmēsļu Asociācijas (IFA, International Fertilizer Association) datu apkopojumi liecina par stabili pieaugošu pieprasījumu minerālmēsļu tirgu 2021.-2025. gadā, ko veicinās mērķi palielināt lauksaimniecības kultūru ražīgumu. IFA dokumenti paredz arī organiskā mēslojuma tirgus pieaugumu, ko veicinātu politiskās iniciatīvas, piem., Eiropas Savienības iniciatīva “No saimniecības līdz galdam” (Farm to Fork) paredz 25% pieaugumu organiskā mēslojuma sektorā un mērķi par 50% samazināt mēslojuma zudumus agrosistēmās (IFA Public Summary. Medium-Term Fertilizer Outlook. 2021 – 2025). Šīs tendences liecina par potenciālu jauniem organiskas izcelsmes līdzekļiem, tostarp mikroaļģu izcelsmes augiem domāta mēslojuma vai biostimulantu produktu ienākšanai tirgū.

IFA dokumenti ziņo arī par potenciālu cenu kāpumu un piegādes ierobežojumiem starpvalstu sankciju un pandēmijas dēļ. Piem., sankcijas pret Baltkrieviju, kas 2019. gadā bija 3. lielākā kālija minerālmēsļu (potaša) eksportētāja, vai COVID-19 pandēmija Hubei provincē, kas nodrošina 25% no Ķīnas fosfora apjoma. Tādējādi paredzams, ka pieaugs pieprasījums pēc vietēji ražota un pieejama mēslojuma avota.

Augu augšanas stimulatori

Globālais augu biostimulantu tirgus apjoms tiek lēsts ap 2.3 miljrd. USD 2020. gadā, bet paredzamais pieaugums līdz 2026. gadam tiek lēsts 4.1 miljrd. USD (Research & Market Report, 2022). Biostimulanti ietver plašu produktu klāstu – humusu un tā sastāvā ietilpstošās organiskās skābes (humīnskābe, fulvīnskābe), hidrolizētus proteīnus un aminoskābes, hitīnu (hitozānu), dažādus augu vai mikroaļģu ekstraktus, dzīvnieku izcelsmes produktus, kā arī produktus, kas satur mikroorganismus vai ietekmē augsnes mikrobioma sastāvu. Biostimulantu definīcija ir bijusi elastīga un kopš plašākas industriālas izmantošanas 20. gs. 2. pusē ietvērusi dažādus augstāk minētos produktus (Tabula 1), kuru darbības mehānismi potenciāli var ietvert gan augu minerālo barošanu, gan aizsargreakciju aktivēšanu, gan fizioloģisko procesu regulāciju vai mijiedarbības ar augsnes mikrobiomu (Yakhin et al., 2017). Piemēri dažādiem komerciālajiem produktiem un to darbības īpašībām sniegti Tabulā 2. Aļģu biostimulantu piemēri, sastāvs un potenciālie mehānismi sīkāk aprakstīti 2. sadaļā. Sagaidāms, ka

augošā biostimulantu tirgū parādīsies arvien jauni produkti, kam būs jākonkurē gan efektivitātē, gan ražošanas izmaksās ar jau tirgū esošajiem produktiem. Vēl plaši neizpētīta ir arī dažādu produktu kombināciju potenciālā efektivitāte.

Tabula 1. Produkti, kas klasificēti un izmantoti kā augu biostimulanti. (Avots: Yakhin et al., 2017).

	Filatov, 1951b	Ikrina and Kolbin, 2004	Kauffman et al., 2007	Du Jardin, 2012	Calvo et al., 2014	Halpern et al., 2015	Du Jardin, 2015	Torre et al., 2016
1	Carboxylic fatty acids (oxalic acid and succinic acid)	Microorganisms (bacteria, fungi)	Humic substances	Humic substances	Microbial inoculants	Humic substances	Humic and fulvic acids	Humic substances
2	Carboxylic fatty hydroxy acids (malic and tartaric acids)	Plant materials (land, freshwater and marine)	Hormone containing products (seaweed extracts)	Complex organic materials	Humic acids	Protein hydrolysate and amino acid formulations	Protein hydrolysates and other N-containing compounds	Seaweed extracts
3	Unsaturated fatty acids, aromatic and phenolic acids (cinnamic and hydroxycinnamic acids, coumarin)	Sea shellfish, animals, bees	Amino acid containing products	Beneficial chemical elements	Fulvic acids	Seaweed extract	Seaweed extracts and botanicals	Hydrolyzed proteins and amino acids
4	Phenolic aromatic acids containing several benzene rings linked via carbon atoms (humic acids)	Humate- and humus-containing substances		Inorganic salts (such as phosphite)	Protein hydrolysates and amino acids	Plant-growth-promoting microorganisms (including mycorrhizal fungi)	Chitosan and other biopolymers	Inorganic salts
5		Vegetable oils		Seaweed extracts	Seaweed extracts		Inorganic compounds	Microorganisms
6		Natural minerals		Chitin and chitosan derivatives			Beneficial fungi	
7		Water (activated, degassed, thermal)		Antitranspirants			Beneficial bacteria	
8		Resins		Free amino acids and other N-containing substances				
9		Other raw materials (oil and petroleum fractions, shale substance)						

Tabula 2. Komerčiālu augu biostimulantu un augšanas regulatoru vai mēslojuma produktu piemēri. Jūras makroaļģu izcelsmes produkti/ekstrakti pasvītroti (zaļā), augu - (zilā), dzīvnieku - (sarkanā), sāļi vai neorganiskas izcelsmes produkti - (violetā), izdalīti augu hormoni vai organiski savienojumi (melnā). (Avots: Yakhin et al., 2017).

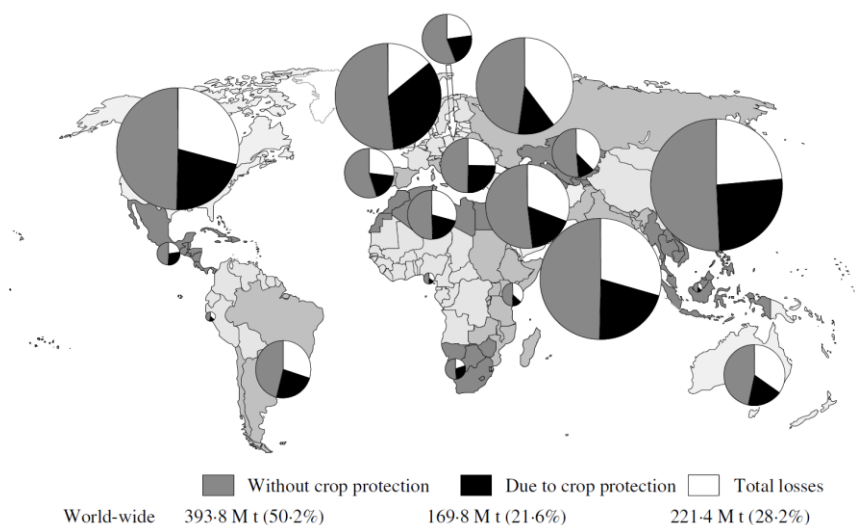
Preparations	Source, composition	Found in the literature related terms	References
Activwave®	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Metabolic enhancer Biostimulant	Spinelli et al., 2010 Vernieri et al., 2006; Ferrante et al., 2013
Agrispon®	Natural plant extract	Biostimulant Bioregulator, Biostimulant Biostimulator	Rouse, 1984 Dubravec et al., 1995 Michalski, 2008
Aminoplant (Siapton®)	Epithelial tissues (natural substances animal origin)	Organic biostimulant, Soil fertilizer Biostimulant Fertilizer	Maini, 2006 Betti et al., 1992; Mladenova et al., 1998; Apone et al., 2006; Cambri et al., 2008; Kunicki et al., 2010 Mladenova, 1978
Asahi SL (Atonik)	Sodium para-nitrophenolate, sodium ortho-nitrophenolate, sodium 5-nitroguaiacolate	Biostimulant Bioregulator	Basak, 2008; Przybysz et al., 2014 Michalski, 2008
Bio-Algen®	<i>Phaeophyceae</i>	Biostimulator, Bioregulator	Basak, 2008
Biozyme®	<i>Ascophyllum nodosum</i> (GA ₃ +IAA+zeatin+chelated micronutrients)	Biostimulant Bioregulator	Tandon and Dubey, 2015 Belakbir et al., 1998; Ruiz et al., 2000
ComCat®	<i>Lychnis viscaria</i>	Plant growth regulator, biostimulant,	Van der Watt and Pretorius, 2013
Ergostim®	L-cysteine and folic acid derivative	Plant growth regulator, Biostimulant Biostimulant Bioregulator, Biostimulant	Cutler and Cutler, 2004 Gupta and MacLeod, 1982; Sanders et al., 1990; Kinnersley, 1993 Dubravec et al., 1995
Fantac (Quantum)	Mixture of 5% N-Acetyl thiazolidine carboxylic acid (N-ATCA) and 0.1% folic acid	Biostimulant, growth promoter	Srivastava et al., 2008, 2010
FOLIAR (Macro-Sorb Foliar)	A complex water soluble solution derived from the enzymatic hydrolysis of animal membranes	Biofertilizer Biostimulant	Aylward, 2005 Kauffman et al., 2007
Goëmar BM 86®	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Fertilizer, Biostimulator, Bioregulator Fertilizer	Basak, 2008 Craigie, 2011
Kelpak®	<i>Ecklonia maxima</i>	Biostimulant	Arthur et al., 2013; Stirk et al., 2014
		Biostimulator, Bioregulator Plant growth regulator, bioregulator Fertilizer Plant growth stimulant	Basak, 2008 Michalski, 2008 Dhargalkar and Pereira, 2005 Khan et al., 2009
Maxicrop®	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Biostimulator, Bioregulator Fertilizer Plant growth stimulant	Basak, 2008 Dhargalkar and Pereira, 2005 Khan et al., 2009
Seasol (Agrikelp)	<i>Durvillea potatorum</i>	Plant growth stimulant Liquid organic fertiliser Biostimulant	Khan et al., 2009 Tay et al., 1987; Kurepin et al., 2014 Sharma et al., 2014
Stifun*	The complex of biologically active substances of natural origin	Bioregulator Plant growth regulator Biostimulant	Yakhin et al., 2006, 2007, 2011a Yakhin et al., 2011b, 2012, 2013 Yakhin et al., 2014, 2016a,b
SM3 (Sea Magic 3)	<i>Laminariaceae</i> and <i>Fucaceae</i> species	Biostimulator, Bioregulator	Basak, 2008
Tytanit®	Titanium	Biostimulant Fertilizer	Basak, 2008 Kleber and Markiewicz, 2013
Wuxal®-Ascocol	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Biostimulator, Bioregulator	Basak, 2008
-	moringa leaf extract	Plant growth stimulant Biostimulant	Yasmeen et al., 2013 Abdalla, 2013; Yasmeen et al., 2014

*By the results of state registration tests Stifun was recommended for registration but does not registered yet.

Sintētiskie pesticīdi un integrētā kaitēkļu ierobežošana

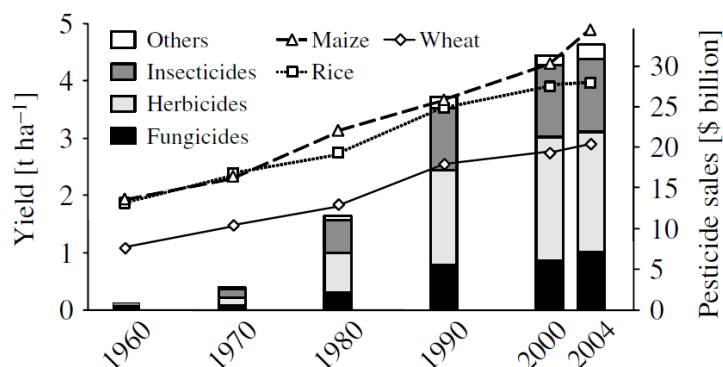
Cīņa ar kaitēkļiem ir nozīmīga kultūraugu ražības nodrošināšanai. Izmantojot dažādas kultūraugu aizsardzības metodes – mehāniskās, ķīmiskās, bioloģiskās kontroles – tiek aizsargāti 20% –

50% no lauksaimniecības kultūru produkcijas pasaulē (Oerke, 2006). Piem., 21.6% kviešu ražas tiktu zaudētas, ja šādu aizsardzības pasākumu nebūtu (Attēls 1).



Attēls 1. Aplēstais mehānisko, ķīmisko un bioloģiskās kontroles pasākumu devums kviešu ražas (milj. tonnu) iegūšanā dažādos reģionos (2001.-2003. g.). Pelēks: raža bez augu aizsardzības; melns: raža, ko atgūst, pielietojot kaitēkļu aizsardzību; balts: citi potenciālās ražas zudumi. (Avots: Oerke, 2006)

Ļoti nozīmīgs devums kaitēkļu kontrolē ir pesticīdu izmantošanai, kas vēsturiski nodrošinājusi ražības pieaugumu lauksaimniecības kultūrās, piem., graudzālēs (Attēls 2).



Attēls 2. Rīsu, kviešu, kukurūzas ražības pieaugums (tonnas uz hetāru) saistīts ar insekticīdu, herbicīdu, fungicīdu tirgus daļas (miljrd. USD) pieaugumu. (Avots: Oerke, 2006)

Zemāk minētās Eiropas Savienības regulas un direktīvas (1-3) ir bijis juridiskais ietvars, lai palielinātu organiskās lauksaimniecības tirgus daļu, kā arī 2018. gadā aizliegtu neonikotenoīdu (clothianidin, imidacloprid, thiamethoxam) lauka izmantošanu ES valstīs.

1. Regulation (EC) No 2003/2003 of October 13, 2003, relating to fertilizers
2. Directive 2009/128/EC of October 21, 2009, establishing a framework for community action to achieve the sustainable use of pesticides

3. Regulation (EC) No 1107/2009 of October 21, 2009, concerning the placing of plant protection products on the market

Lai arī šīs iniciatīvas limitē atsevišķas negatīvās pesticīdu lietošanas sekas biškopībā, bioloģiskās lauksaimniecības ražība mēdz būt vidēji par 10-18% mazāka kā saimniecībās, kas izmanto konvencionālos sintētiskos pesticīdus un minerālmēslus (Reganold & Wachter, 2016; Crowder & Reganold, 2015). Papildus tam komerciāli pieejamie organiskie augsnes uzlabotāji un augu augšanas stimulatori bieži nav tik efektīvi un ir dārgāki nekā sintētiskie.

Rudens aveņu kaitēkļu problēmas Latvijā

Apkopojot vairāku gadu novērojumus par slimību izplatību aveņu stādījumos, Latvijas Augu aizsardzības pētniecības centra (LAAPC) speciālisti ir secinājuši, ka gadu no gada ekonomiski nozīmīgus kultūraugu ražas zudumus izraisa dažāda veida mikroskopiskās sēnes:

- Sakņu puves (maz pētītas);
- Stublāju un dzinumumu iedegas (*Elsinoe veneta*, *Leptosphaeria coionthyrium*), mizas plaisāšana (*Didymella applanata*) (Attēls 3);
- Miltrasa (*Sphaerotheca macularis* f.sp.rubi);
- Ogu puves (*Botrytis cinerea*), ogu dzeltenā rūsa (*Pragmidium rubidae*) (Attēls 4), bet iespējamas arī sekundārās infekcijas ar citām puvi izraisošajām sēnēm (*Rhizopus stolonifer* vai *Mucor* spp.).



Attēls 3. Sēņu izraisītāju redzami slimību simptomi uz viegadīgajiem un divgadīgajiem aveņu dzinumiem – lakstu iedegas, antraknoze, mizas plaisāšana, stublāju nokalšana. (Foto: J. Volkova, LAAPC materiāli).



Attēls 4. Rūsas sēņu un *Botrytis cinerea* izraisītie ogu bojājumi un puve. Bieži bojā iet arī ziedi vai kopaugļu aizmetņi. (Foto: J. Volkova, LAAPC materiāli).

Pēc LAAPC norādītās informācijas visizplatītākā mikroskopiskā sēne, kas var izraisīt līdz pat 35% zudumus no aveņu kopējas ražas ir *Botrytis cinerea* jeb pelēkā puve (Volkova, 2013). Tika novērots, ka *Botrytis cinerea* aveņu stādījumos zem segumiem, kā arī saimniecībās, kuri izmanto integrēto augu audzēšanu, izplatās mazāk, salīdzinājumā ar bez seguma un bioloģiskajās saimniecībās. Tā ir nozīmīga slimība gan vasaras, gan izteikti rudens aveņu stādījumos.

Avenes inficējas ar pelēko puvi ziedēšanas laikā. Pelēkās puves sporas izplatās ar gaisa plūsmu palīdzību un, nonākot uz zieda, sadīgst, sēnes hifas pa drīksnu nonāk sēklotnē un tur saglabājas, līdz oga nogatavojas. Slimību kontrole, galvenokārt, tiek balstīta uz fungicīdu izsmidzinājumiem ziedēšanas laikā. Latvijā ir reģistrēti vairāki fungicīdu preparāti, proti 'Čempions 50 p.s', 'Effector®', 'Aliette', kurus rekomendē izmantot pirms ziedēšanas, tādējādi palielinot ražu. Tomēr ņemot vērā *Botrytis cinerea* sēņu īpatnību veidot sporas, pastāv sekundārais ogu inficēšanas risks arī ražas novākšanas laikā, kad fungicīdu lietošana vairs nav atļauta. Saimniecībās, kuras praktizē augu bioloģisko audzēšanu, fungicīdu, sintētisko minerālmēsļu un pesticīdu lietošana nav atļauta, ir jāmeklē citi alternatīvie risinājumi slimību kontrolei, augļu un ogulāju produktivitātes nodrošināšanai, un rezistencei pret biotiskiem un abiotiskiem stresa faktoriem. Pašlaik organiskie augsnes uzlabotāji un augu augšanas stimulatori nav tik efektīvi un lēti kā sintētiski.

Mazāk pētītas ir citas aveņu kaitēkļu grupas, piem., augēdāji kukaiņi, kas var būt arī bakteriālo vai vīrusa slimību izraisītāju pārnēsātāji. Arī nezāles, piem., gārsas, ir ziņoto aveņu kaitēkļu vidū (LAAPC speciālisti; la.lv, februāris 2013).

Literatūra un avoti

Agro Tops. Jūlijs 2013. J.Volkova, LAAPC materiāli.

Crowder DW, Reganold JP. 2015. Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale. Proceedings of the National Academy of Sciences 112: 7611–7616.

IFA. Public Summary: Medium-Term Fertilizer Outlook 2021-2025. <https://www.ifastat.org/market-outlooks> (pieeja 4.03.2022).

Farm to Fork strategy, EC, https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en (pieeja 17.03.2022).

LAAPC speciālisti. Zane Mintāle, Ilonas Klovānes raksts feb., 2013 <https://www.la.lv/garsa-avenes> (pieēja 4.03.2022).

LAAPC, Jūlija Volkova, Avenu un Upeņu slimības, https://fruittechcentre.eu/sites/default/files/files/articles/slimibas_laapc.pdf (pieēja 4.03.2022).

Oerke E-C. 2006. Crop losses to pests. The Journal of Agricultural Science 144: 31–43.

Reganold JP, Wachter JM. 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. Nature Plants 2: 1–8.

Research and Markets (2022). Biostimulants Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2022-2027. www.researchandmarkets.com (pieēja 3.03.2022).

Research and Markets (2022). Plant Biostimulants - Global Market Trajectory & Analytics. www.researchandmarkets.com (pieēja 3.03.2022).

Viedās specializācijas stratēģija (Research and Innovation strategy for smart specialization - RIS3), https://www.izm.gov.lv/sites/izm/files/ekosist_kopsavilkums_ris31.pdf (pieēja 17.03.2022).

Volkova J. 2013. Avenu slimības stādījumos zem seguma. AGRO TOPS http://fruittechcentre.eu/sites/default/files/files/pages/avenu_slim.pdf

MIKROAĻĢU BIOAKTĪVĀS VIELAS

Jēdziens “mikroaļģes” ir vairāk praktisks nekā bioloģisks. Visbiežāk ar šo terminu apzīmē gan prokariotiskus, gan eikariotiskus viencelšņu organismus, kuri spēj fotosintezēt (Schumann et. al., 2014). Prokariotiskās mikroaļģes ir sastopamas divos taksonos – *Cyanophyta* (cianobaktērijas) un *Prochlorophyta*. Eikariotiskās mikroaļģes ir sastopamas deviņos taksonos – *Glaucophyta*, *Rhodophyta*, *Heterokontophyta*, *Haptophyta*, *Cryptophyta*, *Dynophyta*, *Euglenophyta*, *Chlorarachniophyta* un *Chlorophyta* (Hemaiswarya, 2013). Lielākās eikariotisko mikroaļģu grupas – *Chlorophyceae* (zaļās aļģes), *Phaeophyceae* (brūnās aļģes), *Pyrrophyceae* (dinoflagellāti), *Chrysophyceae* (zeltainās aļģes), *Bacillariophyceae* (diatomi) un *Rhodophyceae* (sārtaļģes). Dabā ir sastopamas no 22000 līdz 26000 mikroaļģu sugas (Norton et al., 1996).

Mikroaļģes ir bagātas ar barības vielām un bioaktīviem savienojumiem: proteīniem, polisaharīdiem, lipīdiem, polinepiesātinātām taukskābēm, vitamīniem, pigmentiem, un enzīmiem. Šiem savienojumiem var piemist antioksidantu, antibakteriālas, antivirālas, pretaudzēju, reģeneratīvas, antihipertensijas, neiroprotektantas un imūnstimulējošas īpašības. Šīm īpašībām ir pielietojumi farmakoloģijā, medicīnā, kosmetoloģijā, ķīmijas industrijās, zivju audzēšanā, enerģijas ražošanā un lauksaimniecībā. (Dolganyuk et al. 2020).

Lipīdi

Mikroaļģes producē daudzveidīgu klāstu lipīdu – triacilglicerolus, fosfolipīdus, glikolipīdus vai fitosterolus -, kas satur taukskābes no C12 līdz C24, kurām bieži klāt ir mono- vai polinepiesātinātas taukskābes C16 un C18. Mikroaļģu sausna var saturēt 20-50% lipīdu. Parasti mikroaļģes satur tādas polinepiesātinātas taukskābes (PUFAs) kā arahidonskābe, eikosapentanēnskābe un cervonskābe (*angl. docosahexaenoic acid* jeb DHA). Galvenā piesātinātā taukskābe ir palmitīns. Nozīmīgs mikroaļģu lipīdu pielietojums ir kā alternatīvs avots pārtikas PUFA produktiem – EPA, DHA, kā arī to prekursoram α -linonēnskābe. Atsevišķos pētījumos ir parādīts, ka noteiktām taukskābēm, piemēram, linolēnskābei, ir raksturīgas antimikrobiālās īpašības. Lielākā daļa aļģu, kas satur daudz omega-3 taukskābju, apdzīvo jūras vides, piemēram, *Schizochytrium* sp. un *Nannochloropsis* sp. (Dolganyuk et al. 2020).

Polisaharīdi

Mikroaļģes satur polisaharīdus, kuriem ir zināmas spējas uzlabot augu augšanu, piemēram, β -glukāns. Šie savienojumi domājams mijiedarbojas ar leicīna bagātiem atkārtojumiem membrānu receptoros, kas aktivē ar šūnu ekspansiju saistītu gēnu regulācijas mehānismus (Ronga et al. 2019).

Chlorella vulgaris spēj augt miksotrofi un tās producētie polisaharīdi sastāv no daudzveidīgas monosaharīdu (un disaharīdu) kompozīcijas – fruktozes, maltozes, laktozes, ramnozes, arabinozes un glikozes. Polisaharīdus saturošajos biomasas preparātos sastopamas arī sulfātu, proteīnu un uronskābes

grupas. *C. vulgaris* polisaharīdu ekstraktam piemīt antioksidantu īpašības, kuras izraisa sulfātu frakcija (El-Naggar et al. 2020). Šajā pašā pētījumā *Chlorella vulgaris* polisaharīdu ekstraktus (3 un 5 mg mL⁻¹) pielietoja *Phaseolus vulgaris* (Parastā pupa) un *Triticum vulgare* (Mīkstie kvieši) kultūraugu sēklu dīdēšanai, kas būtiski uzlaboja augšanas parametrus (sausnas un svaiga auga masa, lapu laukums, vasas augstums, sakņu garums), fotosintētisko pigmentu saturu dīgļlapās, ogļhidrātu, proteīnu saturu un antioksidatīvo aktivitāti, salīdzinot ar kontroli, pēc 10 dienu audzēšanas perioda (El-Naggar et al. 2020).

Fitohormoni

Fitohormoni ir mazmolekulāri savienojumi, kuri darbojas kā ķīmiski signālnesēji augu fotosintēzes, elpošanas, nukleīnskābju sintēzes un barības vielu uzņemšanas regulēšanai. Mikroaļģu ekstrakti satur auksīnus, citokinīnus, abscizskābi, etilēnu un giberelīnus. **Auksīni** saistīti ar augu fototropismu (augšana gaismas avota virzienā) un gravitropismu, sakņu augšanu un attīstību, šūnu dalīšanos, elongāciju un turgora spiedienu. **Citokinīni** saistīti ar sakņu un vasas attīstību, lapu senescenci, barības vielu mobilizāciju, pumpuru aktivēšanu, sēklu dīdēšanu un tiem arī ir fundamentāla loma šūnu dalīšanās procesiem (Ronga et al. 2019).

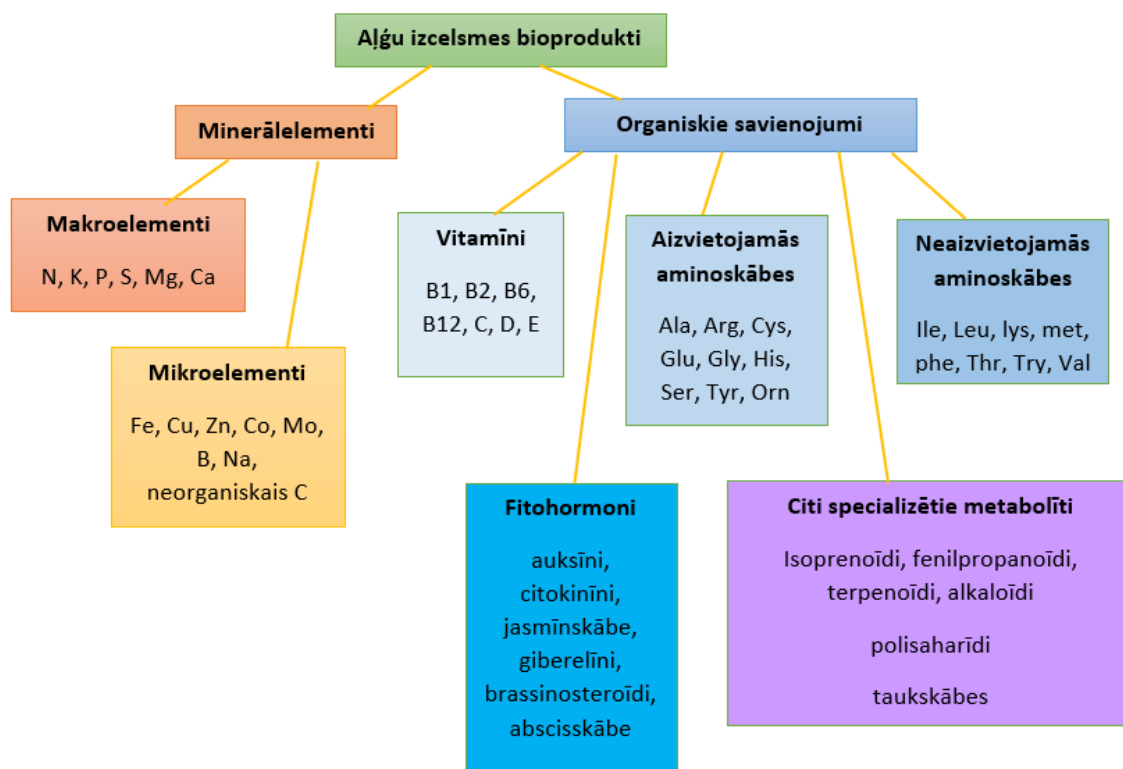
Abscizskābe regulē sēklu nobriešanu un augu stresa atbildi. Tā arī ieņem stresa molekulas funkciju ciānbaktērijās. Augsta abscizskābes koncentrācija samazina etilēna sintēzi, kas inhibē auksīna transportu un biosintēzi. Abscizskābe un citokinīni regulē šūnu atbildi uz abiotiskiem stresiem. Mikroaļģēm slāpekļa trūkuma gadījumā tiek pastiprināti abscizskābes un nomākti citokinīnu biosintētiskie ceļi (Ronga et al. 2019).

Giberelīni regulē sēklu dīgtspēju, stublāja pagarināšanos, lapu ekspansiju un ziedu un sēklu attīstību. Giberelīni un auksīni darbojas sinerģiski viens otram, tāpēc giberelīna daudzums pozitīvi ietekmē auksīni. Starp giberelīnu un abscizskābi, kā arī starp giberelīnu un citokinīniem ir antagoniska mijiedarbība (Ronga et al. 2019).

Brassinosteroīdiem ir duāla funkcija – augšanu veicināšanas hormoni, kā arī aizsardzība pret abiotiskiem stresiem. Brassinosteroīdiem ir sinerģiska mijiedarbība ar auksīniem, papildinoši efekti ar giberelīniem, kā arī tie pastiprina etilēna producēšanu (Ronga et al. 2019).

Komerčiālie aļģu izcelsmes biostimulanti

Pasaulē pašlaik vēl nav plaši attīstīti tehnoloģija mikroaļģu biostimulantu izstrādei. Mikro- un makro-aļģu izcelsmes augu biomēslojuma vai biostimulantu sastāvā esošās bioaktīvās vielas ietver augu minerālās barības vielas, kā arī virkni organisko savienojumu, kuri iesaistīti auga fizioloģiskajos procesos (Attēls 5).



Attēls 5. Saldūdens un sālūdens makro- un mikro-aļģu izcelsmes produktos esošie savienojumi ir augiem izmantojamie minerālelementi un fizioloģiski aktīvi organiskie savienojumi.

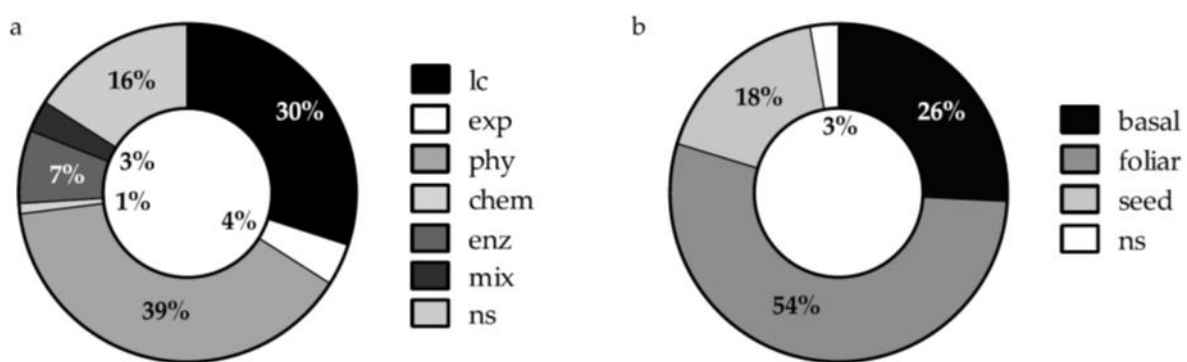
Komerčiāli pieejamajos produktos, nav norādīts precīzs aļģu ekstraktos ietilpstošo vielu sastāvs. Piemēram, *AgriAlgae* produktos nav norādītas dažādu fitohormonu vai citu specializēto metabolītu sastāvs, kā vien ļoti vispārināts sastāvdaļu saraksts (Attēls 6). Papildus aļģu sastāvā esošajām vielām, bieži tiek pievienoti papildus komponenti, piem., minerālvielas. Tā kā aļģu ekstraktu sastāvs ir ļoti komplekss, tā gala sastāvs ir būtiski atkarīgs arī no dzīvās biomasas apstrādes un iespējamām bioaktīvo vielu izdalīšanas metodēm (Santini et al., 2021; Chojnacka et al., 2015; Michalak et al., 2015):

- Neapstrādāts dzīvu šūnu koncentrāts;
- Ekstracelulāro izdalījumu filtrāts;
- Fizikāla ekstrakcija;
 - o Mikroviļņu ekstrakcija;
 - o Ultraskaņas ekstrakcija;
 - o Žāvēšana, samalšana un sekojoša izšķīdināšana ūdenī;
 - o Augstspiediena (ūdens) ekstrakcija;
- Ķīmiska ekstrakcija;
 - o Sārnu hidrolīze;
 - o Skābes hidrolīze;
 - o Super-kritiskā šķīdinātāja (CO₂ un etanola) ekstrakcija;
 - o Enzīmu ekstrakcija.

Visas no minētajām metodēm izmanto ūdeni kā gala šķīdinātāju produkta koncentrāta vai darba šķīduma sagatavošanai. Dzīvo šūnu koncentrāti un fizikālās šūnu dezintegrācijas metodes ir visplašāk izmantojamās, piem., ciānbaktēriju izcelsmes produktos (Attēls 7A). Arī aplikācijas metodes – lapotnes, augsnes laistīšana vai sēklu apstrāde (Attēls 7B) – var būtiski ietekmēt preparātu sastāvā esošo vielu biopieejamību augam (uzņemšanas veidu, bioaktīvo vielu ilgdzīvotību vai tālākas ķīmiskas reakcijas apkārtējā vidē).

AgriAlgae® Original Foliar		AgriAlgae® Original Soil	
Composition	% w/w	Composition	% w/w
Free L-amino acids	4,1	Free L-amino acids	3,8
Total Nitrogen	7,0	Total Nitrogen	7,0
Organic Nitrogeno	1,4	Organic Nitrogen	1,4
Nitric Nitrogen	5,6	Nitric Nitrogeno	5,6
P ₂ O ₅	0,5	P ₂ O ₅	0,5
K ₂ O	6,7	K ₂ O	6,7

Attēls 6. Piemērā attēlots ražotāja mājaslapā pieejamā informācija par Attēlā 4 redzamo produktu nr. 1 un nr. 2 sastāvu. Norādīts kopējais organiskā un neorganiskā slāpekļa, neorganiskā fosfora, kālija un brīvo aminoskābju daudzums (g uz sausnas), bet nav norādīts izvērsts kompleksais aļģu ekstraktu sastāvs, kas pēc produkta apraksta ir tā sastāvā. (Avots: <https://www.agrialgae.es/>).

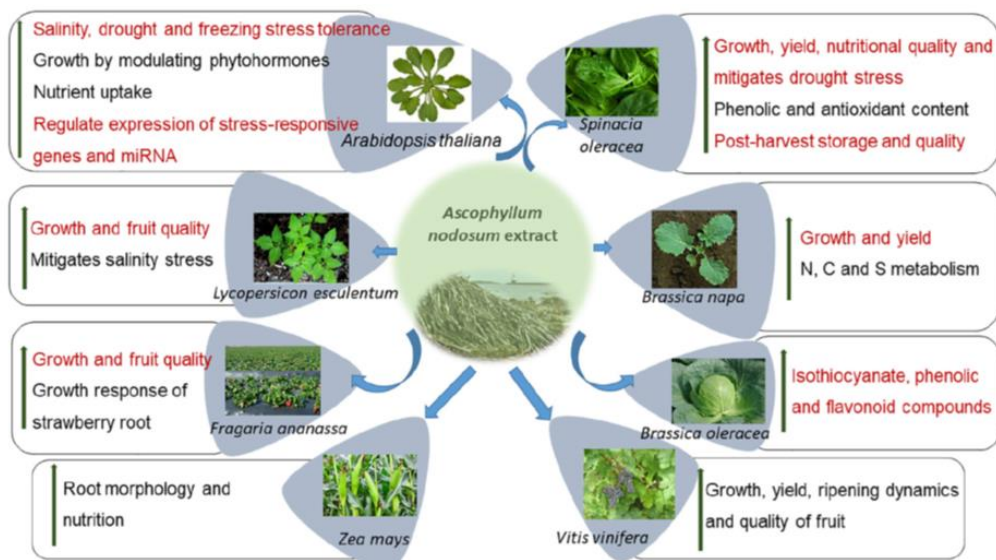


Attēls 7. Ciānbaktēriju pārstrādes metodes (a) un izmantošana uz augiem (b). lc – dzīvās šūnas, exp – ekstracelulārie produkti, phy – fizikāla ekstrakcija, chem – ķīmiska (sārnu) ekstrakcija, enz – enzimatiska ekstrakcija, mix – kombinēta fizikāla un ķīmiska ekstrakcija, ns – nav norādīts, basal – subtrāta/augšnes laistīšana, foliar – lapotnes laistīšana, seed – sēklu apstrāde. Avots: Santini et al., 2021.

Potenciālie aļģu ekstraktu iedarbības veidi un mehānismi

Aļģu ekstraktu kompleksā sastāvā (Attēls 6) dēļ ir neiespējami noteikt vienu iedarbības veidu uz augiem un tā pamatā esošo molekulāro mehānismu. Pretstatā tam – sagaidāms ļoti plašs iedarbības

veidu spektrs atkarībā no augu sugas (Attēls 8). Lielāka ražība un uzlabota galaproduktu kvalitāte būtībā ir integrāls mērs daudzo ekstrakta sastāvdaļu aditīvajai vai sinerģiskajai darbībai un spējai stimulēt (ietekmēt) vairākus auga dzīvības procesus vienlaicīgi.



Attēls 8. Brūnaļģes *Ascophyllum nodosum* ekstraktu iedarbība dažādās augu sugās (kukurūza *Z. mays*, zemesnes *F. ananassa*, ķiršu tomāti *L. esculentum*, sīkplikstiņš *A. thaliana*, spināti *S. oleracea*, rapši *B. nap*, kāposti *B. oleracea*, vīnogas *V. vinifera*) izpaužas kā pauaugstināta noturība pret vides stresu, izmaiņas sakņu morfoloģijā, auga augšanā un fenoloģijā, palielināta biomasa un ražība, uzlabota produkta kvalitāte (barības vielu sastāvs un uzlabošana).

Biomēslojums

Aļģu sastāvā esošās organiskās un neorganiskās vielas var kalpot kā tiešs barības avots apstrādātajam augam, uzlabojot minerālo barošanos vai iekļaujoties kādā no auga metabolism bioķīmiskajiem ceļiem. Uzskatāms piemērs ir komerciālajos aļģu produktos esošais minerālelementu sastāvs (Tabula 2), kas tiešā veidā var uzlabot auga minerālo barošanos. Pastarpināti, minerālvielas un citi ekstraktu sastāvā esošie savienojumi var arī veicināt augsnes vai filosfēras mikroorganismu augšanu, kas netieši var būt noderīgi auga augšanai vai aizsardzībai.

Tabula 2. Makroelementu un mikroelementu sastāvs (mg/kg (svaigā svara)) 3 dažādos komerciālajos šķidrajos ekstraktos no *Ecklonia maxima*. Dati izteikti kā vidējā vērtība 6 paraugos ± vidējā standartkļūda. Atšķirības produktos noteiktas statistiski ($p < 0.05$). Avots: Lotze & Hoffman, 2016).

Macro elements	N	P	K	Ca	Mg	Na
	%	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
Afrikelp [®]	0.26 a±0.04	3761.0 a±660.72	403.0 b±105.23	29.2 b±10.30	41.0 b±6.45	359.2 b±71.00
Basfoliar [®]	0.28 a±0.05	3960.0 a±659.64	581.0 b±273.61	21.2 b±10.40	37.2 b±16.67	317.7 b±19.96
Kelpak [®]	0.09 b±0.01	90.7 b±34.48	7163.3 a±570.13	190.4 a±50.90	337.2 a±33.67	1623.7 a±84.46
<i>P</i>	0.005	0.0002	<0.0001	0.0018	<0.0001	<0.0001
Micro elements	Mn	Fe	Cu	Zn	B	
	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	
Afrikelp [®]	7.5±2.33 ns	16.8±5.08 ns	4.8±2.47 ns	5.2±2.15 ns	16.0±6.11 ns	
Basfoliar [®]	2.0±0.86	9.0±1.63	0.17±0.17	1.0±0.37	2.7±0.49	
Kelpak [®]	17.3±12.32	40.7±20.79	13.5±10.79	17.0±11.86	33.0±14.14	
<i>P</i>	0.3441	0.2039	0.3108	0.3056	0.0849	

Auga procesu regulācija

Ekstraktu sastāvā esošie fitohormoni ir viens no galvenajiem iedarbības veidiem uz visdažādākajiem auga fizioloģiskajiem procesiem, kuru pamatā ir šie savienojumi (Tabula 3). Fitohormoni iesaistīti teju visos auga augšanas un attīstības regulācijas etapos:

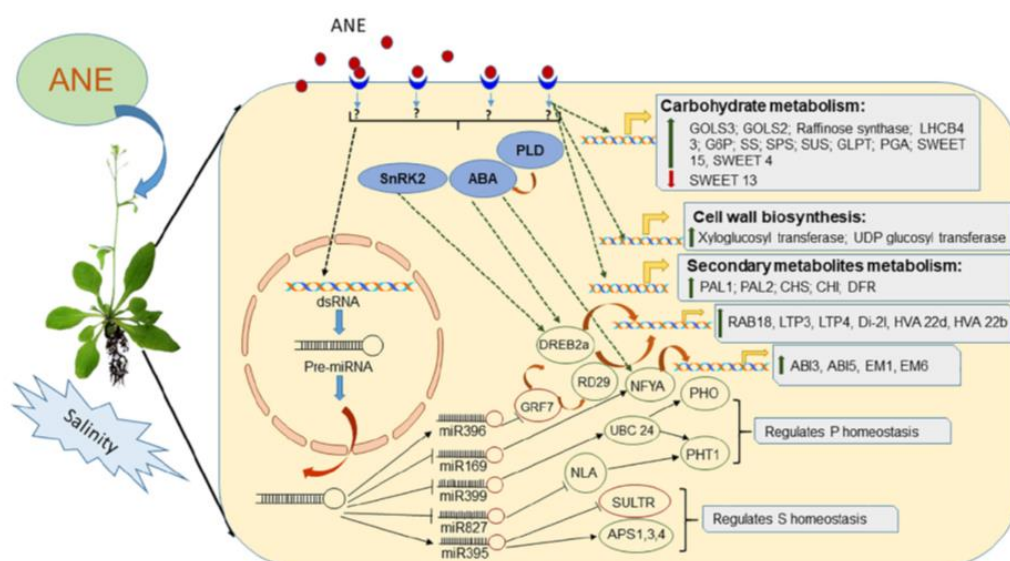
- Sēklu dīģšana;
- Embrioniskā attīstība un organoģenēze;
- Fotozintēze, minerālā barošanās un vielu transports;
- Ziedēšana, apaugļošanās un sēklu veidošana;
- Stresa tolerance un mijiedarbības ar citiem organismiem.

Tabula 3. Dažādu aļģu sugās esošo fitohormonu iedarbība uz augiem. Avots: Dmytryk & Chojnacka (2018) un references tajā.

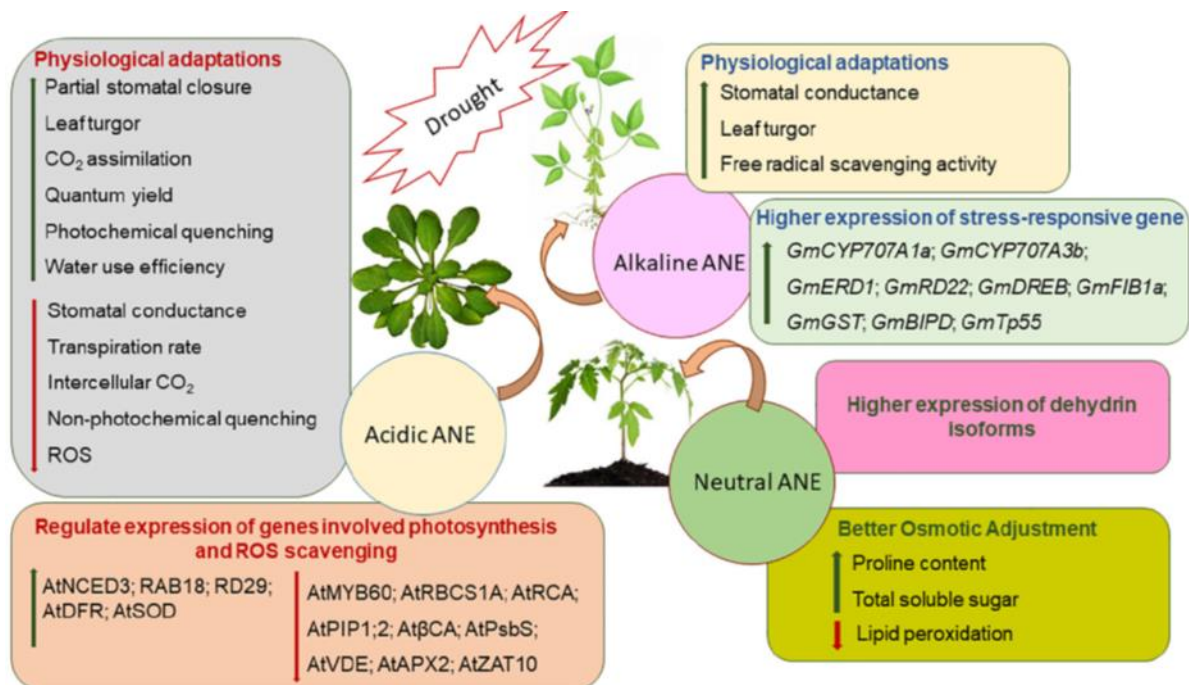
Compound		Effect on plants ^a
Absciscic acid	Phaeophyceae: species of <i>Ascophyllum</i> , <i>Saccharina</i>	Promotion of drought resistance by induction of protein synthesis and stomatal closure
	Chlorophyta: species of <i>Ulva</i>	Induction of protein storage in seeds
	Microalgae: species of <i>Chlorella</i> , <i>Dunaliella</i> , <i>Haematococcus</i>	Induction of seed dormancy
		Induction of gene transcription for proteinase inhibitors
		Inhibition of shoot growth
Auxins	Phaeophyceae: species of <i>Ascophyllum</i> , <i>Ecklonia</i> , <i>Fucus</i> , <i>Laminaria</i> , <i>Macrocystis</i> , <i>Nereocystis</i> , <i>Sargassum</i> , <i>Undaria</i>	Induction of elongation growth
	Chlorophyta: species of <i>Caulerpa</i> , <i>Cladophora</i> , <i>Ulva</i>	Promotion of root formation and growth
	Rhodophyta: species of <i>Botryocladia</i> , <i>Pyropia</i>	Involvement in phloem differentiation
	Microalgae: species of <i>Chlorella</i>	Induction of apical dominance
	Cyanophyta: species of <i>Chlorogloeopsis</i> , <i>Oscillatoria</i>	Induction of tropisms
Betaines	Phaeophyceae: species of <i>Ascophyllum</i> , <i>Fucus</i> , <i>Laminaria</i>	Role of methyl donor
		Role of nitrogen source when provided in low concentrations
		Role of osmolyte at higher concentrations (osmoregulation)
		Induction of drought, high salinity, high temperature, and frost resistance
		Induction of resistance to osmotic stress induced by drought and salinity stress
		Induction of defense response in pathogenesis
Brassinosteroids	Chlorophyta: species of <i>Hydrodictyon</i>	Involvement in slowdown of leaf chlorophyll degradation
		Promotion of ethylene production
		Inhibition of root growth
Cytokinins	Phaeophyceae: species of <i>Ascophyllum</i> , <i>Cystoseira</i> , <i>Ecklonia</i> , <i>Fucus</i> , <i>Macrocystis</i> , <i>Sargassum</i> , <i>Undaria</i>	Most crop responses to seaweed-based products
	Rhodophyta: species of <i>Pyropia</i>	Promotion of cell division and morphogenesis
	Charophyta: species of <i>Chara</i>	Promotion of protein synthesis
	Microalgae: species of <i>Chlorella</i> , <i>Chlamydomonas</i> , <i>Desmococcus</i> , <i>Mychonastes</i> , <i>Scenedesmus</i>	Induction of lateral bud release
	Cyanophyta: species of <i>Arthronema</i> , <i>Calotrix</i>	Promotion of leaf expansion (cell enlargement)
	Euglenophyta: species of <i>Euglena</i>	Stimulation of chlorophyll synthesis, promotion of chloroplast maturation, and delay of leaf senescence (cell cycle control)
		Enhancement of stomatal opening
Ethylene	Phaeophyceae: species of <i>Ecklonia</i>	Induction of senescence
		Induction of defense response
Gibberellins	Phaeophyceae: species of <i>Cystoseira</i> , <i>Ecklonia</i> , <i>Fucus</i> , <i>Petalonia</i> , <i>Sargassum</i>	Induction of seed germination – activation of α -amylase
	Chlorophyta: species of <i>Caulerpa</i> , <i>Ulva</i>	Enhancement of plant stem elongation
	Rhodophyta: species of <i>Pyropia</i>	
Jasmonates (oxylipins)	Phaeophyceae: species of <i>Fucus</i>	Induction of defense and stress responses
	Rhodophyta: species of <i>Gelidium</i>	Synthesis of proteinase inhibitors
	Microalgae: species of <i>Chlorella</i>	Promotion of tuber formation and senescence
	<i>Dunaliella</i> , <i>Gelidium</i>	Inhibition of growth and seed germination
	Cyanophyta: species of <i>Arthrospira</i>	
	Euglenophyta: species of <i>Euglena</i>	

Abiotiskā stresa noturība

Aļģēs esošie augu fitohormonu analogi spēj regulēt auga atbildes reakcijas pret vides stresu – sausumu, temperatūru, sālainību, palielinot auga noturību šajos apstākļos. Šī iedarbības veida pamatā ir virkne molekulāro mehānismu, kuros fitohormonu (piem., abscisskābes) darbība izmaina auga gēnu aktivitāti un regulatoro tīklu, kas kontrolē virkni šūnas procesu – no šūnapvalka līdz specializēto metabolītu sintēzei (Attēls 9). Vēl jo vairāk, šo mehānismu regulācija ir atkarīga no aļģu ekstraktu sastāva un ekstrakta iegūšanas veida (Attēls 10).



Attēls 9. Shematisks attēlojums molekulārajiem mehānismiem, kuri iesaistīti *Ascopyllum nodosum* ekstrakta (ANE) ieteikmei uz auga gēnu aktivitāti un noturību pret sāls stresu. ANE imports šūnā noved pie absciskābes (ABA) un tās regulēto gēnu aktivitātes izmaiņām, to skaitā ogļhidrātu metabolism, šūnapvalka sintēzē, sekundārajā metabolism, fosfora un sēra homeostāzē iesaistīto gēnu aktivitātes izmaiņām. Avots: Shukla et al., 2019.

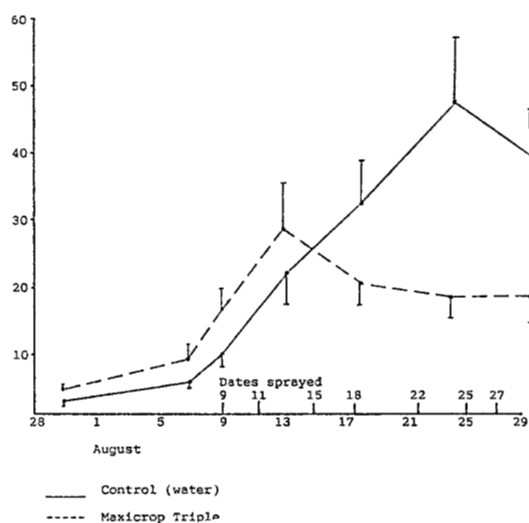


Attēls 10. *Ascopyllum nodosum* ekstrakta (ANE) ieteikme uz auga fizioloģiskajām adaptācijām sausuma stresa laikā un tajās iesaistīto gēnu aktivitātes regulāciju ir atkarīga no ekstrakcijas veida – skābes, sārna vai neitrālas. Avots: Shukla et al., 2019.

Biotiskā stresa noturība

Papildus novērotajam pozitīvajam efektam uz auga abiotiskā stresa noturību, aļģu ekstrakti palielina arī auga noturību pret dažādiem uzbrucējiem - augēdājiem posmkājiem, baktēriju un sēņu izraisītajam slimībām. Piem., laistot zemeņu stādus ar *Ascophyllum nodosum* komerciālais ekstrakts *Maxicrop* ievērojami samazinās auga sūcējērcīšu skaits uz apstrādātajiem augiem, kas liecina par auga spēju izmainīt savu pievilcību vai aizsargspējas pret šo kaitēkli (Attēls 12). Ērcītes gan mazāk barojās, gan mazāk vairojās uz *Maxicrop* apstrādātajiem augiem, kam par pamatu var būt dažādi mehānismi (Hankins & Hockey, 1990). Aļģu ekstraktu ietekme uz augu spēju aizsargāties pret dažādu kaitēkļu uzbrukumiem apkopota Tabulā 4.

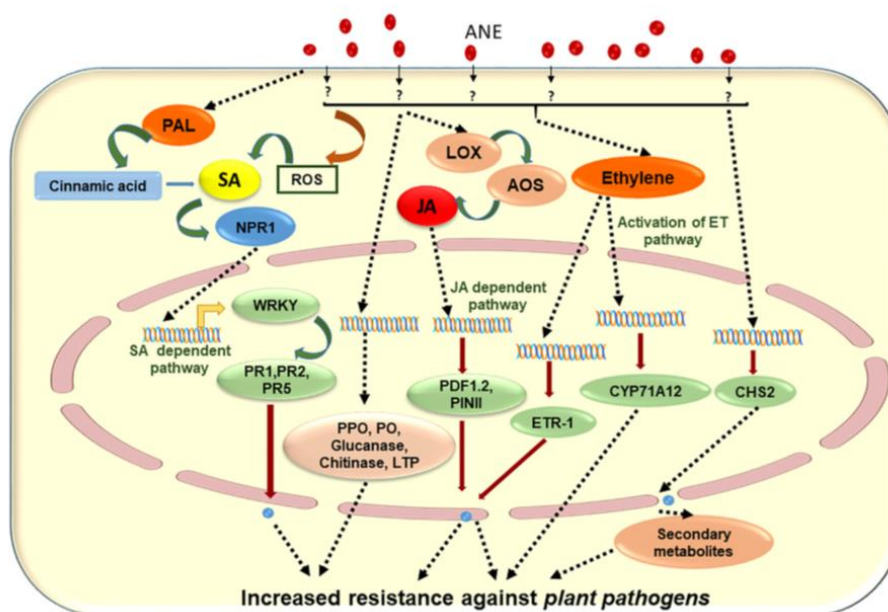
Būtiski, ka ne visos no apkopotajiem pētījumiem ir veikta atbilstoša kontrole, lai noskaidrotu, vai 1) aļģu ekstraktiem ir pesticīda, antibiotisks vai repelenta efekts – ekstrakts pats atbaida kaitēkli, kavē tā augšanu, vairošanos vai nonāvē; 2) ekstrakta iedarbība ir caur augu – tas aktivē auga imunitāti un aizsargspējas. Pēdējā gadījumā ekstrakta sastāvā esošie bioaktīvie savienojumi, piem., fitohormoni, var izmainīt auga imunitātē iesaistīto signālceļu un gēnu kontroli (Attēls 13), lai ierosinātu sistēmiskas pārmaiņas augā.



Attēls 11. Zemeņu laistīšana ar *Maxicrop* pasargā augu no ērcītes *Tetranychus urticae*. Avots: Hankins & Hockey, 1990). Attēls: senpolia.ro

Tabula 4. Dažādos pētījumos aprakstītā aļģu ekstraktu ietekme uz augu noturību vai rezistenci pret kaitēkļiem un slimību izraisītājiem dažādos kultūraugos. Avots: Shukla et al., 2019.

Extract	Crop	Causal organism	Disease	Function	References
Maxicrop® Triple	Strawberry	<i>Tetranychus urticae</i>	–	Reduces the population of two-spotted red spider mites on treated plants	Hankins and Hockey, 1990
Maxicrop® Original	Arabidopsis	<i>Meloidogyne javanica</i>	Root-knot	Reduces number of females of <i>M. javanica</i>	Wu et al., 1998
<i>A. nodosum</i> extract (Acadian Seaplants)	Carrot	<i>Alternaria radicina</i> and <i>Botrytis cinerea</i>	Black rot, Botrytis blight	Induces expression of defense related genes or proteins	Jayaraj et al., 2008
Stimplex® (Acadian Seaplants)	Cucumber	<i>Alternaria cucumerinum</i> , <i>Didymella applanata</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Botrytis cinerea</i>	Alternaria blight, Gummy stem blight, Fusarium root and stem rot, Botrytis blight	Stimplex reduces the disease by activating different-related enzymes and accumulation of secondary metabolites	Jayaraman et al., 2011
<i>A. nodosum</i> extract (Acadian Seaplants)	<i>K. alvarezii</i>	<i>Polysiphonia subtilissima</i>	Ice-ice, goose bumps	Reduces the growth of the epiphyte	Loureiro et al., 2010
<i>A. nodosum</i> extract (Acadian Seaplants)	Arabidopsis	<i>Pseudomonas syringae</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Bacterial speck, stem rot	Reduces the development of diseases, which is correlated with expression of jasmonic-acid-related gene transcript	Subramanian et al., 2011
Marmarine	Cucumber	<i>Phytophthora melonis</i>	Damping-off	Induces defense-related enzymes	Abkhoo and Sabbagh, 2016
<i>A. nodosum</i> extract (Acadian Seaplants)	Tomato	<i>A. solani</i> , <i>X. campestris</i> pv <i>vesicatoria</i>	Alternaria blight; bacterial leaf spot	Reduces incidence of diseases in plants by the upregulation of JA/ethylene pathway	Ali et al., 2016
AMPEP	<i>K. alvarezii</i>	<i>Neosiphonia apiculata</i>	Ice-ice	Reduces the biotic stress caused by endophytes	Ali et al., 2018
Dalgin®	Tomato	<i>Phytophthora capsici</i>	Damping-off	Induces expression of defense-related genes or proteins	Panjehkeh and Abkhoo, 2016
Stella Maris™	<i>Arabidopsis thaliana</i>	<i>Pseudomonas syringae</i> DC3000, <i>Xanthomonas campestris</i> BP109		Inhibited the growth of multiple bacterial pathogens by inducing the expression of WRKY30, CYP71A12 and PR-1 gene	Cook et al., 2018



Attēls 12. *Ascophyllum nodosum* ekstrakta (ANE) ietekme uz fitohormonu signālceļiem un imunitātē iesaistīto gēnu regulāciju, kas pamatā auga aizsargreakcijām pret patogēniem. Avots: Shukla et al., 2019.

Literatūra un avoti

- Chojnacka K, Michalak I, Dmytryk A, Gramza M, Słowiński A, Górecki H. 2015. Algal Extracts as Plant Growth Biostimulants. In: Marine Algae Extracts. John Wiley & Sons, Ltd, 189–212.
- Craigie JS. 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. Journal of Applied Phycology 23: 371–393.

- Crouch IJ, van Staden J. 1993. Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. *Plant Growth Regulation* 13: 21–29.
- Dmytryk A, Chojnacka K. 2018. Algae As Fertilizers, Biostimulants, and Regulators of Plant Growth. In: Chojnacka K, Wieczorek PP, Schroeder G, Michalak I, eds. *Developments in Applied Phycology. Algae Biomass: Characteristics and Applications: Towards Algae-based Products*. Cham: Springer International Publishing, 115–122.
- Godlewska K, Michalak I, Tuhy Ł, Chojnacka K. 2016. Plant Growth Biostimulants Based on Different Methods of Seaweed Extraction with Water. *BioMed Research International* 2016: e5973760.
- Hankins SD, Hockey HP. 1990. The effect of a liquid seaweed extract from *Ascophyllum nodosum* (Fucales, Phaeophyta) on the two-spotted red spider mite *Tetranychus urticae*. *Hydrobiologia* 204: 555–559.
- Khan W, Rayirath UP, Subramanian S, Jithesh MN, Rayorath P, Hodges DM, Critchley AT, Craigie JS, Norrie J, Prithiviraj B. 2009. Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. *Journal of Plant Growth Regulation* 28: 386–399.
- Lötze E, Hoffman EW. 2016. Nutrient composition and content of various biological active compounds of three South African-based commercial seaweed biostimulants. *Journal of Applied Phycology* 28: 1379–1386.
- Michalak I, Dmytryk A, Wieczorek PP, Rój E, Łęska B, Górka B, Messyasz B, Lipok J, Mikulewicz M, Wilk R, et al. 2015. Supercritical Algal Extracts: A Source of Biologically Active Compounds from Nature. *Journal of Chemistry* 2015: e597140.
- Righini H, Baraldi E, García Fernández Y, Martel Quintana A, Roberti R. 2019. Different Antifungal Activity of *Anabaena* sp., *Ecklonia* sp., and *Jania* sp. against *Botrytis cinerea*. *Marine Drugs* 17.
- Roberti R, Galletti S, Burzi PL, Righini H, Cetrullo S, Perez C. 2015. Induction of defence responses in zucchini (*Cucurbita pepo*) by *Anabaena* sp. water extract. *Biological Control* 82: 61–68.
- Santaniello A, Scartazza A, Gresta F, Loreti E, Biasone A, Di Tommaso D, Piaggese A, Perata P. 2017. *Ascophyllum nodosum* Seaweed Extract Alleviates Drought Stress in *Arabidopsis* by Affecting Photosynthetic Performance and Related Gene Expression. *Frontiers in Plant Science* 8.
- Santini G, Biondi N, Rodolfi L, Tredici MR. 2021. Plant Biostimulants from Cyanobacteria: An Emerging Strategy to Improve Yields and Sustainability in Agriculture. *Plants (Basel, Switzerland)* 10: 643.
- Shamya A, Rajan M, Thriunavukkarasu R, Joseph J, Aruni W. 2020. Effect of seaweed on seed germination and biochemical constituents of *Capsicum annum*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 29: 101761.
- Shukla PS, Mantin EG, Adil M, Bajpai S, Critchley AT, Prithiviraj B. 2019. *Ascophyllum nodosum*-Based Biostimulants: Sustainable Applications in Agriculture for the Stimulation of Plant Growth, Stress Tolerance, and Disease Management. *Frontiers in Plant Science* 10.

- Win TT, Barone GD, Secundo F, Fu P. 2018. Algal Biofertilizers and Plant Growth Stimulants for Sustainable Agriculture. *Industrial Biotechnology* 14: 203–211.
- Yakhin OI, Lubyantsov AA, Yakhin IA, Brown PH. 2017. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Frontiers in Plant Science* 7.

MIKROAĻĢU BIOTEHNOLOĢIJA

Mikroaļģu izmantošanas pirmsākumi

Kā iepriekš bija minēts, mikroaļģes sintezē vairākas noderīgas vielas, tāpēc to izmantošanas iespējas biotehnoloģijā tiek aktīvi pētītas. Komerciālā mikroaļģu izmantošana, kā specifisko ķīmisko vielu avotu sākās 1970 gados, kad β -karotīna (vitamīna A prekursors) ražošanai sāka pielietot mikroaļģi *Dunaliella salina* (Borowitzka un Borowitzka, 1988). Vēlāk mikroaļģes *Haematococcus pluvialis* kultivācija ļāva iegūt citu karotinoīdu: astaksantīnu (Lorenz un Cysewski, 2000), bet *Cryptocodinium cohnii* Seligo - polinepiesātinātās taukskābes un DHA (Kyle un citi, 1998). Cits mikroaļģu pētījumu intereses virziens ir iespēja izmantot šos organismus gāzes apmaiņas iekārtās, kuras strādātu uz fotosintēzes pamata. Tas ļautu iegūt skābekli ilgstošu kosmisko lidojumu laikā, kā arī ražot atjaunojamo enerģiju (Pulz un Scheibenbogen 1998; Borowitzka 1999).

Aptuveni 90 % no pasaules mikroaļģu kultivācijas uzņēmumiem ir lokalizēti Āzijas reģionā, kur atrodas aptuveni 110 uzņēmumi, kuru gada produkcijas apjoms variē no 3 līdz 500 tonnām. Lielā daļa komerciāli ražotās mikroaļģu biomasas tiek pārdota kā uztura bagātinātājs tablešu un kapsulu veidā. Mikroaļģes vai to ekstrakti tiek pievienoti kosmētikas izstrādājumam, brokastu pārslu, vīnu, bezalkoholisko dzērienu un nūdeļu sastāvā (Lee 1997).

Mikroaļģu biomasas izmantošana

Mikroaļģu biomasa, galvenokārt, var tikt iegūta divos veidos: no dabiskajām vai mākslīgām ūdenstilpnēm vai arī mākslīgi kultivēta fotobioreaktoros. Nākamais solis ir biomasas atdalīšana no barotnes un tās žāvēšana (Renaud un citi 1994), kura var notikt gan zem saules, gan presēšanas un žāvēšanas rezultātā (Radmer 1996). Pēdējās desmitgadēs mikroaļģu biomasa galvenokārt tika ražota uztura bagātinātāju tirgum; vairāk nekā 75 % no ikgadēji producētās mikroaļģu biomasas tika izmantoti, lai ražotu tabletes, pulverus, kapsulas un pastilas (Renaud un citi 1994). Šiem nolūkiem tiek kultivētas, galvenokārt, divas mikroaļģu sugas – zaļā aļģe *Clorella* un cianobaktērija *Spirulina*. Arī citas mikroaļģu sugas tiek kultivētas, lai iegūtu bioloģiski aktīvās vielas, vai uzlabotu augsnes ražīgumu (Raja un citi 2008).

Cianobaktērijas *Spirulina* šūnapvalks sastāv no proteīniem un polisaharīdiem, kas padara šo mikroaļģi viegli sagremojamu. *Spirulina* ir bagātākais dabīgais vitamīna B₁₂ avots, tā sastāvā ir arī vitamīni B₁ un B₂, kā arī pilns spektrs dabīgo karotinoīdu; 62 % *Spirulina* sastāva ir aminoskābes (Richmond 1988). No *Spirulina* ekstrahēts fikocianīns (komerciāls nosaukums “*Lina Blue*”) tiek aktīvi izmantots kā zilā krāsvielas pārtikas rūpniecībā un kosmētikas ražošanā. *Spirulina* fikobiliproteīni (fikoeritrīni un jau pieminētais fikocianīns) tiek izmantoti kā fluorescenti pigmenti noteikto bioloģisko molekulu (piemēram, antibiotiku) iezīmēšanai un detektēšanai (Raja un citi 2008).

Clorella ir viensūnas sfēriskā nekustīgā zaļa mikroaļģe ar diametru 2,0 – 10,0 μm. Sausā biomasā satur 45 % proteīna, 20 % tauku, 20 % ogļhidrātu, 10 % minerālvielu, vitamīnus. Augsta uzturvērtība, it sevišķi augsts proteīnu saturs, padara *Clorella* par potenciālu pārtikas produktu (Kay 1991).

Dunaliella salina ir viensūnu sāļo ūdeņu mikroaļģe, zaļo aļģu Chlorophyceae klases pārstāvis, kas ir noderīga suga mikroaļģu industrijā, jo tā ir spējīga sintezēt lielos daudzumos glicerīnu un β-karotīnu (kas ir vitamīna A prekursors) (Borowitzka un citi 1984). Tā, *D. salina* ir piemērota komerciālai β-karotīna ražošanai, turklāt šī mikroaļģe visvairāk akumulē β-karotīnu 9-cis izomēra formā. Šis dabīgs 9-cis izomērs spēlē noteicošu lomu organisma aizsardzībā pret brīvo radikāļu radītā šūnu oksidatīviem bojājumiem (Borowitzka 1992). Savukārt, zaļā mikroaļģe *Haematococcus pluvialis* ir pasaulē bagātākais astaksantīna avots.

Porphyridium ir viena no retajām sarkano aļģu (*Rhodophyta*) dzimtām, kuras pārstāvji ir viensūņi (respektīvi, ir mikroaļģes). Šīs dzimtas mikroaļģes lielos daudzumos satur polisaharīdus un neaizvietojamās taukskābes, kas padara šīs mikroaļģes par noderīgo vielu avotu (Raja un citi 2008). Tā, viensūņu *Porphyridium* dzimtas mikroaļģes ir iekapsulētas polisaharīdu apvalkā, kuram ir gēlveida konsistence (Arad un citi 1985). Polisaharīdu kapsulas blīvums ir atkarīgs no mikroaļģes augšanas fāzes un apstākļiem, tās ārējais slānis izšķīst barotnē, padarot to ievērojami viskozāku. Sulfāti polisaharīdi veido gēlus, kuru viskozitāte ir atkarīga no to temperatūras (tāpat, kā agaram vai karagenānam, kurus parasti iegūst no jūras daudzšūnu aļģēm). Tādi gēli tiek biežāk un biežāk izmantoti kā emulgatori, stabilizētāji un biezinātāji. Salīdzinot ar daudzšūnu aļģēm (kuras ražo agaru un karagenānu) viensūņu *Porphyridium* dzimtas mikroaļģēm ir priekšrocības – tās ātrāk aug, un to augšanu var kontrolēt (Arad un citi 1985).

Mikroaļģu pielietojums medicīnā

Cianobaktērijai *Spirulina* ir vairāki labvēlīgi efekti un cilvēku un dzīvnieku organismu. *Spirulina* inhibē vīrusu replikāciju un pastiprina šūnu un humorālo imunitāti, kas nomāc vēža attīstību (Ayehunie un citi 1996). Vairākas atskaites norāda uz *Spirulina* polimerizēto cukuru ekstrakta *Calcium-Spirulan* spēju *in vitro* inhibēt HIV-1, parastā herpesa, cilvēka citomegalovīrusa, A gripas, cūciņu, masalu vīrusus, turklāt tas ir drošs cilvēka šūnām (Hayashi un Hayashi 1996).

Pētījumi uz pelēm, kāmjem, vistām, tītariem, kaķiem un zivīm parāda, ka *Spirulina* konsekventi uzlabo šo dzīvnieku imūnās sistēmas funkcijas. No *Spirulina* iegūtais polipeptīds fikocianīns stimulē hematopoēzi, tā darbība ir līdzīga hormonam eritropoetīnam. Fikocianīns regulē leukocītu sintēzi organismā, pat tad, kad kaulu smadzeņu cilmes šūnas ir bojātas (Vonshak un citi 1986). Šī apsvēruma dēļ, Krievijā *Spirulina* tiek izmantota staru slimības ārstēšanā.

Ne tikai *Spirulina*, bet arī citas mikroaļģes ir noderīgas veselības stiprināšanas jomā. Tā, nelieli daudzumi *Chlorella*, *Scenedesmus* ģints mikroaļģu biomasas var labvēlīgi ietekmēt dzīvnieku fizioloģiju, stiprinot nespecifiskās imūnreakcijas (Belay un citi 1993).

Slāpekļa loma mikroaļģu augšanā.

Slāpeklis ir ļoti svarīgs nukleīnskābju, proteīnu, enerģijas pārnešanas molekulu (piem., ATF) un enzīmu sintēzē (Juneja un citi 2013). Slāpeklis ir pieejams nitrātu, urīnvielas, amonija un peptonu formā (Minhas un citi 2016). Mikroaļģēs slāpeklis sastāda 1 – 20 % šūnu sausās masas un ir neaizvietojamu funkcionālo un strukturālo proteīnu neatņemama sastāvdaļa (Juneja un citi 2013). Slāpekļa bads ir uzskatāms par vienu no visefektīvākajām stratēģijām, kā organisma metabolismu var pārvirzīt (Shi un citi 2017) palielinātās lipīdu sintēzes, triglicerīdu akumulācijas, proteīnu satura samazināšanas un karotinoīdu satura palielināšanas virzienā, kas palielina iegūtās biomasas vērtību (Juneja un citi 2013; Minhas un citi 2016).

Tauku satura palielināšanās 2,27 reizēs tika novērota, mikroaļģi *Scenedesmus quadricauda* audzējot slāpekļa bada apstākļos (226 mg L^{-1}) (Anand un Arumugam 2015). Mikroaļģe *Acutodesmus dimorphus* akumulēja 75 % neitrālo lipīdu no visiem lipīdiem augot slāpekļa bada apstākļos (Chokshi un citi 2017). *Pseudokirchneriella subcapitata* kultivācija nitrātu stresa apstākļos rezultējās ar $160 \text{ mg L}^{-1} \text{ d}^{-1}$ taukskābju akumulāciju (Del Rio un citi 2017). Pilsētas notekūdeņos kultivētā mikroaļģe *Scenedesmus obliquus* uzņēma kopējo slāpekli ar efektivitāti $4,4 \text{ mg L}^{-1}$ dienā, pieaudzēja biomasu ar efektivitāti $1,4 \text{ g L}^{-1}$ un ražoja lipīdus ar produktivitāti $29,8 \text{ mg L}^{-1}$ dienā (Alvarez-Diaz un citi 2017). *C. sorokiniana* augot notekūdeņos uzņēma 84,51 % nitrāta, 75,56 % amonija un ražoja ogļhidrātus ($172,9 \text{ mg L}^{-1}$ dienā) un lipīdus ($150,2 \text{ mg L}^{-1}$ dienā), kā arī proteīnus ($141,5 \text{ mg L}^{-1}$ dienā) (Guldhe un citi 2017). *C. vulgaris* kultivācija cūkaudzētavu un brūvētavu notekūdeņos (sajaukti kopā) samazināja slāpekli un amoniju (96 % un 100 % respektīvi), biomasas iznākums bija $2,85 \text{ g L}^{-1}$ (Zheng un citi 2018).

Šie pētījumi pārliecinoši parāda, ka slāpekļa stresam ir nozīmīga ietekme uz mikroaļģu metabolismu, kas rezultējās ar tauku (jeb lipīdu) satura palielināšanu biomasā. Tomēr šis paņēmieni nevar tikt izmantots gadījumā, ja mikroaļģes tiek kultivētas mākslīgās barotnēs, jo tas palielina izmaksas. Savukārt, notekūdeņos slāpekļa stress var tikt izmantots, jo notekūdeņi ir lēts resurss. Tomēr, sadzīves notekūdeņos ir augsts slāpekļa saturs, tāpēc šim nolūkam būtu jāizmanto notekūdeņi ar zemu slāpekļa saturu, tādi notekūdeņi ir sastopami rūpniecībā. Slāpekļa uzņemšana no notekūdeņiem ne tikai attīra tos, bet arī rezultējās ar vērtīgu produktu akumulāciju (Shahid un citi 2020).

Attiecībā pret slāpekļa koncentrāciju barotnē mikroaļģu kultivācijai ir raksturīga bezzaudējumu (angl. *win – win*) stratēģija: augsta slāpekļa satura gadījumā var saražot daudz mikroaļģu biomasas, bet zema slāpekļa koncentrācija barotnē rezultēsies ar to, ka iegūtai biomasai būs augstāks tauku saturs, kas palielinās iegūta produkta vērtību. Turklāt, vienmēr var atšķaidīt notekūdeņus, līdz vēlamai slāpekļa koncentrācijai.

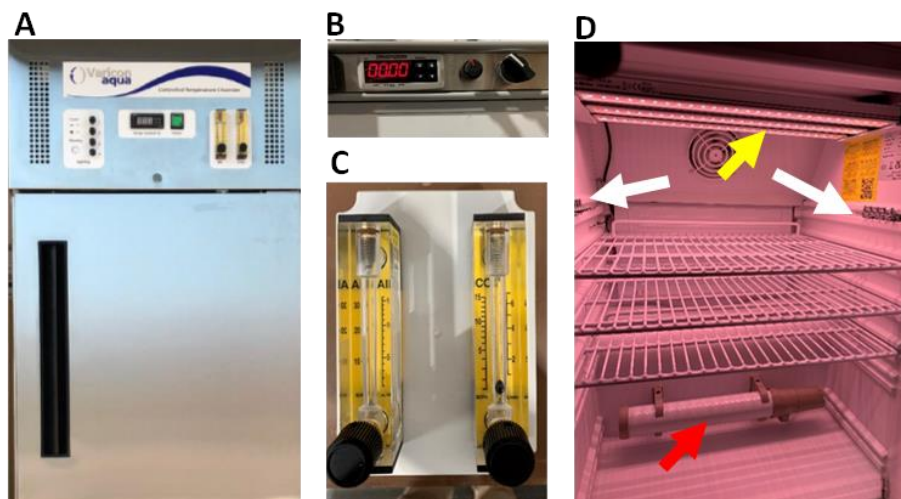
Fosfora loma mikroaļģu augšanā

Fosfors ir cita nozīmīga barības viela (nozīmīgāks ir tikai slāpeklis) dzīvjiem organismiem, tas ir RNS, DNS, ATF, fosfoproteīnu, polifosfātu, NADPH un fosfolipīdu neatņemama sastāvdaļa (Juneja un citi 2013). Fosfora bada apstākļos tiek novērota organiskā oglekļa akumulācija un samazināta šūnu dalīšanās. Fosfora deficīts ietekmē energoietilpīgus procesus tādus, kā proteīnu sintēze, transkripcija un oglekļa ciklu (Muhlroth un citi 2017). Fosfors sastāda līdz 1 % mikroaļģu sausās masas (Minhas un citi 2016). *C. protothecoides* miksotrofi kultivēts notekūdeņos ar fosfora deficītu sasniedza tauku saturu 32,8 % no sausās masas (Li un citi 2014). Savukārt mikroaļģes *Chlorella* fosfora deficīta apstākļos ražota biomasa satur 53 % taukus (no sausās masas) (Wong un citi 2017). Mikroaļģes *Desmodesmus abundans* kultivācijas laikā notekūdeņos fosfāta saturs tajās samazinājās par 87,52 %, tauku saturs sausā biomasā bija 16 % (Prasad un citi 2017).

MIKROALĢU BIOMASAS IEGŪŠANA UN PĀRSTRĀDE

Slēgta tipa fotobioreaktoru kultivācijas sistēma

Lai nodrošinātu mikroalģu sugu un celmu pavairošanu un optimālāko augšanas apstākļu sākotnējo izvēli, tiks izmantots neliels regulējamas temperatūras un gāzu apmaiņas fotokabinets (1. attēls, VariconAqua, UK). Šajā iekārtā būs iespējams vienlaicīgi audzēt vairākas alģu kultūras kontrolētos apstākļos dažāda tilpuma laboratorijas kolbās vai traukos ar individuālu gāzu apmaiņas pievadu katrai kultūrai, kas vienlaicīgi nodrošinās aerāciju un maisīšanu (1. attēls D; baltā bultā). Pārvietojamie un izņemamie plaukti nodrošinās ļoti daudzveidīgu trauku veidu (no plastikāta maisiem līdz kolbām) un tilpumu (sākot no 100 mL – 3 L) izmantošanas iespējas. Maināmie virsmas gaismas paneli (1. attēls D; dzeltenā bultā) ļaus veikt eksperimentus ar dažāda gaismas spektra un intensitātes LED gaismām. Iekārtā būs iespējama kultūru audzēšana no sasaldēta materiāla, uztriepēm, alģu attīrīšana monokultūras ieguvei un citas manipulācijas.

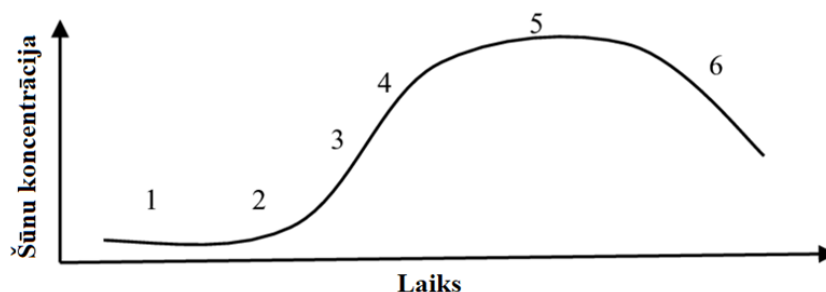


Attēls 1. (A) Kontrolētas temperatūras fotoinkubators (VariconAqua) (0.5m x 0.5m x 0.8m P x G x A) ir laboratorijas ierīce maza tilpuma alģu kultūru audzēšanai un izmēģinājumiem ar iespēju iestatīt temperatūru (17°-30°C) (B), regulēt gaisa un CO₂ pieplūdi (C) kameras iekšpusē (D). Maināmie plaukti nodrošina dažāda izmēra un tilpuma (8 x 250mL; 4 x 500mL; 2 x 1L) kultūru kolbu ievietošanu ar individuālu aerācijas pievadu līdz 8 dažādām kultūrām (baltās bultas). Regulējami un maināmi LED gaismas paneli 0-150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (S4 un S7 spektrs) (dzeltenā bulta). Iekšējais termostats (sarkanā bulta). (Foto: VariconAqua, UK).

No dažādiem bioresursu piegādātājiem un krātuvēm projekta gaitā pasūtītas vairākas alģu kultūras – *Chlorella*, *Spirulina*, *Dunaliella*, *Haematococcus*, *Nannochloropsis*, *Nostoc*, *Phaeodactylum*, *Tetraselmis* -, kuru bioloģiski aktīvo vielu sastāvs un potenciālā ietekme uz rudens avenēm var būt atšķirīga.

Lai novērtētu augšanas ātrumu, jāveic virkne mērījumu dažādos laika intervālos, kas ļauj aprēķināt biomasas koncentrācijas izmaiņu ātrumu. Šūnu skaitu nosaka vai nu ar tiešo metodi, piemēram, izmantojot gaismas mikroskopiju ar hemacitometru vai netieši ar biomasas koncentrāciju

(kā sausni) vai optisko blīvumu (Andersen, 2005; Becker, 2008). Tipiskā homogēnā mikroaļģu audzēšanas režīmā (slēgtā sistēmā), mikroaļģu biomasai ir šādas augšanas fāzes, kas parādītas 3. attēlā (Azmi et al., 2018).



Attēls 2. Vienšūnu mikroaļģes augšanas dinamika. 1-adaptācija (aizkavēšanās fāze); 2-eksponenciālās augšanas fāze (logaritmiska fāze); 3-lineārā augšanas fāze; 4-palēnināšanās fāze 5-stacionārā fāze; 6-logaritmiskā (nāves) fāze.

Atsevišķās fāzes, kas parādītas 2. attēlā, ne vienmēr ir skaidri nodalāmas; to garums var mainīties atkarībā no audzējamās kultūras un augšanas apstākļiem. 1. fāzē mikroaļģu šūnas pielāgojas jaunajiem vides apstākļiem, tās beigās šūnas ir labi pielāgojušās jaunajiem apstākļiem un pēc tam sāk strauji vairoties eksponenciālajā fāzē (2. fāze), kurā fāzē dzīvo šūnu skaits laika gaitā regulāri dubultojas (Becker, 2008).

Chlorella vulgaris augšanas dinamika kalpotu par piemēru sagaidāmajam biomasas pieaugumam un audzēšanas ilgumam iegādātajos bioreaktoros. *C. vulgaris* 100L reaktorā pie 5% CO₂ sasniedz stacionāro fāzi 20 dienās ar biomasas koncentrāciju 0,520 g/L, turpretim 5L burbuļkolonnās līdzvērtīga biomasas koncentrācija tika sasniegta 12 dienās. (Lam and Lee, 2014). Izmantojot Phyco-bubble sistēmu, būtu iespējams iegūt aļģu kultūru eksponenciālajā fāzē salīdzinoši īsā laikā (<7 dienas) un inokulēt ar to 140L bioreaktoru, sasniedzot 72.8 g *Chlorella* biomasas ražu vienā nepārtrauktas audzēšanas ciklā.

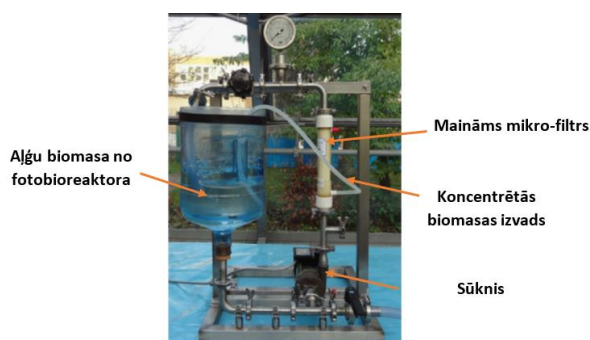
Biomassas pārstrāde

Bioreaktoros izaudzētās biomasas pārstrādi zivju barības sastāvdaļu iegūšanai paredzēts veikt 3 secīgos posmos:

1. Biomassas filtrācija un koncentrēšana;
2. Filtrāta žāvēšana, sasaldēšana un samalšana;
3. Granulu formulācija.

Izaudzēto biomasu paredzēts pārsūknēt caur paralēlās mikrofiltrēšanas sistēmu (4. attēls), kas ļauj atdalīt ļoti smalkas daļiņas no šķidruma vai sakoncentrēt emulsijas vai suspensijas. Paralēla filtrēšanas tehnoloģija ļauj izvairīties no filtra aizdambēšanas. Ierīce sastāv no pumpja, tērauda

caurulēm, ievadišanas tvertnes, viena spiediena mērītāja un atvienojamas filtrēšanas membrānas ar poru diametru $\leq 0,2 \mu\text{m}$. Mikrofiltrēšanas sistēmu, kas balstīta uz Swansea Universitātes izstrādāto prototipu (Gerardo et al., 2014), piegādā VariconAqua (UK).



Attēls 3. Portatīvas laboratorijas paralēlās mikrofiltrēšanas iekārtas (20L tvertnes) prototips alģu biomasas koncentrēšanai (attēls no Gerardo et al., 2014). Iekārtas darbības principa skaidrojums un demonstrācija pieejama Swansea University sagatavotajā video https://www.youtube.com/watch?v=coBWiMc_iEI.

Literatūra un avoti

- Andersen, R., 2005. Algal culturing techniques. Burlington, MA: Elsevier Academic Press, p.578.
- Azmi, A., Che Aziz, N., Mohamad Puad, N., Halim, A., Yusof, F. and Yusup, S. 2018. Chlorella vulgaris logistic growth kinetics model in high concentrations of aqueous ammonia. IJUM Engineering Journal, 19(2): 1-9.
- Becker, E., 2008. Microalgae. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chisti, Y. 2007. Biodiesel from microalgae. Biotechnology Advances, 25(3): 294-306.
- Gerardo ML, Oatley-Radcliffe DL, Lovitt RW. 2014. Integration of membrane technology in microalgae biorefineries. Journal of Membrane Science 464: 86–99.
- Lam, M. and Lee, K., 2014. Cultivation of Chlorella vulgaris in a pilot-scale sequential-baffled column photobioreactor for biomass and biodiesel production. Energy Conversion and Management, 88: 399-410.
- Micro Filtration Technology. 2021. [Tiešsaite] Pieejams: <https://www.alibaba.com/product-detail/micro-filtration-technology-for-laboratory-process_60755203582.html?spm=a2700.12243863.0.0.2ce83e5fGkOllS> [Skatīts 25.11.2021.].
- Most Convenient And Efficient Food Extruder Machine. 2021. [Tiešsaitē] Pieejams: <https://shuoman.en.alibaba.com/product/62521334648-803252471/Most_Convenient_And_Efficient_Puffed_Small_Corn_Snack_Food_Extruder_Machine.html?spm=a2700.shop_plser.41413.13.787948e9HQTYDk> [Skatīts 27.11.2021].

behr Labor-Technik™ KEX 250 F Soxhlet Extractor Capacity: 250mL Soxhlet Extraction Devices |
Fisher Scientific. 2021. [Tiešsaitē] Pieejams: <https://www.fishersci.pt/shop/products/kex-250-f-soxhlet-extractor/10719794#?keyword=behr%20Labor-Technik%E2%84%A2%20KEX%20250%20F%20Soxhlet%20Extractor> [Skatīts 28.11.2021].

MIKROALĢU PREPARĀTU IZMĒGINĀJUMI

Mikroalģu ekstraktu pielietojums un koncentrācijas

Lielākā daļa komerciālo ekstraktu iegādājami sausa pulvera vai koncentrātu veidā. Tos vispirms nepieciešams atšķaidīt ražotāja norādītajās darba koncentrācijās, kas atšķiras dažādiem produktu veidiem. Visizplatītākais aplikācijas veids ietver kontrolētu un mehānizētu izsmidzināšanu, kā piem., Natur JET sistēma, ko kopā ar alģu ekstraktiem piedāvā iegādāties Natur Agro (Attēls 1).



Attēls 1. Natur JET (Natur Agro) izsmidzināšanas sistēma, kas savietojama ar dažādas ietilpības cisternām, kurās glabājas atšķaidītais alģu koncentrāts, mobilai izsmidzināšanai uz lauka.

Lielākā daļā preparātu ir izsmidzināmi uz lapotnes vai augsnes. Balstoties uz literatūrā apkopotajiem eksperimentiem (Tabula 1), lauka izmēģinājumiem ar avenēm varētu pielietot vienkāršas alģu mehāniski samaltās sausās biomasas atšķaidījumu ūdenī darba koncentrācijās no 2.5-10 g/L.

Tabula 1. Literatūrā minētās metodes un darba koncentrācijas alģu ūdens ekstraktu pagatavošanai eksperimentos ar augiem.

Alģu suga	Pulvera vai šķidrā ekstrakta koncentrācija un aplikācijas veids	Atsauce	Izmantotais vai līdzīgais Komerciālais produkts / publikācijas metodes interpretācija
<i>Ecklonia maxima</i> (Kelpak)	100 mL 0.25% (v/v) Kelpak produkts sakņu iemērkšanai	Beckett RP, van Staden J (1989)	https://kelpak.com/home.html extract with cell burst technologies
<i>Ecklonia maxima</i> (Kelpak)	100 mL 0.2%, 0.4%, 1.0% (v/v) Kelpak sakņu iemērkšanai; 100mL 0.4% (v/v) lapotnes rasināšanai	I.J. Crouch & J. Van Staden (1992)	

<i>Ecklonia maxima</i> (Kelpak)	Sakņu apliešana ar 100 mL 0.20% or 0.40% (v/v) Kelpak katram podam 15, 45, 75 d pēc stādīšanas	Crouch, 1990	
<i>Padina gymnospora</i> <i>Gracilaria edulis</i> <i>Ulva fasciata</i>	Pulveris sajaukts ar ūdeni 1:20 (W/V), autoklāvēts 120 C 30 min, atdzisis ekstrakts filtrēts caur kokvilnas audumu un centrēts 10,000 rpm 15 min; Supernatants pieņemts par 100% šķīdumu; Ar destilētu ūdens atšķaidījumiem iegūti 2%, 4%, 6%, 8% and 10% (V/V)	Shamya Arokia Rajan et al., 2020	Veidots 5% (w/v) sākotnējais šķīdums, pieņemot pilnīgu izšķīšanu un nekādus zudumus filtrācijā, 10% darba atšķaidījumi satur 5g/L
<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Zemeņu vāga (tunelis) laistīts ar 9L Maxicrop Triple atšķaidītu 1 : 150 un izsmidzinātu</i>	Hankins & Hockey, 1990	https://maxicrop.com/ https://maxicrop.com/application-rates/ Produkta info 1 ēdamkarote pulverveida produkta vai 1 unce šķidrums (28.34952 g or 28.4 ml) /gallon ūdens (4.546L) (6.236 g/L or 0.62% v/v solution); laistīt reizi ned.
<i>Polysiphonia</i> <i>Ulva</i> <i>Cladophora</i>	50 g sausas samaltas biomasas izšķīdina 150mL, vāra 30 min (metode 1) vai atstāj uz 2 d (metode 2); Centrifūgē 4250 rpm 5 min un filtrē ar Whatman number 1 filtrpapīru; iegūto supernatantu pieņem par 100% ekstraktu; Sēklu diedzēšanas testiem izmanto 0.5, 2.5, and 10% (v/v)	Goldewska et al., 2016	Pieņemot, 100% izšķīšanu un 0% zudumus filtrācijā, 10% darba šķīdumu iegūst no aptuveni 33 g/L biomasas; 2.5% no 8.25g/L.
<i>Ascophyllum nodosum</i>	3 g / L of commercial seaweed extract powder	Santaniello et al., 2017	Algea, Valagro S.p.A https://www.algea.com/index.php/planet-growth
<i>Anabaena</i> <i>Ecklonia</i> <i>Jania</i>	Liofilizēta biomasa <i>Anabaena</i> sp. BEA 0300B (AN) un žāvēts tallus <i>Ecklonia</i> sp. (ECK) vai <i>Jania</i> sp. (JAN); ECK un JAN samalts pulverī ar piestu; Ūdens ekstrakti 0.5% iegūti, AN, ECK, JAN maisot 50 C 12 h un filtrējot	Righini et al., 2019	Metodēs norādīts vien 0.5%, <u>pieņemot, ka domāts (w/v)</u> , šķīdums atbilst atbilstu 5 g/L; salīdzinājumā Roberti et al. 2015 , lieto 0.01g/L. Toties pēcāk dozes minētas kā 2.5-10 mg/mL (2.5-10 g/L) (Righini et al.) un 2g/L (Roberti et al.), lai arī Roberti et al. metodē minētās konc. ir pretrunīgas

	Augiem lietoti 2.5, 5, 10 mg/mL ūdens ekstrakti		
<i>Anabaena</i>	1 mg liofilizēta pulvera izšķīdina 100 mL sterilā destilētā ūdens, maiot 50 C 12 h un filtrē caur sterile filtrpapīru; 5 mL (konc. 2 g/L) BEA0300B ūdens ekstrakta pievieno 12 d veca cukīni dīgļlapām	Roberti et al., 2015	

Lauku izmēģinājumu eksperimentālais dizains

Aprakstīts eksperimentālais dizaina piemērs lauka izmēģinājumam ar no 3 aļģu sugām iegūtiem ūdens ekstraktiem divās dažādās darba koncentrācijās (Conc1 un Conc2). Katrs četrstūris apzīmē dobi/laukumu ar vismaz 10 atsevišķiem aveņu stādiem. Ūdens kontrole (K1) lietota vienreiz. Papildus kontrolei var izmant minerālmēslojumu (K2) divās koncentrācijās, lai pārbaudītu, vai novērotais aļģu ekstrakst varētu būt izskaidrojams ar tā biomēslojuma īpašībām. Katru stādu laista ar 1L aļģu preperāta vai kontroli reizi nedēļā (1 mēn. ilgā periodā). Piemēram doti ekstrakti no 3 aļģu sugām:

A1: *Spirulina sp.*

A2: *Dunaliella tertiolecta*

A3: *Chlorella vulgaris*

Izvēlētās koncentrācijas varētu būt atkarīgas no kopējā pieejamā izaudzētās biomasas apjoma: piemēram, 2.5 un 10 g/L izmantošana šādam eksperimentam prasītu vismaz 12.5g x 10 stādi x 4 ned. = 500 g pulvera no katras aļģu sugas.

A1 Conc1	A2 Conc1	A3 Conc1	K1: ūdens	K2: minerālmēsli Conc1
A1 Conc2	A2 Conc2	A3 Conc2		K2: minerālmēsli Conc2

Nosakāmie aveņu produktivitātes parametri

Aplūkojot aveņu fenodatu ievākšanas metodes vairākās publikācijās (Milivojevic et al., 2012, Palonen et al., 2017; Rizzi et al., 2020; Sasnauskas et al., 2012; Zhang et al., 2020; Drobek et al., 2019; Fotiric-Aksic et al., 2012) iespējams ievākt datus šīm aveņu pazīmēm:

- Laterālo zaru/ceru skaits 1 ned. pirms apstrādes
- Laterālo zaru/ceru skaits 1 ned. pēc apstrādes

- Galvenā zara garums no zemes līdz augstākajai lapai pirms un pēc apstrādes
- Ziedošo laterālo zaru garums pirms un pēc apstrādes
- Lapu skaits vienam stādam vai 3 nejauši izvēlētiem sānu zariem pirms un pēc apstrādes
- Kopējais ziedkopu skaits vienam augam vai 3 nejauši izvēlētos laterālos zaros katram augam pēc apstrādes
- Kopaugļu skaits vienam stādam vai 3 nejauši izvēlētiem ziedošiem laterālajam zariem
- 1 avenes kopaugļa svars vai vidējais 30 (vai 100) kopaugļu svars
- Kopējais augļu svars vienam stādam

Literatūra un avoti

- BECKETT RP, van STADEN J. 1989. The effect of seaweed concentrate on the growth and yield of potassium stressed wheat. *Plant and Soil* 116: 29–36.
- Crouch IJ, Beckett RP, van Staden J. 1990. Effect of seaweed concentrate on the growth and mineral nutrition of nutrient-stressed lettuce. *Journal of Applied Phycology* 2: 269–272.
- Crouch IJ, Van Staden J. 1992. Effect of seaweed concentrate on the establishment and yield of greenhouse tomato plants. *Journal of Applied Phycology* 4: 291–296.
- Drobek M, Frąc M, Cybulska J. 2019. Plant Biostimulants: Importance of the Quality and Yield of Horticultural Crops and the Improvement of Plant Tolerance to Abiotic Stress—A Review. *Agronomy* 9: 335.
- Fotirić-Akšić M, Radović A, Milivojević J, Nikolić M, Nikolić D. 2012. GENERATIVE POTENTIAL AND FRUIT QUALITY OF PROMISING RED RASPBERRY SEEDLINGS. *Acta Horticulturae*: 101–106.
- Godlewska K, Michalak I, Tuhy Ł, Chojnacka K. 2016. Plant Growth Biostimulants Based on Different Methods of Seaweed Extraction with Water. *BioMed Research International* 2016: e5973760.
- Hankins SD, Hockey HP. 1990. The effect of a liquid seaweed extract from *Ascophyllum nodosum* (Fucales, Phaeophyta) on the two-spotted red spider mite *Tetranychus urticae*. *Hydrobiologia* 204: 555–559.
- Milivojević J, Nikolić M, Radivojević D, Poledica M. 2012. YIELD COMPONENTS AND FRUIT QUALITY OF FLORICANE FRUITING RASPBERRY CULTIVARS GROWN IN SERBIA. *Acta Horticulturae*: 95–99.
- Palonen P, Pinomaa A, Tømmila T. 2017. The influence of high tunnel on yield and berry quality in three floricane raspberry cultivars. *Scientia Horticulturae* 214: 180–186.
- Righini H, Baraldi E, García Fernández Y, Martel Quintana A, Roberti R. 2019. Different Antifungal Activity of *Anabaena* sp., *Ecklonia* sp., and *Jania* sp. against *Botrytis cinerea*. *Marine Drugs* 17.

- Rizzi R, Silvestre WP, Rota LD, Pauletti GF. 2020. Raspberry production with different NPK dosages in South Brazil. *Scientia Horticulturae* 261: 108984.
- Roberti R, Galletti S, Burzi PL, Righini H, Cetrullo S, Perez C. 2015. Induction of defence responses in zucchini (*Cucurbita pepo*) by *Anabaena* sp. water extract. *Biological Control* 82: 61–68.
- Santaniello A, Scartazza A, Gresta F, Loreti E, Biasone A, Di Tommaso D, Piaggese A, Perata P. 2017. *Ascophyllum nodosum* Seaweed Extract Alleviates Drought Stress in *Arabidopsis* by Affecting Photosynthetic Performance and Related Gene Expression. *Frontiers in Plant Science* 8.
- Sasnauskas A, Buskiene L, Siksniunas T, Rubinskiene M. 2012. PRODUCTIVITY AND FRUIT QUALITY OF PRIMOCANE RASPBERRY CULTIVARS AND SELECTIONS. *Acta Horticulturae*: 89–93.
- Shamya Arokia rajan M, Thriunavukkarasu R, Joseph J, Aruni W. 2020. Effect of seaweed on seed germination and biochemical constituents of *Capsicum annuum*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 29: 101761.
- Zhang H, Miles C, Ghimire S, Benedict C, Zasada I, Liu H, DeVetter L. 2020. Plastic Mulches Improved Plant Growth and Suppressed Weeds in Late Summer-planted Floricane-fruiting Raspberry. *Hortscience* 55: 565–572.

2. SADAĻA: MIKROAĻĢU IZCELSMES AUGU AUGŠANAS STIMULATORA UN ANTIMIKROBIĀLĀ LĪDZEKĻA PROTOTIPA IZSTRĀDE

PROTOKOLS: MIKROAĻĢU KULTIVĀCIJA UN BIOMASAS IEGŪŠANA

Mikroaļģu barotnes izvēle un sagatavošana

Barotnes izvēle

Kultivējot mikroaļģes katru sugu ir nepieciešams nodrošināt ar atbilstošu barotni. Eksperimentos tiek izmantotas specializētas barotnes saldūdens un sālsūdens mikroaļģu autotrofai kultivācijai, ka arī, standarta barotnei pievienojot glikozi, var veicināt heterotrofu vai miksotrofu mikroaļģu kultivāciju.

Mikroaļģu kultivācijas laikā tiek izmantotas LED lampas, lai veicinātu mikroaļģu fotosintēzi. Fotosintēzes procesā mikroaļģes fiksē atmosfērā/barotnē esošu CO₂, lai veidotu ogļhidrātus. Kā procesa blakusproduktus veidojas O₂. Mikroaļģes izmanto sintezētus ogļhidrātus un barotnē pieejamas minerālvielas augšanai, veidojot vērtīgu biomasu vai noderīgas vielas, piemēram, astaksantīnu, citus karotenoīdus, polinepiesātniātas un polipiesātinātas taukskābes, proteīnus un polisaharīdus. Pētījumi liecina, ka šīs vielas var būt arī noderīgi kultūraugu apstrādes procesā, jo daļai piemīt antimikrobiālās vielas, kas palīdz apkarot patogēnus mikroorganismus, bet otrai daļai (fītohormoniem) spēja stimulēt augu augšanu.

Izmantotas barotnes

- **Cell-Hi HP (HP)** – universāla komerciāli pieejama barotne – **saldūdens** mikroaļģēm.
Ražotājs – *Varicon Aqua Solutions Ltd.*, (Lielbritānija);
- **3N-BBM-V** – standarta saldūdens mikroaļģu kultivācijas barotne ar modifikācijām;
- **Cell-Hi JWP (JWP)** – universāla **ciānbaktēriju** barotne, tajā skaitā arī *Spirulina* sp. Ražotājs – *Varicon Aqua Solutions Ltd.*, (Lielbritānija);
- **F₂P** – universāla komerciāli pieejama barotne **sālsūdens** mikroaļģēm.



1. attēls. HP barotne ar atšķirīgu barības vielu koncentrāciju pēc sterilizācijas.



2. attēls. Barotnes izvēle var būtiski ietekmēt mikroaļģu augšanu. Kā redzams attēlā – atkarībā no barotnes sastāva, aļģēs var sintezēt dažādas vielas, vai neaugt vispār.

Barotnes sastāvs

Kultivācijai nepieciešamo barotņu sastāvi ir apkopoti 1. – 4. tabulās

1. tabula

Saldūdens mikroaļģu HP barotnes sastāvs.

Makroelementi	Vidējais daudzums pēc molārās masas, %
Kopējais pieejamais slāpeklis	9,88
Fosfors	2,01
Kālijs	26,59
Makroelementu attiecība	10:2:27
Mikroelementi	Vidējais daudzums pēc molārās masas, %
Dzelzs	0,6

Varš	0,047
Kobalts	0,0008
Mangāns	0,072
Molibdēns	0,01
Nātrijs	2,74
Bors	0,21
Magnijs	1,01
Kalcijs	1,29
Sērs	1,33
Vitamīni	Daudzums, g/kg
Vitamīns B ₁ (Tiamīns)	0,13
Vitamīns B ₁₂ (Kobalamīns)	0,18
Vitamīns B ₇ (Biotīns)	0,06

2. tabula

3N-BBM-V barotnes sastāvs. 1. – 3. šķīdumu pagatavot atsevišķi un pēc sterilizācijas apvienot kopā, ievērojot proporciju (uz 1 L barotnes): 1. šķīdums – 10 mL, 2. šķīdums – 6 mL, 3. šķīdums – 1 mL.

Reaģents	Koncentrācija, g/L
1. šķīdums (uz 500 mL)	
NaNO ₃	75
CaCl ₂ × 2H ₂ O	2,5
MgSO ₄ × 7H ₂ O	7,5
K ₂ HPO ₄ × 3H ₂ O	7,5
KH ₂ PO ₄	17,5
NaCl	2,5
2. šķīdums: mikroelementi (uz 500 mL)	
Na ₂ EDTA	0,75
FeCl ₃ × 6H ₂ O	0,097
MnCl ₂ × 4H ₂ O	0,041
ZnCl ₂	0,005
CoCl ₂ × 6H ₂ O	0,002
Na ₂ MoO ₄ × 2H ₂ O	0,004
3. šķīdums: vitamīni (neautoklavēt) (uz 100 mL)	
Vitamīns B ₁	0,12
Vitamīns B ₁₂	0,1

3. tabula

Ciānbaktēriju JWP barotnes sastāvs

Makroelementi	Vidējais daudzums pēc molārās masas, %
Kopējais pieejamais slāpeklis	8,94
Fosfors	1,82
Kālijs	2,30
Makroelementu attiecība	9:2:2
Mikroelementi	Vidējais daudzums pēc molārās masas, %
Dzelzs	0,18
Kobalts	0,0009
Mangāns	0,46
Molibdēns	0,22
Nātrijs	0,15
Bors	1,86
Magnijs	2,24
Kalcijs	23,69
Sērs	0,015
Vitamīni	Daudzums, g/kg
Vitamīns B ₁ (Tiamīns)	0,2
Vitamīns B ₁₂ (Kobalamīns)	0,2
Vitamīns B ₇ (Biotīns)	0,2

4. tabula

Sālsūdens F₂P barotnes sastāvs

Makroelementi	Vidējais daudzums pēc molārās masas, %
Kopējais pieejamais slāpeklis	14,4
Fosfors	1,1
Kālijs	2,95
Makroelementu attiecība	14:1:3
Mikroelementi	Vidējais daudzums pēc molārās masas, %
Dzelzs	0,08
Varš	0,047
Cinks	0,0065
Kobalts	0,0051
Mangāns	0,06
Molibdēns	0,0028

Nātrijs	23,69
Sērs	0,015
Vitamīni	Daudzums, g/kg
Vitamīns B ₁ (Tiamīns)	1,01
Vitamīns B ₁₂ (Kobalamīns)	0,49
Vitamīns B ₇ (Biotīns)	0,24

Barotņu sagatavošanas procedūra

Tālāk ir aprakstīta metodoloģija, pagatavojot 1 L barotnes:

1. Ievieto vārglāzi uz elektroniskiem svariem un nospiež TARE pogu;
2. Ieber atbilstošu barotnes koncentrāciju vārglāzē:
 - a. Komerčiālajām barotnēm (HP un JWP) – 1 g/L;
 - b. Standarta 3N-BBM-V barotnei – atbilstoši 3. tabulai;
3. Ar mērcilindru pielej 1 L dH₂O;
4. Ja gatavo barotni ar kādu cukuru (glikoze, fruktoze, laktoze, galaktoze), tad uz svariem atsevišķā sverglāzē nosver 5 – 20 g attiecīgā cukura un ievieto atsevišķā 0,5 L mērkolbā, kurā pielej dH₂O līdz 0,5 L atzīmei. Atbilstošā cukura pievienošana var būtiski uzlabot biomasas sintēzi. Cukurus ir nepieciešams sterilizēt atsevišķi
5. Maisot ar stikla nūjiņu, izšķīdini barotnes komponentes;
6. Pārlej šķīdumu borosilikāta stikla pudelē;
7. Sterilizē šķīdumus autoklāvā +121°C 1,2 atm 45 min, vai izmanto sterilo šļirci ar mikrofiltru (poru diametrs 0,22 µm, lai nepieļautu kontamināciju);
8. Barotnes uzglabā ledusskapī +4°C.

Mikroaļģu celmu izvēle

Pētījumi ietvaros tika atlasīti dažādi mikroaļģu celmi, kurus var izmantot kultūraugu (aveņu) apstrādei. Mikroaļģes tika atlasītas no vairākiem celmiem, balstoties uz eksperimenta rezultātiem, un ir apkopotas **5. tabulā**. Papildus tiek piedāvāts mikroaļģu dzīvas biomasas, vai ekstraktu pielietojums.

Galvenie mikroaļģu celmu atlases parametri:

1. spēja ātri veidot biomasu;
2. augsta aklimatizācijas un adaptācijas spēja;
3. viegli uzturēt.

5. tabula

Mikroaļģu celmi, kultivācijas barotnes un potenciāls biomasas pielietojums.

Kultūras nosaukums	Barotne	Pielietojums
<i>Chromochloris zofingiensis</i> CCAP 211/14	HP vai BBM	Dīgtspējas uzlabošana
<i>Chlorella vulgaris</i> CCAP 211/111	HP vai BBM	Rudens aveņu apstrāde
<i>Spirulina platensis</i> UTEX LB 2340	JWP vai <i>Spirulina</i> medium	Rudens aveņu apstrāde
<i>Dunaliella salina</i> CCAP 19/20	F ₂ P	Rudens aveņu apstrāde
<i>Scenedesmus quadricauda</i> CCAP 276/16	HP vai BBM	Modeļkultūraugu apstrāde kontrolētos vides apstākļos

Mikroaļģu celmu dzīvotspējas pārbaude

Pēc mikroaļģu kultūras pasūtīšanas un saņemšanas no kolekcijām, ir nepieciešams pārlicināties vai tās ir dzīvotspējīgas. Mikroaļģu celmu transportēšana šķidrajās barotnēs nav piemērotākais transportēšanas veids, jo mikroaļģēm var beigties barības vielas, vai šķidrajās barotnēs var attīstīties patogēna mikroflora, kas var nomākt mikroaļģu attīstību. Savukārt, transportēšanas laikā nav iespējams kontrolēt apgaismojuma intensitāti un temperatūru, kas ir vitālie parametri mikroaļģu dzīvotspējai. Sākumā saņemtas mikroaļģu kultūras ir nepieciešams pārsēt atbilstošajā barotnē, lai būtu iespējams pārlicināties, ka tās ir dzīvotspējīgas.

Pēc saņemšanas ir nepieciešams izmantot atbilstošas mikroaļģu barotnes. Veicot pārbaudi, dzīvajām aļģu šūnām pēc dažām dienām būs redzams biomasas pieaugums, savukārt, nedzīvajām – hlorofila denaturācija, pigmentācijas izmaiņas (dzeltena un brūna krāsa), patogēnu mikroorganismu attīstība (barotne paliek balti-duļķaina).



3 attēls. Saņemtas mikroaļģu kultūras šķidrajās barotnēs. Kultūras uzreiz ir nepieciešams pārsēt jaunajās barotnēs.

Mikroaļģu optimālie kultivācijas parametri

- Optimāla kultivācijas temperatūra ir robežās no +15 līdz +20°C;
- Apgaismojums (gaisma / tumsa) – 12:12 vai 16:8 (ātrākai augšanai);
- Pārsēšanas laikā inokulāta izmēra attiecība pret barotni nedrīkst būt mazākai par 1:10.



4. attēls. Mikroaļģu kultivācija specializētajā termostatā ar 12:12 gaismas režīma un gaisa padevi.

Saņemtu mikroaļģu kultūru pārsēšana jaunajā barotnē un kultivācija

1. Sagatavo sešas sterilas 250 mL (vai cita izmēra) kolbas;
2. Sterilajos apstākļos (laminārās plūsmas boksā) pārnest 10 mL mikroaļģu kultūras un pievienot 100 mL atbilstošas barotnes (5. attēls);
3. Paņem 1,5 mL paraugu, lai ar spektrofotometra palīdzību noteikt šķīduma optisku blīvumu (OD_1). Mērījumiem izmanto 420 un 680 nm viļņu garumu, ka arī ir ieteicams pārbaudīt mērījumu spektru. Šie dati būs nepieciešami, lai vēlāk pārbaudītu, vai notiek mikroaļģu augšana;
4. Ievieto kolbas kratītājā-inkubatorā $+20^{\circ}\text{C}$ temperatūra, 100 rpm, lai nodrošinātu vienmērīgu barības vielu pieejamību un gāzes apmaiņu (6. attēls);
5. Blakus kratītājam-inkubatoram novieto LED lampu ar uzstādītu tumsas / gaismas režīmu 16:8. Tas ir nepieciešams, lai veicinātu mikroaļģu metabolismu;
6. Mikroaļģes kultivē 72 h;
7. Pēc kultivācijas pārbaudi mikroaļģu morfologiju gaismas mikroskopā. Paņem 1,5 mL paraugu, lai ar spektrofotobioreaktoru novērotu OD izmaiņas (OD_2) (8. attēls);
8. Dzīvotspējīgus celmus turpini kultivēt statiski blakus LED gaismas avotam, 16:8 gaismas/tumsas režīmā, istabas temperatūrā ($+21^{\circ}\text{C}$).



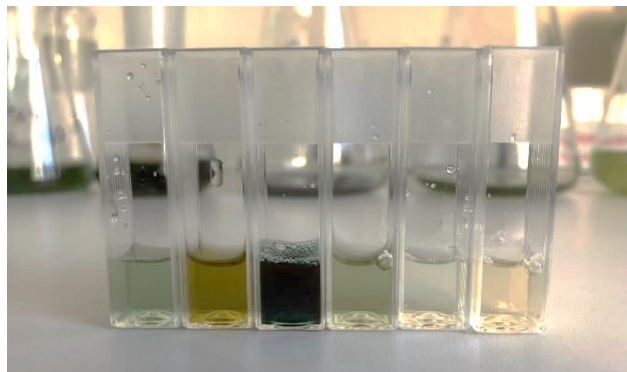
5. attēls. Darbs laminārās plūsmas boksā ar mikroaļģu kultūrām. Saņemto mikroaļģu kultūru pārsēšana svaigajā kultivācijas barotnē (JWP, HP vai F2P).



6. attēls. Mikroaļģu kultivācija kratītājā-inkubatorā +20°C temperatūrā.



7. attēls. Mikroaļģu celmu biomasas pieaugums četriem celmiem pēc kultivācijas kratītājā-inkubatorā 48 h.

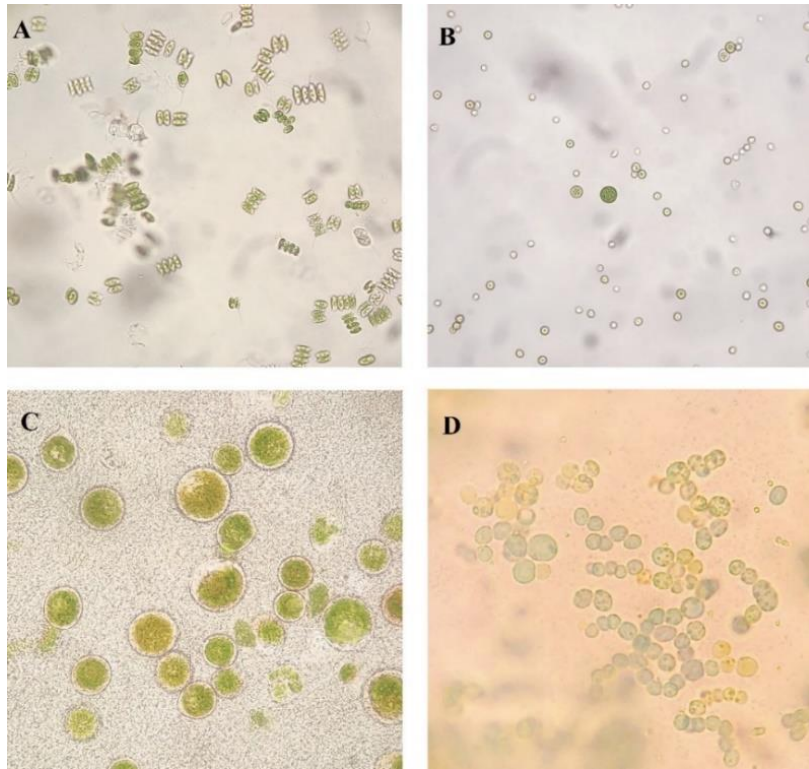


8. attēls. Paraugu ņemšana spektrofotometrijai (OD mērījumi). 1,5 mL paraugi.

Mikroaļģu novērošana gaismas mikroskopā

Lai pārbaudītu mikroaļģu šūnu stāvokli (morfoloģiju), ka arī pārlicinātos, ka ir saņemti pareizi celmi, ir nepieciešams apskatīt tās gaismas mikroskopā. Lai veiktu mikroskopiju, ir nepieciešams sagatavot mikroaļģu preparātu:

1. Sterilajos apstākļos, lai nepieļautu kontamināciju, ar seroloģisku pipeti paņem nelielu mikroaļģu kultūras daudzumu ($\sim 50 - 100 \mu\text{L}$), iepriekš labi sakratot kolbu. Kolbu ar mikroaļģēm aiztaisi ciet un pēc parauga sagatavošanas ieliec atpakaļ blakus LED gaismas avotam;
2. Uzpilini vienu parauga pilienu uz priekšmetstikliņu;
3. Paraugam virsū uzmanīgi ieliec segstikliņu;
4. Aplūko paraugu mikroskopā sākumā ar mazu palielinājumu, tad ar lielāku (9. attēls).



9. attēls. Dzīvo mikroaļģu celmu mikroskopiskā kontrole: A) *Scenedesmus quadricauda* CCAP 276/16; B) *Chromochloris zoofingensis* CCAP 211/14; C) *Haematococcus pluvialis* CCAP 34/8; D) *Nostoc commune* CCAP 1453/29.

Tīras mikroaļģu kultūras izdalīšana un attīrīšanas metodoloģija

Gadījumā, ja tika pamanīta kontaminācija (baktēriju vai sēnīšu attīstība), ir nepieciešams izdalīt tīras mikroaļģu kultūras, jo piesārņojums var būtiski ietekmēt mikroaļģu augšanu un dzīvotspēju. Papildus patogēnie mikroorganismi var sintezēt toksīnus, rezultātā iegūta biomasa būs nederīga.

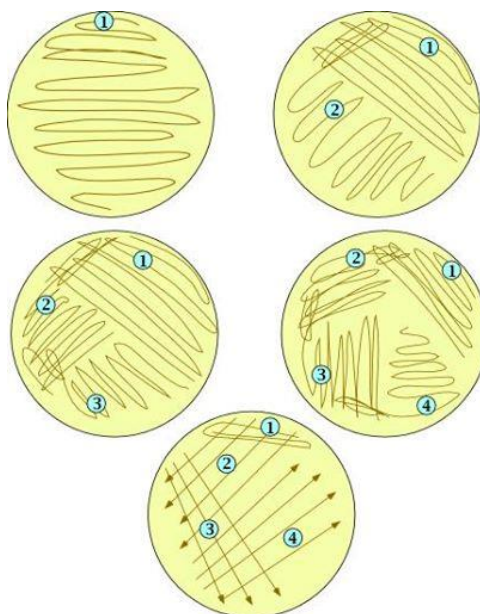
Agarizētas barotnes sagatavošana

Veicot mikroaļģu kultūru attīrīšanu, ir nepieciešams pagatavot agarizētu mikroaļģu barotni un veikt mikroaļģu uzsējumu uz tās. Uz agarizētas barotnes sāksies mikroaļģu un citu mikroorganismu attīstība. Savukārt, izmantojot šo metodi ir iespējams atdalīt atsevišķas nepiesārņotas mikroaļģu kolonijas.

1. Ievieto vārglāzi uz elektroniskiem svariem un nospiež TARE pogu;
2. Ieber atbilstošu barotnes koncentrāciju vārglāzē (1 g/L);
3. Vārglāzei pievieno 15 g/L agara;
4. A mērcilindru pielej 1 L dH₂O;
5. Maisot ar stikla nūjiņu, izšķīdini barotnes komponentes un agaru;
6. Pārlej šķīdumu borosilikāta stikla pudelē;
7. Ieliec autoklāvā +121°C 1,2 atm 45 min, lai veiktu barotnes sterilizāciju;
8. Pēc sterilizācijas ļauj barotnei atdzīst līdz aptuveni +60°C;
9. Sterilajos apstākļos sagatavo Petri traukus un ielej katra trauka aptuveni 25 mL agarizētas barotnes;
10. Barotnes temperatūrai samazinoties, tā sacietēs – barotne ir sagatavota tālākam darbam ar mikroaļģu kultūrām.

Mikroaļģu celmu inokulācija Petri traukos

1. Sterilajos apstākļos, izmantojot vienreizējo bakterioloģisku cilpu, no atbilstošas kolbas paņem mikroaļģu paraugu;
2. Veic uzsējumu uz Petri trauku ar agarizētu barotni. Uzsējuma veikšanas tehnika ir parādīta 10. attēlā;
3. 3 – 4 reizes nomaini bakterioloģisku cilpu, lai panāktu atbilstošu kultūru atšķaidījumu;
4. Pēc uzsēšanas aiztasi ciet Petri trauka vāku un apgriez to otrādi, lai nenotiktu ūdens iztvaikošana no agarizētas barotnes, un lai kondensāts neuzkrājas uz barotnes virsmas;
5. Novieto Petri trauku blakus LED gaismas avotam;
6. Pēc dažām dienām uz barotnes virsmas būs redzama mikroorganismu koloniju attīstība (8. attēls).

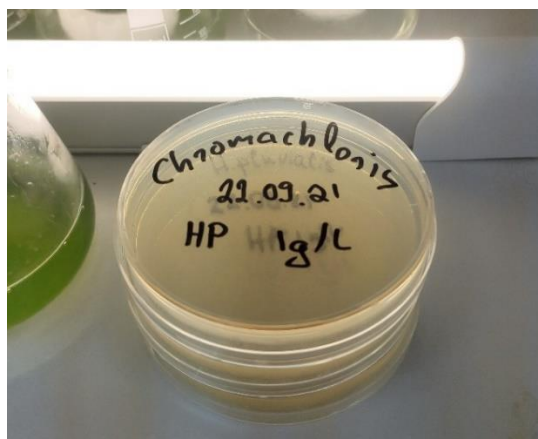


10. attēls. Mikrobioloģiska uzsējuma veikšana uz agarizētas barotnes. Metode ļauj nodrošināt nepieciešamu parauga atšķaidījumu. Ar cipariem norādīts brīdis, kad tiek mainītas bakterioloģiskās cilpas. Pēc noteikta laikā uz agarizētas barotnes sāks veidoties atsevišķas mikroorganismu kolonijas (avots: <https://www.medical-labs.net/different-streak-methods-for-bacterial-plates-664/>)

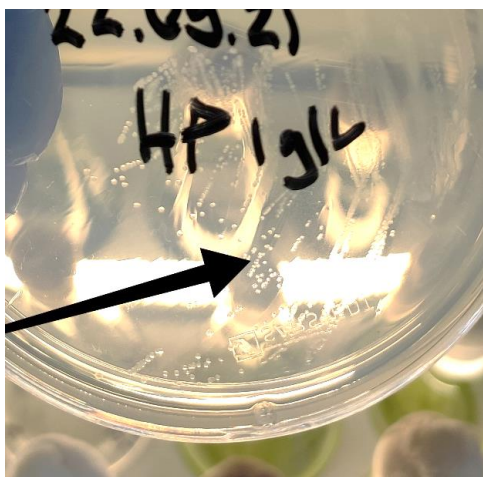
Tīrkultūras izdalīšanas darba gaita

Pēc dažām dienām, kad uz agarizētas barotnes virsmas izveidosies atsevišķas mikroorganismu kultūras, ir nepieciešams izdalīt mikroaļģu kultūru un atkārtoti veikt uzsējumu:

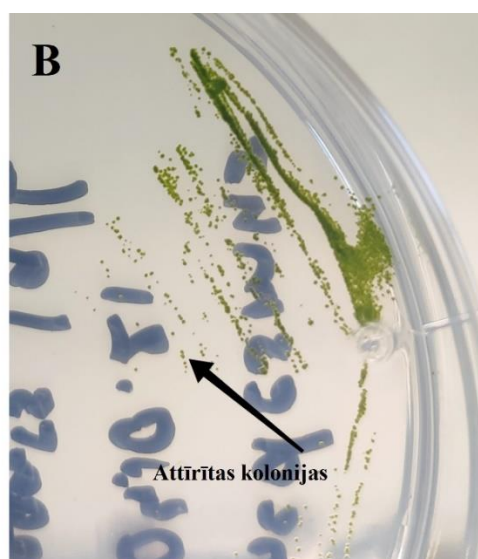
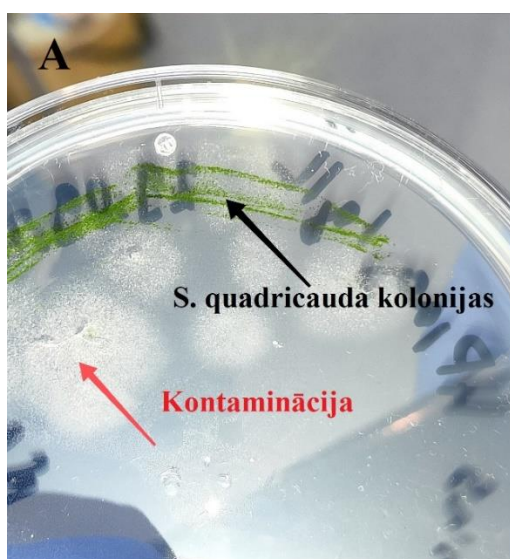
1. Sterilajos apstākļos uzmanīgi ar vienreizējo bakterioloģisku cilpu paņem tikai vienu mikroaļģu koloniju;
2. Paņem jaunu Petri trauku ar agarizētu barotni un atkārtoti veic uzsējumu;
3. Pēc procedūras pabeigšanas aiztaisi ciet Petri trauku un apgriez to otrādi;
4. Novieto Petri trauku blakus gaismas avotam (11. attēls);
5. Pēc 5 – 7 dienām izaugs attīrītas mikroaļģu kolonijas (13.B attēls);
6. Sterilajos apstākļos ar bakterioloģisku cilpu paņem vienu vai vairākas kolonijas un pārsēj tās mēģenē ar 3 mL atbilstošas barotnes (14. attēls);
7. Aiztaisi ciet mēģeni un ievieto to blakus gaismas avotam.



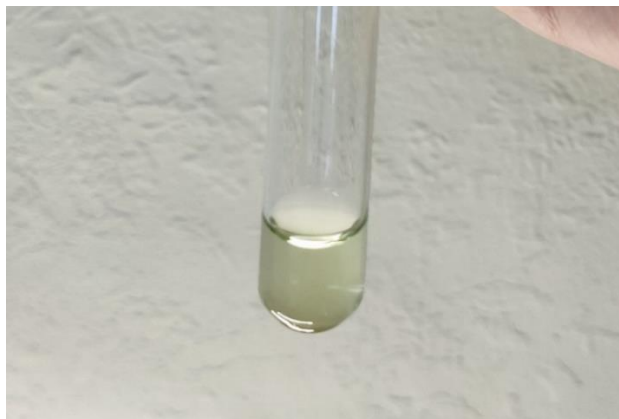
11. attēls. Mikroaļģu attīstība agarizētās barotnēs.



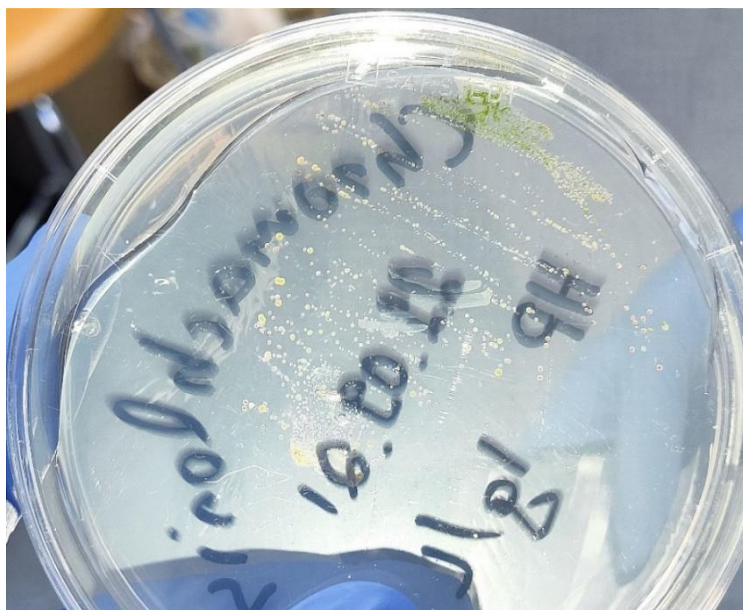
12. attēls. Baktēriju koloniju veidošanās uz agarizētās HP barotnes. *H. pluvialis* kolonijas neattīstās. Kultūra bija piesārņota ar baktēriju, kas izkonkurēja *H. pluvialis*.



13. attēls. A) Pēc pirmā uzsējuma uz agarizētas HP barotnes var redzēt gan *S. quadricauda* CCAP 276/16 gan nenoteiktas pelējuma sēnes koloniju attīstību – kultūra ir piesārņota; B) *S. quadricauda* tīras kultūras izdalīšana. Šajā gadījumā pēc atkārtotas pārsēšanas izdevās iegūt nepiesārņotu *S. quadricauda* kultūru, kura tika izmantota tālākajos pētījumos.



14. attēls. Attīrīta *S. quadricauda* CCAP 276/16 kultūra 3 mL HP barotnē (1 g/L) pēc četrām kultivācijas dienām.



15. attēls. *C. zofingiensis* CCAP 211/14 kultūras attīstības uz agarizētas HP barotnes. Attēlā var redzēt, ka paralēli notiek citu mikroorganismu koloniju attīstība (baltā un sarkanā krāsā) – kultūra ir piesārņota.

Mikroaļģu kultūru attīrīšana ar antibiotikām

Mikroaļģu attīrīšana tiek arī pielietotas dažādas antibiotikas. Piemēram, var sagatavot agara barotnes, kas satur sekojošās antibiotikas:

1. imipenēms (110 µg/mL);
2. nistatīns (100 µg/mL);
3. cikloheksimīds (100 µg/mL).

Antibiotikas ir nepieciešams pievienot vēl šķidrajai agara barotnei (Agarizētas barotnes sagatavošanas metodoloģija, pēc 8. punkta).

Mikroaļģu celmu uzturēšana

Lai nodrošinātu mikroaļģu dzīvotspēju un attīstību ir nepieciešams veikt to pārsēšanu pēc noteikta laika, uzglabājot mikroaļģes veģetatīvajā stāvoklī. Tas arī ir nepieciešams, lai ātri sagatavotu inokulātu dažādiem eksperimentiem, ka arī ražot biomasu lielajos daudzumos aļģu apsmidzināšanai.



16. attēls. Mikroaļģu kultūru (*S. quadricauda* CCAP 276/16, *C. zoofingiensis* CCAP 211/14, *Haematococcus pluviialis* CCAP 34/8, *Nostoc commune* CCAP 1453/29) uzglabāšana 500 mL kolbās blakus LED gaismas avotam istabas temperatūrā. Divas nedēļas pēc kultūru saņemšanas.

Mikroaļģu celmu pārsēšana jaunajā barotnē

Mikroaļģu kultūras ir nepieciešams nodrošināt ar svaigu barotni, kas satur nepieciešamās barības vielas. Savukārt, kultivācijas laikā barotnē parasti sāk uzkrāties dažādi mikroaļģu metabolisma blakusprodukti, tāpēc ir nepieciešams veikt mikroaļģu kultūru pārsēšanu jaunajā barotnē. Papildus, paralēli no barotnes iztvaiko ūdens, kas samazinās biomasas produktivitāti nākotnē. Pārsēšanu veic ik pēc diviem mēnešiem:

1. Sagatavo atbilstošas barotnes;
2. Sterilajos apstākļos ar seroloģisku pipeti pārnes 90 vai 130 mL svaigas kultivācijas barotnes (1. – 3. tabulas) 500 mL koniskajā kolbā;
3. No vecas mikroaļģu kultūras ar seroloģisku pipeti paņem 10 vai 20 mL (atkarība no barotnes tilpuma) inokulāta un pievieno koniskajā kolbā (attiecībā ne mazāk par 1:10);
4. Novieto jaunu kolbu ar mikroaļģēm blakus LED gaismas avotam ar gaismas/tumsas fāzi 12:12 vai 16:8 (17. attēls);
5. Veco mikroaļģu kultūru var izmantot inokulātu veidošanai, iepriekš sadalot pa jaunām kolbām un piebarojot ar svaigu barotni.



17. attēls. Mikroaļģu celmu kultivācija blakus LED lampām. Divi mēneši pēc kultūru saņemšanas – var novērot būtisku biomasas pieaugumu.

Mikroaļģu piebarošana

Pēc noteikta kultivācijas laikā barības vielu koncentrācijas barotnē sāks samazināties, tāpēc papildus var veikt kultūru piebarošanu. Piebarot var vienreiz mēnesi ar 100 mL atbilstošas barotnes, vai divreiz mēnesi ar 50 mL. Šajā gadījumā sterilos apstākļos ir nepieciešams pievienot atbilstošu barotnes daudzumu mikroaļģu kultūrai, un novietot kolbu atpakaļ blakus LED lampai.

Gadījumā, ja barotne paliek duļķaina (attīstās nevēlamie mikroorganismi), ir nepieciešams atkārtoti veikt kultūras attīrīšanas procedūru pēc 4. sadaļā aprakstītas metodoloģijas.

PROTOKOLS: MIKROAĻĢU SINTĒZE FOTOBIOREAKTORĀ

Lai nodrošinātu efektīvu mikroaļģu biomasas sintēzi, ir nepieciešams izmantot specializētas kultivācijas iekārtas – fotobioreaktorus. Šīs iekārtas palīdz būtiski palielināt produktivitāti, nodrošināt apgaismojumu, maisīšanu un gaisa padevi, samazināt mikroaļģu kultivācijas laiku, kā arī būtiski mazināt kontaminācijas varbūtību. Šajā protokolā ir apkopota informācija darbam ar attīrītām mikroaļģu kultūrām un fotobioreaktoru. *S. quadricauda* kalpo par modeļorganismu šajā mēģinājumā.



1. attēls. Fotobioreaktors ar trim kultivācijas kolonnām.

Materiāli un metodes

Izmantotais celms: *Scenedesmus quadricauda* CCAP 276/16

Barotne: HP (1 g/L)

Izmantotas iekārtas

Eksperimenta laikā tika izmēģinātas mikroaļģu kultivācijas iekārtas: termostats ar apgaismojumu un fotobioreaktors (14 L tilpums). Iekārtu ražotājs – *Varicon Aqua Solutions* (Lielbritānija).

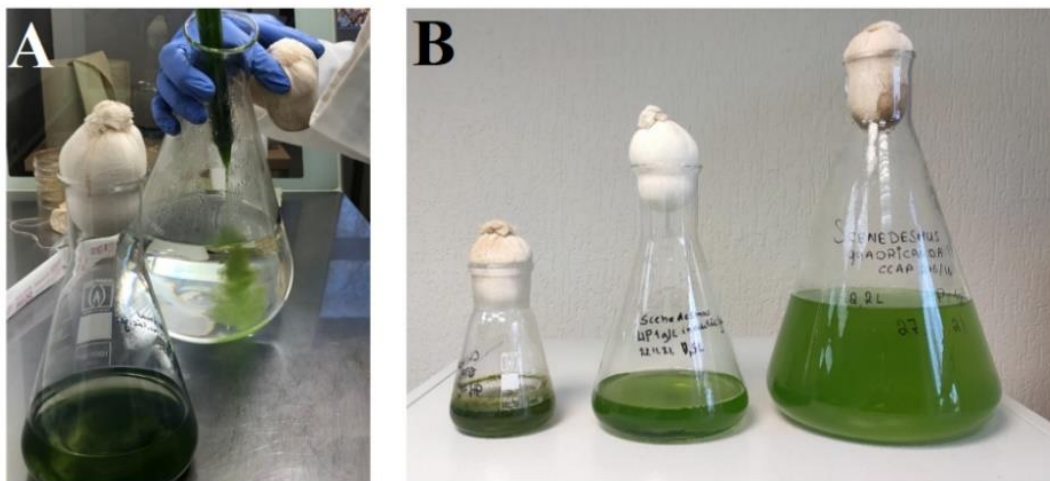


2. attēls. Termostats paredzēts inokulāta sagatavošanai.

Inokulāta sagatavošana

Inokulāta mērogošana (3.B attēls) ir nepieciešama, lai veiksmīgi nodrošināt mikroaļģu augšanu fotobioreaktorā. Ja inokulāts ir pārāk mazs, kultivācijas cikls prasīs ievērojami lielāku laiku.

1. Sākumā sterilajos apstākļos *S. quadricauda* kultūru pievieno 250 mL koniskajā kolbā ar 50 mL 1 g/L HP barotnes. Kultivācijas apstākļi: piecas dienas, 22°C, gaismas intensitāte 5000 luksu;
2. Pēc septiņām dienām 50 mL iegūtas *S. quadricauda* biomasas no 250 mL kolbas ar seroloģisku pipeti pārnes 0,5 L koniskajā kolbā ar 0,2 L 1 g/L HP barotni (3.A attēls). Inokulāta kultivācijai 0,5 L kolbā ir nepieciešamas papildus piecas dienas;
3. Pēc tām 150 mL iegūtas biomasas pārnes 3 L koniskajā kolbā ar 2,0 L 1 g/L HP barotni. Pēc piecām dienām inokulāts ir sagatavots pārsēšanai bioreaktorā.



3. attēls. Inokulāta sagatavošana bioreaktoram: A) *S. quadricauda* parsēšana lielākā izmēra kolbā; B) Inokulāta mērogošana (0,25, 0,5 un 3 L kolbās).



4. attēls. *S. quadricauda* kultivācija 0,5 L kolbā termostatā.

Bioreaktora uzpildīšana un mikroaļģu kultivācija

Bioreaktors ir piemērots fotoautotrofai un miksotrofai mikroaļģu kultivācijai. Lai uzsāktu mikroaļģes kultivāciju, ir nepieciešams uzpildīt bioreaktoru ar atbilstošu barotni:

1. Bioreaktora uzpildīšanai pagatavo koncentrētu HP barotni: 1 L dH₂O izšķīdini 12 g HP barotnes varglāzē, lai gala HP barotnes koncentrācija bioreaktorā sasniegtu 1 g/L (5.A attēls);
2. Koncentrētu HP barotni samaisi ar 10 L H₂O (5.B attēls);

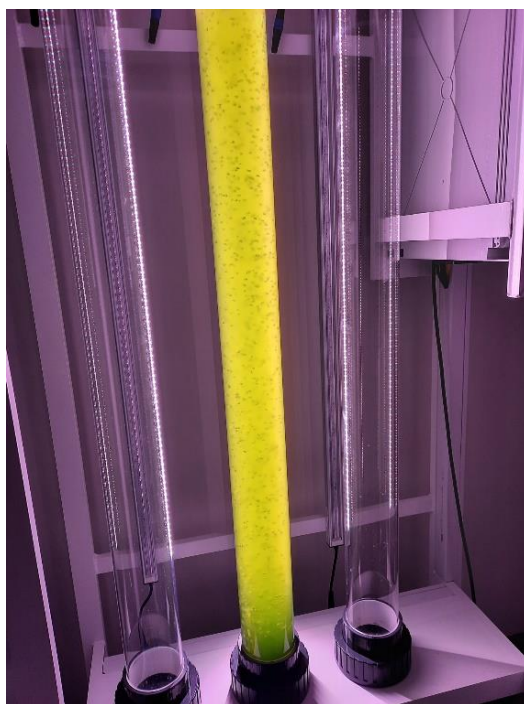
3. Bioreaktoram ieslēdz gaisa padevi, lai tajā veidotos optimāla šķīdumu plūsma. Gaisa padevi ir svarīgi ieslēgt pirms sākas reaktora uzpildīšana (6. attēls);
4. Sagatavoto barotni ar peristaltisko sūkni pārsūknē bioreaktorā, izlaižot šķīdumu cauri UV lampai, lai sterilizētu barotni;
5. Pašās beigās ar peristaltisko sūkni bioreaktoram pievieno atbilstošu mikroaļģu inokulātu (0,5 – 1 L vienai kolonnai). Šajā etapā šķīdumu nedrīkst laist cauri UV lampai;
6. Aiztaisi bioreaktora apakšējo krānu;
7. Atkarībā no izmantota celma un barotnes kultivācija var prasīt 10 – 20 dienas, lai izveidotos liels biomasas daudzums (8. attēls);
8. Veic OD mērījumus, lai novērotu biomasas pieauguma intensitāti. Kultivācijas cikls beidzas, kad OD mērījumi vairs nerāda biomasas pieaugumu (10. attēls);
9. Kultivācijas beigās iztukšo ar peristaltisko sūkni reaktoru un veic skalošanu ar ūdeni un tīrīšanas līdzekļiem.



5. attēls. Barotnes sagatavošana: A) Iekonzentrētas HP barotnes sagatavošana vārglāzē; B) Barotnes sajaukšana ar dH₂O.



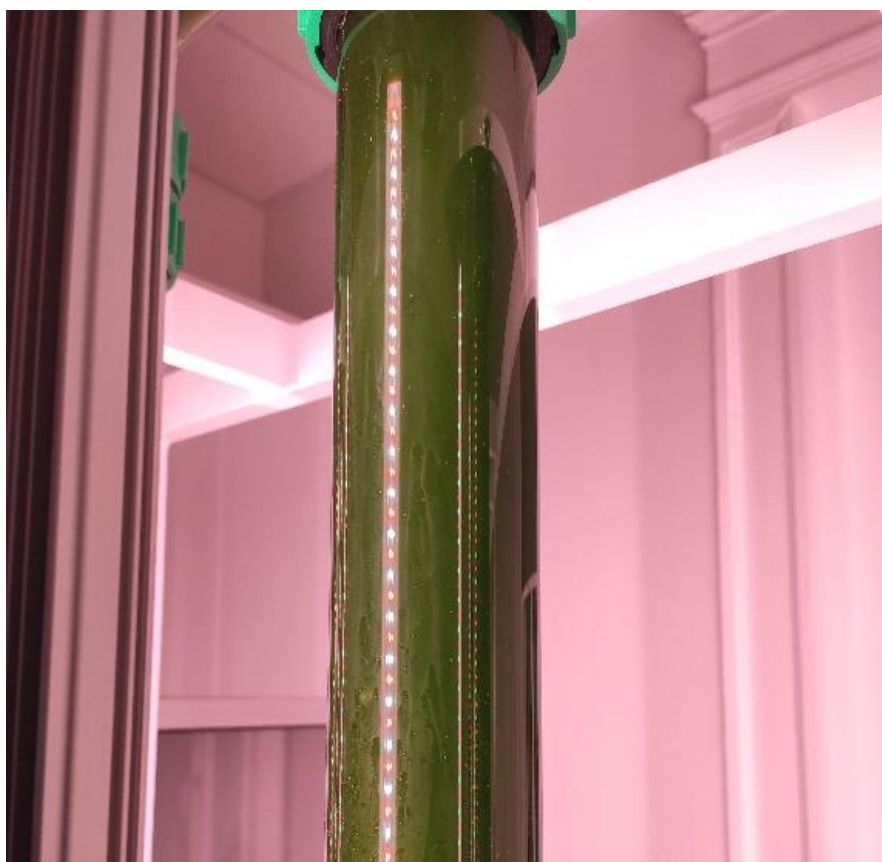
6. attēls. Kolonnas uzpildīšana.



7. attēls. *S. quadricauda* inokulāta pievienošana kolonnai.



8. attēls. Pēc dažām dienām biomasas daudzums kolonnās būtiski palielinājies.

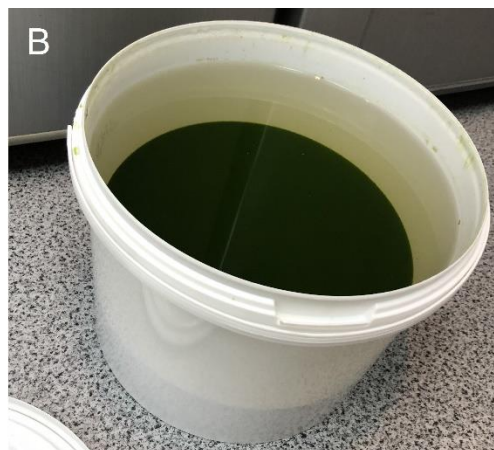


9. attēls. Bioreaktora kolonna 20. kultivācijas dienā. Mikroaļģu biomasas koncentrācija vairs nepieaug.

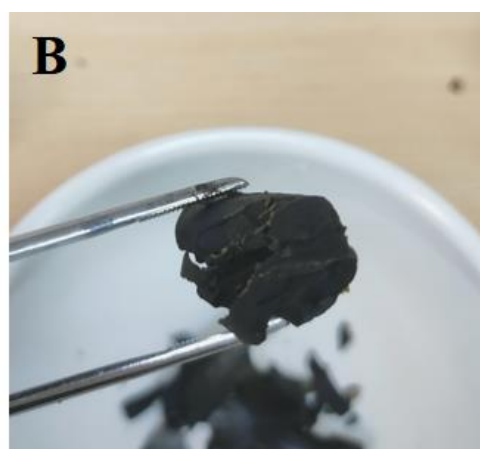
Mikroaļģu biomasas pēcapstrāde

Kultivācijas beigās ir nepieciešams atdalīt mikroaļģu biomasu no barotnes un iegūt biomasas pulveri. Biomasas iekonzertēšanai un skalošanai var izmantot centrifūgu.

1. Iegūto biomasu (aptuveni 12 L) no fotobioreaktora ielej spainī, tad ieliec ledusskapī (4°C), ļaujot biomasai nosēsties (10.A attēls);
2. Pēc aptuveni 24 stundām (10.B attēls) virsējo slāni var uzmanīgi atsūknēt (~8 – 9 L);
3. Palikušo suspensiju sadali pa centrifugēšanas stobriņiem (vēlams ar 250 mL tilpumu) un centrifugē 8000 rpm 5 min;
4. Supernatantu nolej, pievieno 200 mL dH₂O skalošanai, samaisi šķīdumu un atkārtoti centrifugē;
5. Atkārti 4. soli vēl vienu reizi;
6. Nogulsnes kaltē žāvskapī 45 – 50 °C;
7. Iegūtu biomasu (11. attēls) var pulverizēt ar pietas palīdzību (12. attēls).



10. attēls. Mikroaļģu biomasas iekonzertēšana: A) Biomasa pēc bioreaktora; B) Biomasa pēc 24 stundām.



11. attēls. Izkaltēta *Scenedesmus* biomasa. A) Biomasa atrodas 50 mL stobriņos. B) Biomasa ir sagatavota pulvera iegūšanai.



12. attēls. Iegūtais mikroaļģu pulveris.

PROTOKOLS: MIKROALĢU ANTIMIKROBIĀLĀ LĪDZEKĻA PROTOTIPA IZSTRĀDE

Projekta ietvaros tika izstrādāti trīs mikroalģu ekstrakti rudens aļņu apsmidzināšanai. Ekstrakti tika izgatavoti, izmantojot: *Spirulina platensis* (A1), *Dunaliella salina* (A2) un *Chlorella vulgaris* (A3). Tabulās 1. – 3. ir apkopota informācija par izstrādātiem ekstraktiem.

Ekstrakta sagatavošana:

Sākotnēju ekstraktu pagatavo 300 g/L koncentrācijā. Pēc tām rudens aļņu apsmidzināšanai tiek izmantots 10% (30 g/L) vai 20% (60 g/L) ekstrakta šķīdums.

1. Ekstrakta sagatavošanai izmanto atbilstošas aļģes (*S. platensis*, *D. salina* un *C. vulgaris*) sauso biomasu, kas tika iepriekš izaudzēta fotobioraktorā;
2. Iegūto biomasu žāvē +70 °C līdz nemainīgajam svaram;
3. Rūpīgi homogenizē pietā 300 g atbilstoša mikroalģu pulvera;
4. Pulverim pievieno 1 L spirta : ūdens (1:3), lai veicinātu vielu izdalīšanos;
5. Rūpīgi samaisa un notur 24 h istabas temperatūrā;
6. Sagatavotu šķīdumu izmanto 10% un 20% koncentrācijā, izšķīdinot ūdenī.



1. attēls. Sagatavotie mikroalģu ekstrakti.

Ekstrakts: *Chlorella vulgaris*

Daudzums: 30 L

1. tabula.

Chlorella vulgaris ekstrakta organoleptiskie, fiziko-ķīmiskie un mikrobioloģiskie rādītāji.

Rādītājs	Rezultāts
Organoleptiskie rādītāji	

Ārējais izskats	Zaļgani brūna, viendabīga suspensija, pieļaujama duļķošanās un nogulsnes
Smarža	Atbilstoša konkrētajam augam
Garša	Raksturīga konkrētajam augam

Fizikāli-ķīmiskie rādītāji

Blīvums 20°C, g/cm ³	0,971
Etanola koncentrācija, %	25
pH, 20°C	6,4
Negaistošās daļas saturs, %	1,3

Mikrobioloģiskie rādītāji

Mikroorganismu kopskaits, KVV 1 mL (1 g)	<10 ⁴
Raugi, KVV 1 mL (1 g)	<50
<i>Salmonella</i> sp. klātbūtne, 25 g	Nav
Koliformas, 1 mL (1 g)	Nav

Palīgvielas: ūdens (CAS No 7732-185) un etilspirts (CAS No 64-17-5)

Uzglabāšana: 36 mēneši 8 – 25 °C

Ekstrakts: *Spirulina platensis*

Daudzums: 30 L

2. tabula.

Spirulina platensis ekstrakta organoleptiskie, fiziko-ķīmiskie un mikrobioloģiskie rādītāji.

Rādītājs	Rezultāts
Organoleptiskie rādītāji	
Ārējais izskats	Tumši brūns, viendabīga suspensija, pieļaujama duļķošanās un nogulsnes
Smarža	Raksturīgā
Garša	Raksturīgā
Fizikāli-ķīmiskie rādītāji	
Blīvums 20°C, g/cm ³	0,974
Etanola koncentrācija, %	25
pH, 20°C	6,8
Negaistošās daļas saturs, %	1,7
Mikrobioloģiskie rādītāji	

Mikroorganismu kopskaits, KVV 1 mL (1 g)	<10 ⁴
Raugi, KVV 1 mL (1 g)	<50
<i>Salmonella</i> sp. klātbūtne, 25 g	Nav
Koliformas, 1 mL (1 g)	Nav

Ekstrakts: *Dunaliella salina*

Daudzums: 30 L

3. tabula.

Dunaliella salina ekstrakta organoleptiskie, fiziko-ķīmiskie un mikrobioloģiskie rādītāji.

Rādītājs	Rezultāts
Organoleptiskie rādītāji	
Ārējais izskats	Oranžs, viendabīga suspensija, pieļaujama duļķošanās un nogulsnes
Smarža	Raksturīgā
Garša	Raksturīgā
Fizikāli-ķīmiskie rādītāji	
Blīvums 20°C, g/cm ³	1,057
Etanola koncentrācija, %	25
pH, 20°C	5,6
Negaistošās daļas saturs, %	27
Mikrobioloģiskie rādītāji	
Mikroorganismu kopskaits, KVV 1 mL (1 g)	<10 ⁴
Raugi, KVV 1 mL (1 g)	<50
<i>Salmonella</i> sp. klātbūtne, 25 g	Nav
Koliformas, 1 mL (1 g)	Nav

PĀRSKATS: RUDENS AVEŅU APSMIDZINĀŠANA AR MIKROAĻĢU PREPARĀTIEM

Projekta ietvaros izveidotie mikroaļģu preparāti tika aprobēti eksperimentos uz rudens avenēm. Eksperimenti veikti divās saimniecībās: ZS Klīves Jelgavas novadā (Eleja) un D. Rūtenberga saimniecībā “Purvadrēģeļi” Dobeles novadā (Penkule).

MATERIĀLI UN METODES

Izmēģinājuma iekārtojums

ZS Klīves un D. Rūtenberga saimniecībā Purvadrēģeļi saimniecības atrodas aptuveni 40 km attālumā (gaisa līnijā) viena no otras. Stādījumu kopšana saimniecībās tika veikta uz katrā saimniecībā izmantotās audzēšanas sistēmas pamata. ZS Klīves tiek ievēroti integrēti audzēšanas principi. Augu rindām starp augiem tika veikta manuāla nezāļu kontrole, un rindu malas kultivētas. Rindstarpās izmantots regulāri pļauts zālājs, lai tās būtu pietiekami stingras ērtai cilvēku un tehnikas kustībai, tomēr ierobežotu ūdens zudumus un nezāļu sēklu ražošanu. Šajā saimniecībā nebija pieejama apūdeņošana. Purvadrēģeļos ievēro bioloģiskās lauksaimniecības principus (neizmanto sintētiskos mēslošanas un augu aizsardzības līdzekļus). Nezāles augu rindās arī tika kontrolētas manuāli, taču augsne starp rindām tika regulāri apstrādāta, tāpēc tā vienmēr bija melna un irdena. Šajā saimniecībā tika izmantota pilienvēda apūdeņošana. Abās saimniecībās izmēģinājumiem tika izmantoti ražojoši rudens avenju stādījumi un pirms izmēģinājumu ierīkošanas tika nopļauti visi iepriekšējā gada dzinumi.



1. attēls. Izmēģinājumu lauks ZS Klīves 06.2021.



2. attēls. Izmēģinājumu lauks Purvadrēģelos 06.2021. (pa kreisi) un 06.2022 (pa labi)

2021. gadā ZS Klīves tika izmantots pirms 6 gadiem stādīts šķirnes 'Polka' stādījums, bet Purvadrēģelos – pirms 4 gadiem stādīts šķirnes 'Polana' stādījums. Izmēģinājumam tika izvēlētas rindas no ražojoša stādījuma, kuras, pēc saimniecības vadītāja viedokļa, bija iespējami labā stāvoklī un viendabīgas. Ņemot vērā, ka audzēšanas sistēmas katrā saimniecībā atšķīrās, jau no paša sākuma šos izmēģinājumus uzskatījām kā atsevišķus, kaut gan tālāk pielietota tā pati izmēģinājumu shēma un metodes. Tāpēc salīdzināt saimniecības savā starpā neplānojām un arī atšķirīgas šķirnes neuzskatījām par trūkumu. Sezonas laikā novērojām dažas grūtības, no kurām svarīgākās bija augsta nezāļu izplatība un augļu kvalitātes zudums, ko, iespējams, izraisījis aveņu pundurainības vīruss vienā saimniecībā un liela pelēkās puves izplatība otrā, kā arī nevienmērīga augu augšana dažādās lauka vietās abās saimniecībās. Tāpēc, lai iegūtu ticamākus rezultātus, nolēmām 2022. gadā izmantot jaunākus stādījumus – 3 gadus vecu stādījumu ZS Klīves un iepriekšējā gadā stādītu stādījumu Purvadrēģelos – ar nodomu, ka jaunos stādījumos būtu zemāka nezāļu un slimību izplatība un viendabīgāks augu veselības stāvoklis. Abās saimniecībās 2022. gadā tika izmantota šķirne 'Polana'.



3. attēls. Tīruma tīteņa un vārpas izplatība atsevišķos lauciņos, kas apgrūtināja pētījumu veikšanu un samazināja potenciālo rezultātu.



4. attēls. Normālas (pa kreisi) un, iespējams, aveņu pundurainības vīrusa bojātas (pa labi) šķirnes 'Polka' auga ogas



5. attēls. Pelēkās puves bojāts aveņu dzinums un augļi (pa kreisi) un normāls dzinums (pa labi), šķirne ‘Polana’

Abās saimniecībās tika ierīkots vienāds divu faktoru izmēģinājums trīs atkārtojumos, kā faktorus izmantojot pielietotās mikroaļģu sugas un ekstrakta šķīdumu koncentrācijas. Lauciņiem tika iemērīti 2,5 tekošie rindas metri, izmantojot 1 m izolāciju rindā starp lauciņiem un rindas galos. Dzinumi stādījumā veidoja vienlaidus joslu, tikai 1 gadu vecajā stādījumā Purvdrēģēļos 2022. gadā varēja izšķirt atsevišķus augus, tie bija 3 augi, katrs ar vairākiem dzinumiem vienā lauciņā. Rindu platumi ZS Klīves bija 1 m un Purvdrēģēļos 1,3 m 2021. gadā un 1 m 2022. gadā. Nospraužot izmēģinājumu lauciņus, tika izlaistas vietas rindās ar redzamām problēmām – daudzgadīgo nezāļu augsta lokāla izplatība, veselīgu augu trūkums utt. lai nodrošinātu maksimāli iespējamo vienveidību starp lauciņiem.

Meteoroloģiskie apstākļi

2021. gada vasara (no jūnija līdz augustam) Latvijā, kas bija augu apstrādes un mērījumu laiks, bija siltākā novērojumu vēsturē (kopš 1924. gada). Vasaras vidējā gaisa temperatūra bija +18,8 °C, kas ir par 2,6 °C augstāka par klimatisko normu (1981.-2010.g.). Tika novērots arī ilgstošs karstuma vilnis no jūnija vidus līdz jūlija vidum, kas varēja ietekmēt arī pārbaudīto apstrāžu efektivitāti. Lai gan vidējais nokrišņu daudzums izmēģinājumu reģionā bija tuvu klimatiskajai normai (-9% Dobeles meteo stacijā), jūnijs un jūlijs bija raksturīgs ar zemu nokrišņu daudzumu (attiecīgi 41,0 un 57,2 mm), kas atkal varēja ietekmēt augu augšanu, īpaši ZS Klīves bez apūdeņošanas (LVGMC a, 2023). 2022. gada vasara bija

par 1,4 °C siltāka par klimatisko normu, tomēr temperatūras bija visai mainīgas. Karstuma vilnis bija vērojams jūnija beigās un augustā, bet jūnija sākums un jūlijs bija salīdzinoši vēss, izņemot dažas karstas dienas. Nokrišņu daudzums izmēģinājumu reģionā bija tuvu klimatiskajai normai, lai gan tika novēroti arī daži salīdzinoši sausuma periodi (LVĢMC b, 2023). Problēmas izmēģinājumam sagādāja spēcīgas lietussgāzes maijā, kas uz laiku padarīja pārmitru augsni Purvadrēģēļos, mikroreljefa zemākajās vietās, kas vēlāk izraisīja augu izkrišanu.

Augu apstrādes

Iepriekš sagatavotie triju mikroaļģu sugu - *Spirulina*, *Dunaliella* un *Chlorella* 300 g/L ekstrakti 2021. gadā tika izšķīdināti ūdenī 1% (3 g/L) un 10% (30 g/L) (v/v) koncentrācijās. Pēc 2021. gada datu analīzes tika nolemts koncentrācijas palielināt, jo 1% koncentrācija neuzrādīja nekādu ietekmi uz augiem. Tāpēc 2022. gadā tika izmantotas 10% un 20% (v/v) koncentrācijas. **Avenes ar sagatavoto mikroaļģu ekstraktu šķīdumu tika smidzinātas katru nedēļu dzinumu augšanas, ziedēšanas un augļu attīstības posmos** (jūnijs līdz augusts), kopumā 2021. gadā 8 reizes un 2022. gadā 9 reizes. Apstrāde tika uzsākta, kad dzinumi sasniedza 15 līdz 30 cm garumā un beigta pirms ražas novākšanas sākuma.



6. attēls. Augu apstrāde ar mikroaļģu ekstraktiem

Mērījumi

Sezonas laikā tika mērīta dzinumu augšanas dinamika, katru nedēļu mērot trīs garāko dzinumu garumu centimetros. Turklāt tika fiksēti fenoloģiskie pamatparametri: pirmā zieda parādīšanās lauciņā;

ziedēšanas fāzes sākums, kad 50% dzinumu lauciņā ir atvēries vismaz 1 zieds; pirmo augļu nogatavošanās lauciņā; ražas novākšanas laika sākums, kad 50% dzinumu lauciņā ir vismaz viens nogatavojies auglis. Visi datumi uzskaitīti kā dienas pēc 1. jūlija.

Divas nedēļas pēc pēdējās smidzināšanas trīs tipiskiem produktīviem dzinumiem katrā lauciņā tika izmērīti šādi parametri (ka tie bija citi dzinumi nekā iepriekš izmērītie garākie): dzinumu produktīvais garums – dzinuma daļas garums ar attīstītām ziedkopām lapu mežglos, mērot cm un proporcionāli no dzinuma kopējā garuma; ziedkopu un lapu skaits vienā dzinumā, hlorofila indekss, ko mērīja ar *atLeaf* hlorofila mērītāju (kas apraksta augu veselību, pamatojoties uz hlorofila saturu lapās) (*atLeaf*, 2023), tika mērīts 10 nobriedušām lapām tuvu dzinumu virsotnei (galvenokārt 3. vai 4. lapa no augšas) katrā lauciņā, tad tika aprēķināts vidējais. Vidējā augļa masa tika aprēķināta no 50 augļu masas, un šķīstošās sausas saturu augļos tika noteikts ar Atago refraktometru. Turklāt tika saskaitīts kopējais produktīvo dzinumu skaits vienā lauciņā, lai gan to vairāk var uzskatīt par stādījumu viendabīguma mērauklu, nevis apstrādes rezultātu.



7. attēls. Hlorofila indeksa mērījumi



8. attēls. Dzinuma produktīvā daļa un ziedķekara veidošanās

REZULTĀTI

2021. gads

ZS Klīves

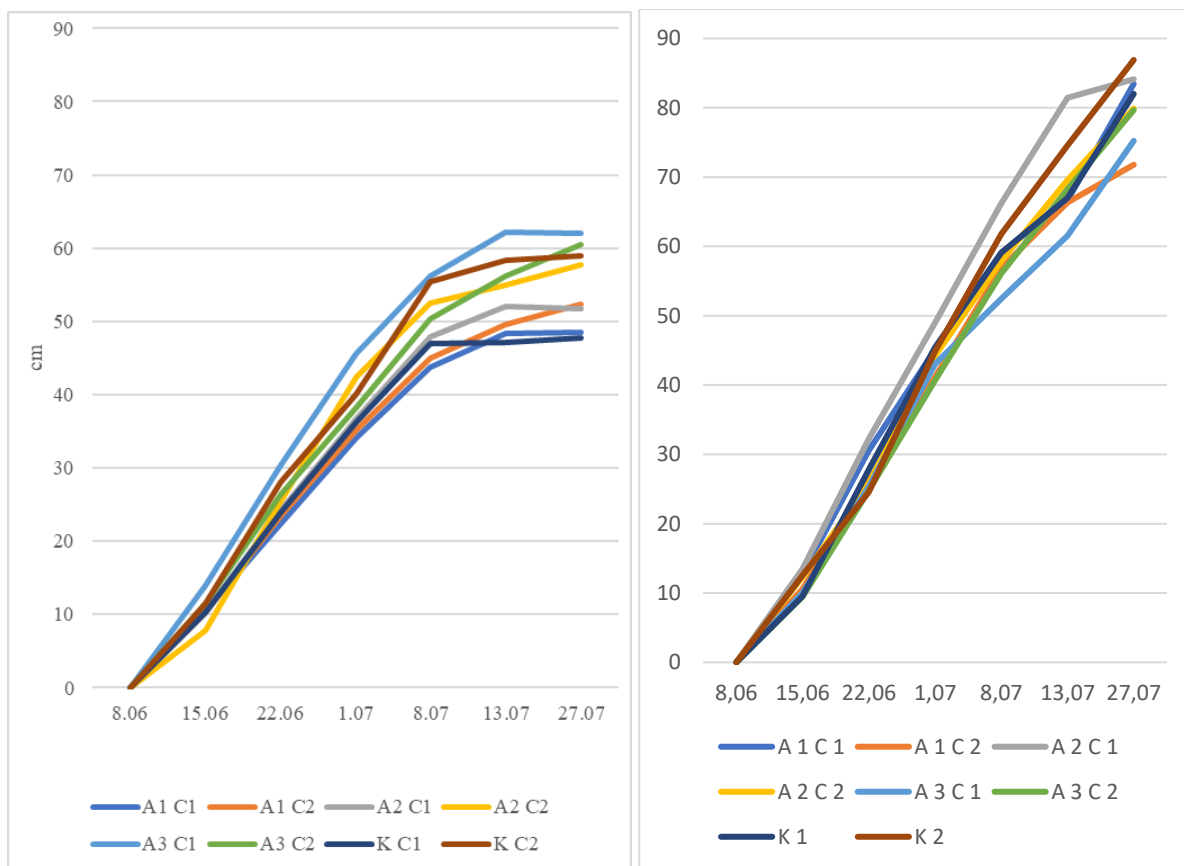
Trīs garāko dzinumu vidējais garums vienā lauciņā uzskaites perioda beigās (27. jūlijā) sasniedza 127 cm ar vidējo pieaugumu 55 cm uzskaites periodā. Tika novērots, ka **apstrāde ar *Chlorella* ekstraktu abās koncentrācijās palielināja gan kopējo dzinumu garumu, gan kopējo pieaugumu** (1. att.). Dzinumu produktīvais garums sasniedza vidēji 25,6 cm jeb 22,7% no kopējā dzinumu garuma. Tika novērots pozitīvs efekts apstrādēm ar *Dunaliella* sp. un *Chlorella* sp. ekstraktiem 10% koncentrācijā uz dzinumu produktīvo garumu un produktīvās daļas īpatsvaru (attiecīgi $p=0,15$ un $0,09$), līdz ar to pēdējo var pieņemt kā būtisku pieaugumu pie 90% ticamības līmeņa (2. att.). Dzinumi veidoja vidēji 10,5 ziedķekarus uz viena dzinuma, tomēr kopumā netika konstatēta būtiska apstrādes ietekme uz ziedkopu un lapu skaitu uz viena dzinuma, kā arī uz hlorofila indeksu ($p>0,60$), kas vidēji bija 37,7. Augļu masa bija vidēji 1,88 g un šķīstošās sausas satur vidēji 11,4 Brix%, kopumā bez būtiskām atšķirībām starp apstrādēm. Produktīvo dzinumu skaits lauciņā svārstījās no 9 līdz 44, vidēji 26 dzinumi katrā lauciņā bez būtiskām atšķirībām starp pārbaudītajiem variantiem. Pēdējais rādītājs liecina par lielu datu izkliedi starp lauciņiem un atkārtojumiem, kuru izraisīja iepriekš minētie apstākļi (nezāles, slimības), kā arī lauka mikroreljefa atšķirības. Tāpēc papildu datu analīzei tika izslēgti lauciņi

ar izteikti vāji attīstītiem vai nezāļu nomāktiem augiem, kur sliktā rezultāta cēlonis acīmredzami nebija apstrāde ar mikroaļģu preparātu. Šajā gadījumā ZS Klīves tika novērota **būtiska pozitīva ietekme** *Dunaliella* sp. un *Chlorella* sp. ekstraktiem 10% koncentrācijā **uz dzinumu garumu un kopējo pieaugumu, produktīvo garumu, ziedķekaru skaitu dzinumā, hlorofila indeksu un ogas vidējo masu.**

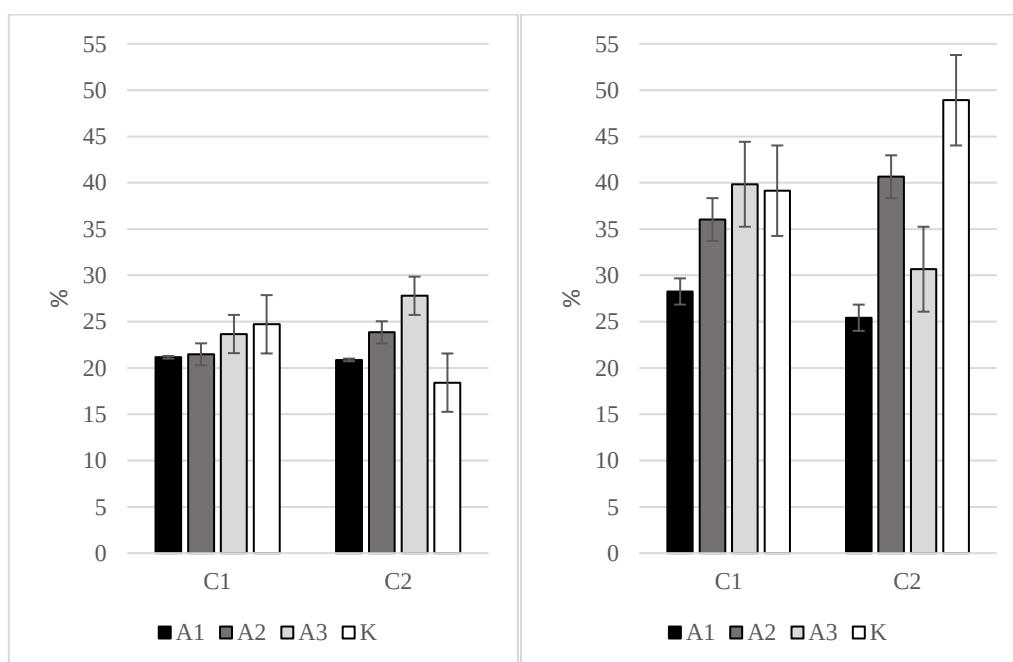
Purvadrēģeļi

Trīs garāko dzinumu vidējais garums vienā lauciņā uzskaites perioda beigās sasniedza 135 cm ar vidējo pieaugumu 80 cm uzskaites periodā (1. att.), un dzinumu produktīvais garums sasniedza vidēji 33,7 cm jeb 36,1% no kopējā dzinumu garuma, lai gan atšķirības starp apstrādēm nebija statistiski būtiskas ($p>0,30$) (2. att.). Dzinumi izveidoja vidēji 18,6 ziedkopas uz vienu dzinumu, tomēr arī šeit netika konstatēta būtiska apstrādes ietekme uz ziedkopu un lapu skaitu vienā dzinumā, kā arī hlorofila indeksu ($p>0,20$), kas bija 42,3. Augļu masa bija vidēji 2,68 g un šķīstošās sausnes saturs vidēji 8,64 Brix%, bez būtiskām atšķirībām starp apstādēm. Produktīvo dzinumu skaits lauciņā svārstījās no 42 līdz 121, vidēji 73 dzinumi katrā lauciņā, bez būtiskām atšķirībām starp pārbaudītajiem variantiem. Arī šajā saimniecībā novērota liela datu izkliede, kur cēlonis nebija apstrāde ar aļģēm, kaut kopumā dzinumu biežība bija lielāka – gan rindas platums, gan dzinumu skaits pārsniedza rekomendēto un citās saimniecībās praktizēto. Izslēdzot lauciņus ar izteikti vāji attīstītiem augiem, šajā saimniecībā nepierādījās apstrādes ietekme uz mērītajiem parametriem, salīdzinot ar kontroli, izņemot *Chlorella* 10% palielināja produktīvo garums no lauciņa un *Spirulina* 1% – ogu vidējo masu.

Tika konstatētas dažas ievērojamas atšķirības starp saimniecībām, proti – atšķirīga augšanas dinamika (1. att.), lielāks produktīvais dzinumu garums, puķu kopņu skaits vienā dzinumā un lielāks augļu svars, kā arī mazāks šķīstošās cietās vielas saturs Purvadrēģeļos nekā ZS Klīves. Tomēr šīs atšķirības netika analizētas, jo saimniecībās bija dažādas šķirnes un audzēšanas tehnoloģijas, tāpēc šie izmēģinājumi tika uzskatīti par atsevišķiem, kaut arī atkārtotiem izmēģinājumiem.



1. attēls. Aveņu augšanas dinamika 2021. gada sezonā ZS Klīves, šķirne 'Polka' (pa kreisi) un Purvadrēģelos, šķirne 'Polana' (pa labi), kas apstrādāta ar mikroaļģu ekstarktiem. A1 – *Spirulina* sp., A2 – *Dunaliella* sp., A3 – *Chlorella* sp., C1 – koncentrācija 1% v/v, C2 – koncentrācija 10% v/v, K1 – Kontrole, etanols 0,2% v/v, K2 – Kontrole, etanols 2 % v/v.

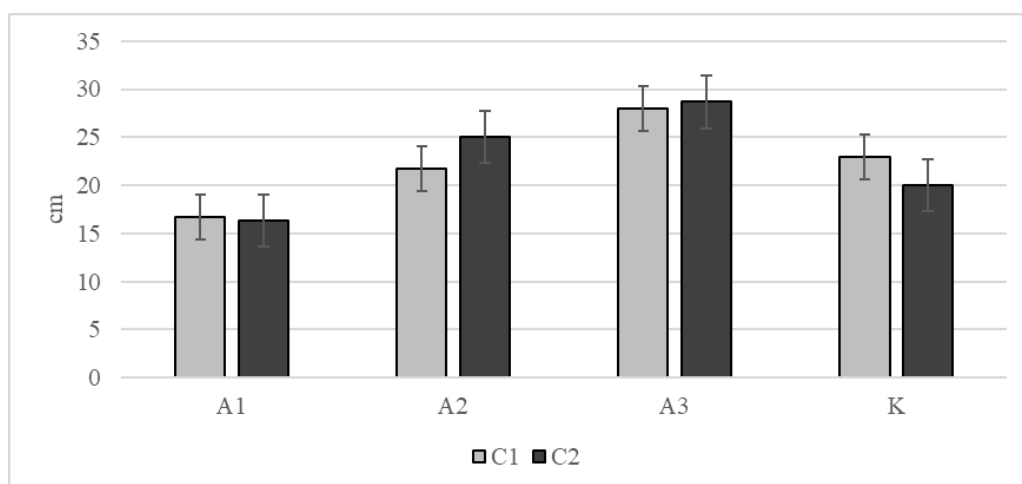


10. attēls. Aveņu dzinumu produktīvā garuma proporcija (%) 2 nedēļas pēc pēdējās apstrādes ar mikroaļģu ekstraktiem 2021. gadā ZS Klīves, šķirne 'Polka' (pa kreisi) un Purvadrēģelos, šķirne 'Polana' (pa labi). A1 – *Spirulina* sp., A2 – *Dunaliella* sp., A3 – *Chlorella* sp., K – Kontrole, C1 – koncentrācija 1% aļģu vai 0.2% etanola kontrolē (v/v), C2 – koncentrācija 10% aļģu vai 2% etanola kontrolē (v/v).

2022. gads

ZS Klīves

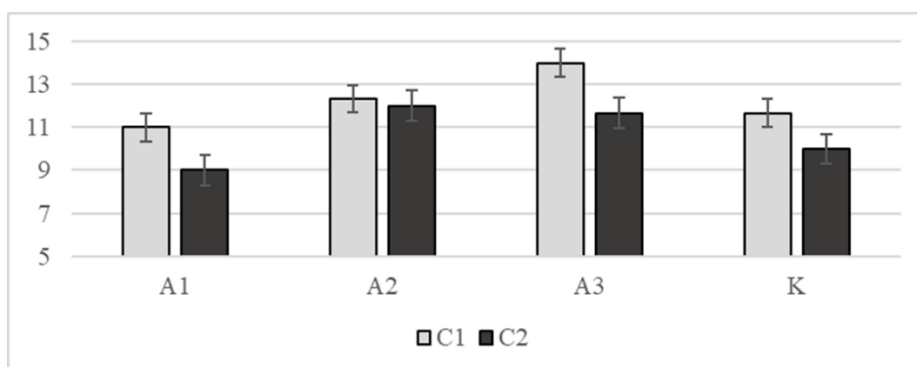
Trīs garāko dzinumu vidējais garums vienā lauciņā sezonas beigās sasniedza 82 cm ar vidējo pieaugumu 68 cm uzskaites periodā un produktīvais dzinumu garums sasniedza vidēji 14,3 cm jeb 19,3% no kopējā dzinuma garuma. **Apstrāde ar *Chlorella* būtiski palielināja dzinumu produktīvo garumu**, salīdzinot ar kontroli ($p=0,03$), bet atšķirības starp koncentrācijām nebija būtiskas ($p=0,91$) (3. att.).



3. attēls. Aveņu dzinumu produktīvais garums (cm) 2 nedēļas pēc pēdējās apstrādes ar mikroaļģu ekstraktiem 2022. gadā ZS Klīves, šķirne 'Polana'. A1 – *Spirulina* sp., A2 – *Dunaliella* sp., A3 – *Chlorella* sp., K – Kontrole, C1 – koncentrācija 10% aļģu vai 2% etanola kontrolē (v/v), C2 – koncentrācija 20% aļģu vai 4% etanola kontrolē (v/v).

Novērotie fenoloģiskie rādītāji lauciņos atšķīrās, taču atšķirības starp variantiem nebija statistiski būtiskas. Pirmais zieds lauciņā novērots 14 līdz 51 dienu, vidēji 28 dienas, pēc 1. jūlija, un ziedēšanas fāzes sākums novērots 21 līdz 77 dienas, vidēji 45 dienas, pēc 1. jūlija. Pirmā oga lauciņā nogatavojās no 33 līdz 67 dienām, vidēji 50 dienas pēc 1. jūlija, un ražas novākšanas periods sākās no 67 līdz 77 dienām pēc 1. jūlija, vidēji 72 dienas. Dzinumi veidoja vidēji 11,5 ziedkopas vienā dzinumā, apstrāde ar *Spirulina* un *Chlorella* 10% koncentrācija uzrādīja ievērojami ($p=0,04$) labākus rezultātus nekā 20% koncentrācija, un *Chlorella* 10% ekstrakts arī skaidri pozitīvi ietekmēja ziedkopu veidošanos ($p=0,05$), salīdzinot ar kontroli (4. att.). Augi izveidoja/saglabāja 14,8 lapas uz viena dzinuma, tomēr statistiski būtiska apstrādes ietekme netika konstatēta ($p>0,50$). Hlorofila indekss lapās bija 30,5, un tas būtiski neatšķīrās ($p>0,80$) starp variantiem. Augļu svars bija vidēji 1,79 g un šķīstošās sausnes saturs vidēji 11,4 Brix%, bez būtiskām atšķirībām starp variantiem. Produktīvo dzinumu skaits no lauciņa lielā

mērā svārstījās no 3 līdz 74, vidēji 20 dzinumi katrā lauciņā bez būtiskām atšķirībām starp pārbaudītajiem variantiem ($p>0,70$).



4. attēls. Ziedkopu skaits uz avenu dzinumiem 2 nedēļas pēc pēdējās apstrādes ar mikroaļģu ekstraktiem 2022. gadā ZS Klīves, šķirne 'Polana'. A1 – *Spirulina* sp., A2 – *Dunaliella* sp., A3 – *Chlorella* sp., K – Kontrole, C1 – koncentrācija 10% aļģu vai 2% etanola kontrolē (v/v), C2 – koncentrācija 20% aļģu vai 4% etanola kontrolē (v/v).

Purvadrēģeļi

Purvadrēģeļos trīs garāko dzinumu vidējais garums lauciņā sezonas beigās sasniedza 104 cm ar vidējo pieaugumu 74 cm novērojumu periodā un dzinumu produktīvais garums sasniedza vidēji 37,0 cm jeb 38,9% no kopējā dzinumu garuma, lai gan atšķirības starp apstrādes variantiem nebija statistiski būtiskas ($p>0,50$). Novērotie fenoloģiskie rādītāji Purvadrēģeļos arī atšķīrās starp lauciņiem, lai gan mazāk nekā ZS Klīves, taču apstrāde ar mikroaļģu ekstraktiem nepaātrināja ziedēšanas un ražas novākšanas sezonas sākumus, un atšķirības starp apstrādes variantiem arī nebija statistiski būtiskas. Pirmais zieds lauciņā novērots 7 līdz 14 dienas, vidēji 12 dienas, pēc 1. jūlija, un ziedēšanas fāzes sākums novērots 14 līdz 32 dienas, vidēji 19 dienas, pēc 1. jūlija. Pirmā oga lauciņā nogatavojās no 21 līdz 42 dienām, vidēji 30 dienas pēc 1. jūlija, un ražas novākšanas periods sākās no 69 līdz 77 dienām, vidēji 70 dienas, pēc 1. jūlija. Dzinumi izveidoja vidēji 17,0 ziedkopas un 19,8 lapas uz dzinumu un netika konstatēta būtiska apstrādes ietekme, lai gan **lapu skaita pieaugums uz dzinumu tika novērots lauciņos, kas apstrādāti ar 10% *Spirulina* sp.** (22,3), salīdzinot ar kontroli (17,0). Hlorofila indekss lapās bija 40,9 un tika konstatēta tendence, ka *Chlorella* ekstrakts 10% koncentrācijā pozitīvi ietekmē šo parametru. Augļu masa bija vidēji 2,23 g un šķīstošās sauses saturs vidēji 10,5 Brix%, bez būtiskām atšķirībām starp apstrādes variantiem. Produktīvo dzinumu skaits no lauciņa variēja mazāk nekā ZS Klīves, no 14 līdz 46, vidēji 28 dzinumi lauciņā bez būtiskām atšķirībām starp pārbaudītajiem variantiem ($p>0,05$).

Lai gan 2022. gadā abās saimniecībās tika audzēta viena un tā pati šķirne 'Polana', atšķirības joprojām bija ievērojamas dažādu audzēšanas metožu, stādījumu vecuma u.c. dēļ.

DISKUSIJA

Tika konstatēta sekojoša pozitīva mikroaļģu ekstraktu smidzinājumu ietekme:

- Apstrāde ar *Spirulina* uzrādīja spēju palielināt lapu skaitu vienā dzinumā;
- Apstrāde ar *Chlorella* uzrādīja spēju palielināt dzinumu kopējo garumu un pieaugumu, palielināt dzinumu produktīvo garumu un dzinuma produktīvās daļas proporciju un ziedkopu skaitu uz dzinuma, kā arī hlorofila indeksu;
- Apstrāde ar *Dunaliella* - palielināt dzinumu produktīvo garumu un dzinuma produktīvās daļas proporciju.

Līdz ar to ***Chlorella* mikroaļģes ekstraktu var uzskatīt par perspektīvāko avenu audzēšanā no pārbaudītajām mikroaļģu sugām**, kas palielina augu augšanu un ražas potenciālu, ko apstiprina arī iepriekšējie pētījumi par citiem kultūraugiem (Kim et.al, 2018).

Tomēr šī ietekme nebija stabila abos gados un abās saimniecībās. Šo nekonsekvenci, kā arī skaidras atšķirības starp saimniecībām varētu izraisīt dažādas šķirnes 2021. gadā (bet ne 2022. gadā), dažāds stādījumu vecums, atšķirīga audzēšanas tehnoloģija un apūdeņošanas pieejamība. Turklāt 2021. un 2022. gadam bija atšķirīgs meteoroloģiskais fons, un arī izmēģinājuma metodika tika nedaudz modificēta pēc pirmā gada pieredzes. Tāpēc šie izmēģinājumi, kā paredzēts jau sākumā, tika apstrādāti un aprakstīti kā atsevišķi.

Izmēģinājuma laikā radās arī daži negaidīti apstākļi, kas veicināja lielu datu izkliedi un/vai samazināja apstrāžu iespējamo efektivitāti. 2021. gadā karstuma vilnis lielākajā daļā apstrādes laika varētu samazināt preparātu stabilitāti pēc izsmidzināšanas un ierobežot augu spēju absorbēt ekstraktu aktīvās sastāvdaļas un palēnināt augu vielmaiņu un augšanu. 2022. gadā ekstrēmi nokrišņi pašā izmēģinājuma sākumā izraisīja pārmitrus apstākļus lauka zemākajās mikroreljefa vietās, tādējādi apturot avenu augu attīstību un pēc tam tie vairs neatkopās – un diemžēl dažas no šīm vietām bija izmēģinājuma lauka teritorijā. 2022. gadā pārmitras augsnes problēmas izraisīja augu bojājumus tādā apjomā, kas prasīja dažus lauciņus izslēgt no galīgās datu analīzes, lai iegūtu mazāk mainīgus un ticamākus datus.

SECINĀJUMI

Pētījumu ietvaros tika konstatēta būtiska pozitīva ietekme apstrādei ar *Spirulina* sp., *Dunaliella* sp. un *Chlorella* sp. ekstraktiem uz rudens avenu augšanu, attīstību un ražas potenciālu. *Chlorella* sp. ekstrakts izrādījās visdaudzsološākais avenu audzēšanā no pārbaudītajiem mikroaļģu ekstraktiem, palielinot augu augšanu un ražas potenciālu. 10% *C. vulgaris* ekstrakts uzlaboja tādus parametrus kā: produktīvais garums, ziedķekaru skaits, produktīvie dzinumi no lauciņa, auga garumu, hlorofila saturu lapās, un ogu vidējo masu. Kā pierādījās, rezultātus lielā mērā var ietekmēt meteoroloģiskie apstākļi un audzēšanas prakse saimniecībā. Pozitīvā mikroaļģu ietekme tika konstatēta abās saimniecībās, tomēr ir jāatzīmē ka ZS Klīvēs būtiskais parametru uzlabojums bija konstatēts biežāk. Turklāt netika novērota

negatīva ietekme nevienai no pārbaudītajām apstrādēm. Ir jāveic turpmāki eksperimenti kontrolētā vidē, izmantojot dažādus ekstrakcijas veidus, mikroaļģu sugas un dažādus apstrādes protokolus, lai maksimāli novērtētu to ietekmi uz lauksaimniecības kultūraugiem.

PĀRSKATS: MIKROAĻĢU BIOMASAS IZMANTOŠANA AUGU AUGŠANAS PARAMETRU UZLABOŠANAI KONTROLĒTOS APSTĀKĻOS

Materiāli un metodes

Pētījumu ietvaros tika pārbaudīta mikroaļģu biomasa kā augu seklu dīgspējas stimulants. Ka arī tika parādīta aļģu spēja uzlabot atšķirīgus augu augšanas parametrus. Eksperimenti tika veikti dažāda tipa augsnēs.



1. attēls. *Lepidium sativum* augšanas mikroaļģu preparātu ietekmē.

Izmantotie mikroorganismi:

- *Chromochloris zofingiensis* CCAP 211/14;
- *Scenedesmus quadricauda* CCAP 276/16;
- *Chlorella vulgaris* CCAP 211/11.

Modeļorganisma izvēle

Kressalāti (*Lepidium sativum*) tika izvēlēti to ātrās augšanas un nelielā auga izmēra dēļ.

Stādišana

1. Konteineros pa četri – katrā ieber 25g sterilizētas augsnes;
2. Izveido sēklām bedrītes, 1 cm dziļumā, kurās ieliec tās;
3. Katrā konteinerā ievieto fiksētu sēklu daudzumu, piemēram, 5.

Dzīvo mikroaļģu preparāta sagatavošana

1. 500 mL kolbās ielej 300 mL HP barotnes (1g/L) un 20 mL attiecīgās aļģes inokulāta;
2. Aļģes audzē septiņās diennaktīs;
3. No izaudzētajām aļģēm paņem 50 mL un centrifugē 5000 apgr./min. 3 min;
4. Supernatantu nolej un atstāj tikai nogulsnes (mikroaļģu biomasa);
5. Nogulsnēm pievieno 50mL dH₂O, samaisi un atkārtoti centrifugē;

6. Nolej supernatantu un nogulsnēm pievieno 10 mL dH₂O. Skalošana ļauj mazināt mikroaļģu barotnes ietekmi uz augu augšanu;
7. Veic absorbcijas mērījumus pie viļņu garuma 540 nm;
8. Attiecīgi aļģes atšķaida līdz iegūst absorbcijas rādījumu 1,9 (0,39 g/L).

Augu laistīšanas procedūra

1. Augus laista ik pēc trim dienām sākot ar pirmo (stādīšanas dienu). Šīm nolūkam izmanto pulverizatoru;
2. Papildu katru konteineri aplej ar 20 mL H₂O;
3. Katru konteineri apsmidzina ar sagatavotajām aļģēm. Katram konteineram tiek veikti divi pulverizatora pūtieni, kas ir aptuveni 1,4 mL;
4. Augus apsmidzina ar aļģēm reizi trīs dienās 1., 3., 6., 8., 12. dienā.

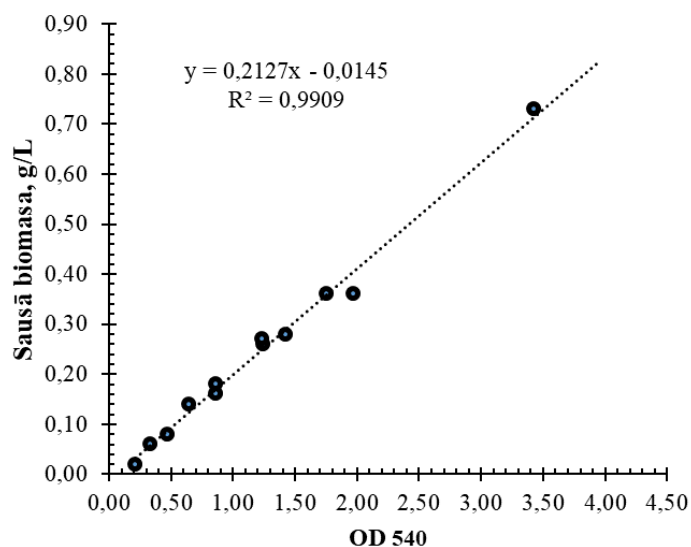
Augšanas apstākļi

Augu augšana notiek termostatā:

1. Temperatūra: 25°C;
2. Apgaismojuma intensitāte: 14000 luksi;
3. Apgaismojuma režīms: 12:12 h;
4. Gaisa padeve: 1,5 sL/min.

Kalibrācijas līkne

Lai parādītu sakarību starp inokulāta optisko blīvumu (OD) pie gaismas viļņu garumu 540 nm un tajā esošās biomasas sauso svaru, tiek zīmēta kalibrācijas līkne, kuru apraksta regresijas vienādojums.



2. attēls. *S. quadricauda* sausās biomasas atkarība no OD₅₄₀ vērtības; kalibrācijas līkne un to aprakstošs regresijas vienādojums.

Kā redzams 5. attēlā, Tika iegūta kalibrācijas līkne, kuru apraksta sekojošs regresijas vienādojums: $y = 0,2127x - 0,0145$ ($R^2 = 0,9909$; $p < 0,05$; respektīvi – lineārās regresijas modelis ir būtisks), kur y ir sausā biomasa (g/L), bet x ir optiskā blīvuma pie gaismas viļņa garuma 540 nm (OD₅₄₀) vērtība. Izmantojot šo vienādojumu, var ātri uzzināt dzīvajā kultūrā esošo biomasu, mērot parauga OD₅₄₀ un ievietojot iegūto vērtību vienādojumā. Biomasas noteikšanai tādā gadījumā nav jāizmanto kultūras filtrācijas un filtru zāvēšanas procedūras, kas paātrina datu ieguves procesu.

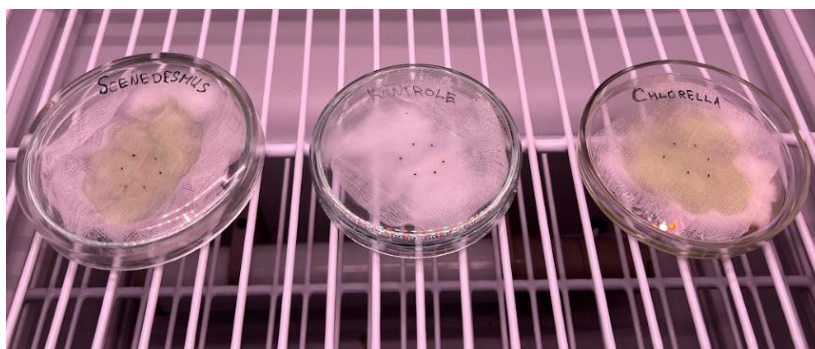
Rezultāti

Eksperimenti nabadzīgā augsnē

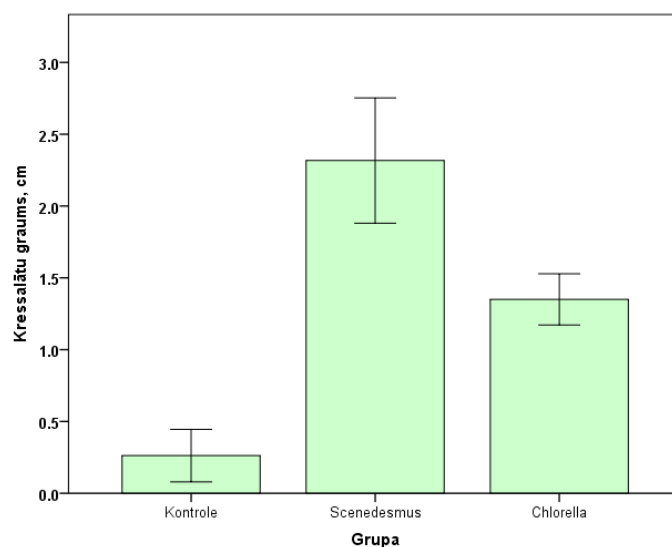
Audzējot kressalātus nabadzīgā augsnē, augu apsmidzināšana ar mikroaļģēm uzlabo ne tikai dīgtspēju (par 20 – 60 % atkarība no pētāmā celma), bet arī tālāku augu augšanu, nodrošinot tādas barības vielas kā slāpekli (N) un fosforu (P) (1. tabula). Tika novērota arī palielināta augsnes ūdens noturība. Salīdzinot ar kontroli, augi kuri tika apsmidzināti ar mikroaļģēm, to augsne bija ilgāk mitra. Tas varētu būt saistīts ar dzīvo mikroaļģu nokļūšanu augsnē, tādējādi uzturot ūdeni ilgāk augsnē līdz ar to sekmējot sakņu sistēmas izveidi, kas savukārt varētu palīdzēt noturēt ūdeni augsnē un neļaut tam ātri izžūt. Eksperimentā tika izmantotas dzīvas mikroaļģes *Scenedesmu quadricauda* un *Chlorella vulgaris* koncentrācijā OD10 (2,11 g/L).

1. tabula. Kressalātu dīgtspēja nabadzīgā augsnē 5. dienā apsmidzinot ar *C. vulgaris* un *S. quadricauda* mikroaļģēm augstā koncentrācijā (OD – 10 (2,11 g/L)).

Sēklu dīgtspēja			
	Kontrole	SC	CH
Kopā	10	10	10
Izdīga	0	6	2
Procentuāli	0%	60%	20%



3. attēls. Dīgtspējas pārbaude kresslalātiem. Pētāmas grupas: kontrole (ūdens), *S. quadricauda* un *C. vulgaris*.



4. attēls. Kressalātu augšana nabadzīgā augsnē apsmidzinot ar *C. vulgaris* un *S. quadricauda* mikroaļģēm augstā koncentrācijā (OD – 10 (2,11 g/L)). Veikts augu garuma mērījums salīdzinot ar kontroles grupu, kura netika apsmidzināta ar mikroaļģēm.

Apsmidzinot augus nabadzīgā augsnē ar mikroaļģēm, palielinās ne tikai ūdens noturība, bet arī noderīgu vielu (N, P, K) saturs augsnē. Kā arī mikroaļģēm atmirstot veidojas papildus barības vielas jeb humuss vielas. 4. attēlā ir redzams, ka augi, kas apsmidzināti ar *S. quadricauda* mikroaļģi ir vidēji sasnieguši auga garumu $2,22 \pm 0,23$ cm un ar *C. vulgaris* sasnieguši vidēji auga garumu $1,30 \pm 0,14$ cm. Savukārt, kontroles grupai tika atrastas sēklas, kas bija sākušas dīgt, bet nepietiekamu barības vielu un ūdens daudzuma dēļ bija pārstājušas dīgt.

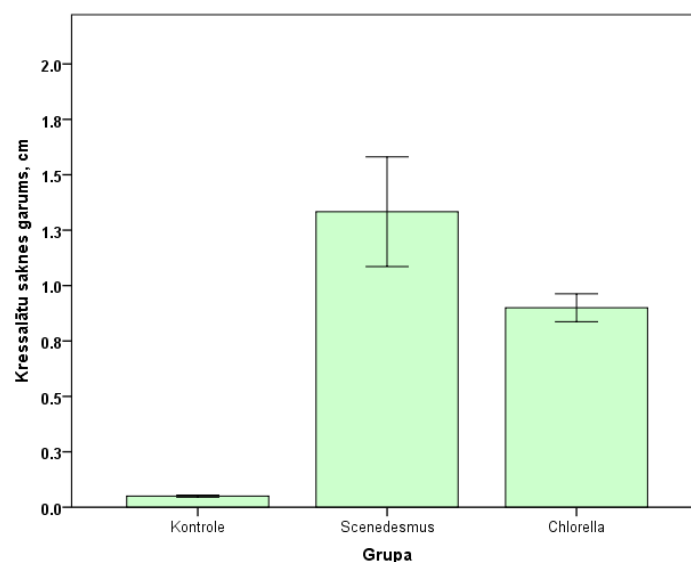
ANOVA

Kressalātu garums

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	34.550	2	17.275	46.805	.000
Within Groups	15.502	42	.369		
Total	50.052	44			

2.tabula. ANOVA analīzes salīdzinājums kressalātu garumam.

Veicot ANOVA analīzi un salīdzinot savstarpēji grupas, to p-vērtība ir mazāka par būtiskuma līmeni $p = 0,05$, kas nozīmē, ka atšķirības starp grupām ir būtiskas.



5. attēls. Kresslātu augšana nabadzīgā augsnē apsmidzinot ar *C. vulgaris* un *S. quadricauda* mikroaļģēm augstā koncentrācijā (OD – 10 (2,11 g/L)). Veikts augu garuma mērījums salīdzinot ar kontroles grupu, kura netika apsmidzināta ar mikroaļģēm.

Ar sakņu sistēmas garumu ir vērojama tāda pati tendence kā ar vasas garumu. 5. attēlā ir redzams, ka augi apsmidzināti ar *S. quadricauda* mikroaļģi ir veidojuši garākas saknes (aptuveni 20 – 30 %) nekā apsmidzinot ar *C. vulgaris* vai kontroles grupai.

Tālāks potenciāli pārbaudāms risinājums ir slāpekli fiksējošām mikroaļģēm – cianobaktērijām. Tās spēj papildus fiksēt atmosfērā esošo slāpekli un novadīt to augiem kā papildus barības vielu, kas palīdzētu augu augšanā.

ANOVA

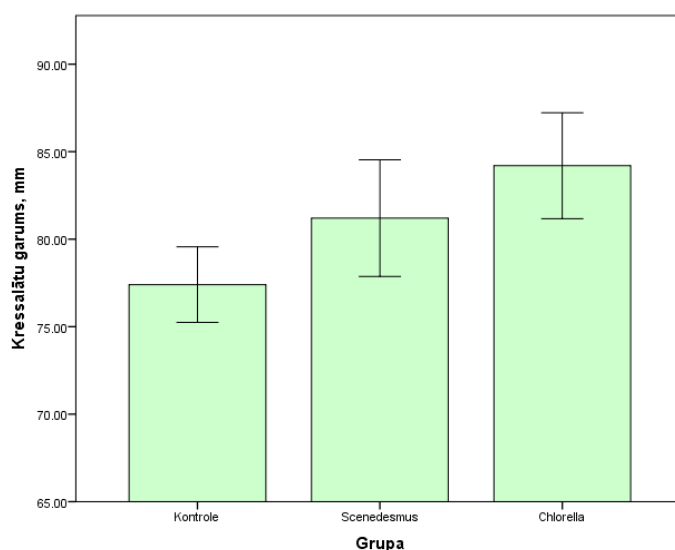
Kresslātu sakņu garums

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9.115	2	4.558	72.087	.000
Within Groups	1.707	27	.063		
Total	10.822	29			

3.tabula.

Veicot ANOVA analīzi un salīdzinot savstarpēji grupas, to p-vērtība ir mazāka par būtiskuma līmeni $p = 0,05$, kas nozīmē, ka atšķirības starp grupām ir būtiskas.

Eksperimenti kūdras augsnē



6. attēls. Kressalātu apsmidzināšana ar mikroaļģēm *C. vulgaris* un *S. quadricauda*. Veikts augu garuma mērījumus salīdzinot ar kontroles grupu, kura netika apsmidzināta ar mikroaļģēm.

Apsmidzinot augus ar dzīvām mikroaļģēm ir vērojama vasas daļas kļūšana garāka par kontroli (6. attēls), kura netika apsmidzināta ar mikroaļģēm. Kas potenciāli var liecināt, ka mikroaļģes producē augiem noderīgas vielas, piemēram, fitohormoni (auksīnu, citokinīnu) un var uzlabot to augšanu.



7. attēls. Izdīguši kressalātu dīgsti 5. dienā.

Auksīns un citokīns ir vitāli savietojumi augu augšanai. Auksīns veicina augam augt garumā, savukārt citokīns veicina veidot auga biomasu (Hussain et al. 2021). Abas vielas ir nepieciešamas mazos daudzumos un to pārsniegšana var inhibēt gan auga augšanu, gan biomasas veidošanos, kas varētu skaidrot tālāk redzamos rezultātus.

Tika veikts eksperiments ar nenoteiktu mikroaļģu koncentrāciju, lai konstatētu vai dzīvu mikroaļģu suspensija spēj uzlabot auga augšanu un piegādāt tiem papildus barības vielas (N, P) vai fitohomonus.

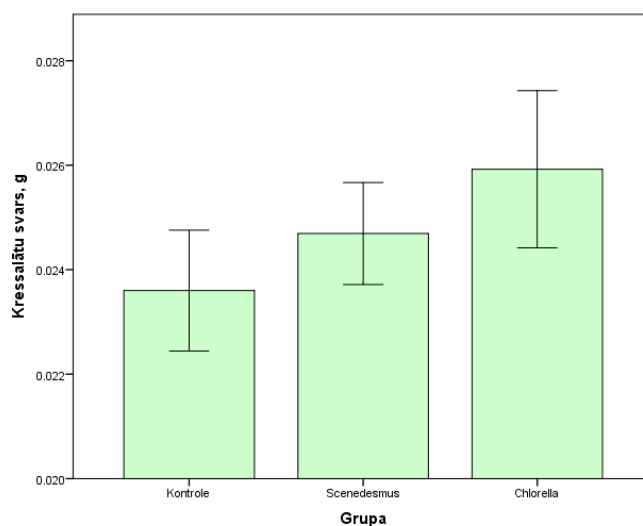
ANOVA

Kressalātu garums

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	464.533	2	232.267	6.120	.004
Within Groups	2163.200	57	37.951		
Total	2627.733	59			

4.tabula.

Veicot ANOVA analīzi un salīdzinot savstarpēji grupas, to p-vērtība ir mazāka par būtiskuma līmeni $p = 0,05$, kas nozīmē, ka atšķirības starp grupām ir būtiskas.



8. attēls. Augu vasas daļas svars. Augi apsmidzināti ar *S. quadricauda* un *C. vulgaris* mikroaļģēm.

Lai arī augu garums salīdzinot ar kontroli bija lielāks, to svars palielinājās minimāli kā redzams 8. attēlā. Kas varētu liecināt par auga stiepšanos garumā kā pirmo augšanas posmu un audu biomasas (sausnas) palielināšanu kā vēlāku augšanas posmu.

ANOVA

Kressalātu svars

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	2	.000	3.666	.028
Within Groups	.003	161	.000		

Total	.003	163			
-------	------	-----	--	--	--

5.tabula.

Veicot ANOVA analīzi un salīdzinot savstarpēji grupas, to p-vērtība ir mazāka par būtiskuma līmeni $p = 0,05$, kas nozīmē, ka atšķirības starp grupām ir būtiskas.

6. tabula. Kressalātu dīgtspēja 5. dienā izmantojot *S. quadricauda* mikroaļģi dažādās koncentrācijās (OD – 2, 4, 6 jeb 0,41; 0,85; 1,26 g/L)

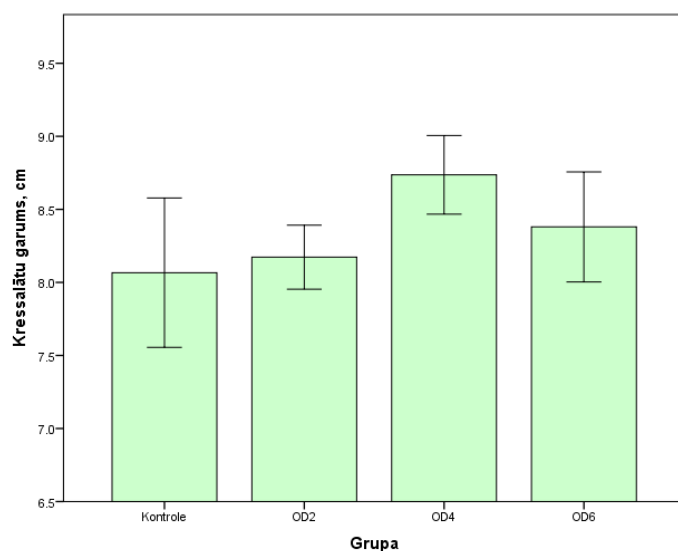
Dīgtspēja				
	Kontrole	0,4 g/L	0,85 g/L	1,26 g/L
Iesēja	15	15	15	15
Izdīga	12	14	14	14
%	80	93.3	93.3	93.3

Kā redzams 6. tabulā, tad apsmidzināšana ar dzīvām mikroaļģēm uzlabojas augu dīgtspēju. Kontroles grupā izdīga 80%, bet apsmidzinot augu sēklas ar dzīvu mikroaļģu suspensijām to dīgtspēja bija lielāka par 90%. Kas var liecināt, ka apsmidzinot ar dzīvām mikroaļģēm, to izdalītais gibberelīns nonāk līdz sēklām un paātrina sēklu izdīgšanu pārtraucot to miega periodu (Moore et al. 2012).

7. tabula. Kressalātu dīgtspēja 5. dienā izmantojot *S. quadricauda*, *C. vulgaris* un *Chromohloris zoofingiensis* mikroaļģes petri trauciņos ar filtrapapīriem.

Dīgtspēja				
	Kontrole	<i>Scenedesmus</i>	<i>Chlorella</i>	<i>Chromohloris</i>
Kopā iestādīts	5	5	5	5
Izdīga	2	1	0	3
Procentuāli	40%	20%	0%	60%

Tika veikts eksperiments sēklu dīgtspējas noteikšanai izmantojot Petri trauciņus un filtrapapīrus, lai noteiktu tiešu mikroaļģu ietekmi uz sēklu dīgtspēju. Kā redzams 3. tabulā, labāko rezultātu sēklu dīgtspējas paātrināšanā deva *Chromachloris zoofingiensis* mikroaļģe palielinot sēklu dīgtspēju par 20% salīdzinot ar kontroles grupu un par 40 – 60% salīdzinot ar *S. quadricauda* un *C. vulgaris* mikroaļģēm. Tālākos eksperimentos *C. zoofingiensis* netika izmantots tā ilgā kultivācijas laikā un mazās biomasas iznākuma dēļ.



9. attēls. Kressalātu apsmidzināšana ar dažādām *S. quadricauda* mikroaļģes koncentrācijām (OD – 2, 4, 6 jeb 0,41; 0,85; 1,26 g/L). Veikts augu garuma mērījums salīdzinot ar kontroles grupu, kura netika apsmidzināta ar mikroaļģēm.

9. attēlā ir redzams, ka vidējā (OD4 – 0,85 g/L) koncentrācija sniedza augstāko rezultātu salīdzinot ar kontroles grupu un pārējām koncentrācijas grupām. Kas ir par 6,9 % vairāk nekā kontroles grupā. Tas nozīmē, ka koncentrācija ar OD4 vēl iekļaujas auksīna efektivitātes robežās, bet koncentrācija ar OD6 jau ir ārpus šīm robežām un augi nav tik gari kā ar koncentrāciju OD4.

ANOVA

Kressalātu garums

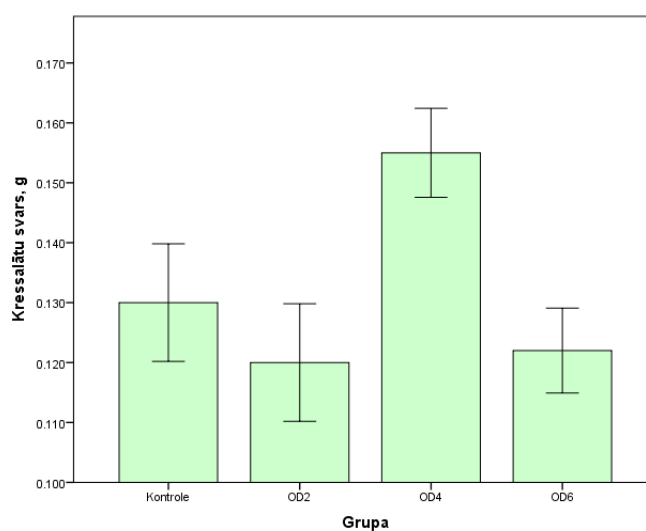
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.719	3	.906	3.853	.017
Within Groups	8.703	37	.235		
Total	11.422	40			

8.tabula.

Veicot ANOVA analīzi un salīdzinot savstarpēji grupas, to p-vērtība ir mazāka par būtiskuma līmeni $p = 0,05$, kas nozīmē, ka atšķirības starp grupām ir būtiskas.



10. attēls. Izauguši kressalāti ar pieliktu lineālu aptuvenam garuma salīdzinājumam.



11. attēls. Kressalātu apsmidzināšana ar dažādām *S. quadricauda* mikroaļģes koncentrācijām (OD – 2, 4, 6 jeb 0,41; 0,85; 1,26 g/L). Augu svars vidēji vienam augam.

Šajā grafikā (11. attēls) ir redzams, ka OD4 – 0,85 g/L koncentrācija sniedz augstāko svaru salīdzinot ar kontroli, kas ir par 16,1 % vairāk. Bet OD2 un OD6 koncentrācijas sniedz zemāku svaru par kontroles grupu, respektīvi par 7,7 % un 7,5 %. Iespējams, lielāka dzīvo aļģu koncentrācija varēja inhibēt augu augšanu vairāk izdalot vidē fitohormonus (auksīnu un citokinīnu).

ANOVA

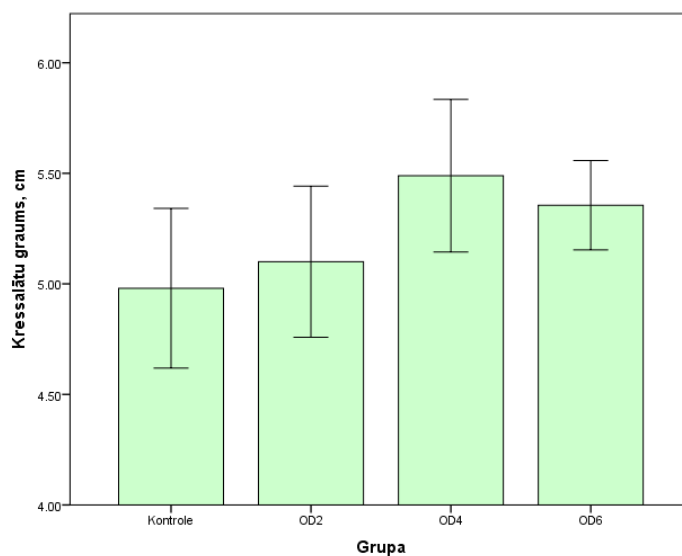
Kressalātu svars

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.

Between Groups	.004	3	.001	28.324	.000
Within Groups	.001	17	.000		
Total	.005	20			

9.tabula.

Veicot ANOVA analīzi un salīdzinot savstarpēji grupas, to p-vērtība ir mazāka par būtiskuma līmeni $p = 0,05$, kas nozīmē, ka atšķirības starp grupām ir būtiskas.



12. attēls. Kressalātu apsmidzināšana ar dažādām *C. vulgaris* koncentrācijām (OD – 2, 4, 6 jeb 0,41; 0,85; 1,26 g/L). Veikts augu garuma mērījums salīdzinot ar kontroles grupu, kura netika apsmidzināta ar mikroaļģēm

Grafikā (12. attēls) ir redzams, ka kressalātu apsmidzināšana ar *C. vulgaris* koncentrācijā OD4 – 0,85 g/L sniedz lielāko auga garumu, kas ir par 9,1 % vairāk nekā kontroles grupai.

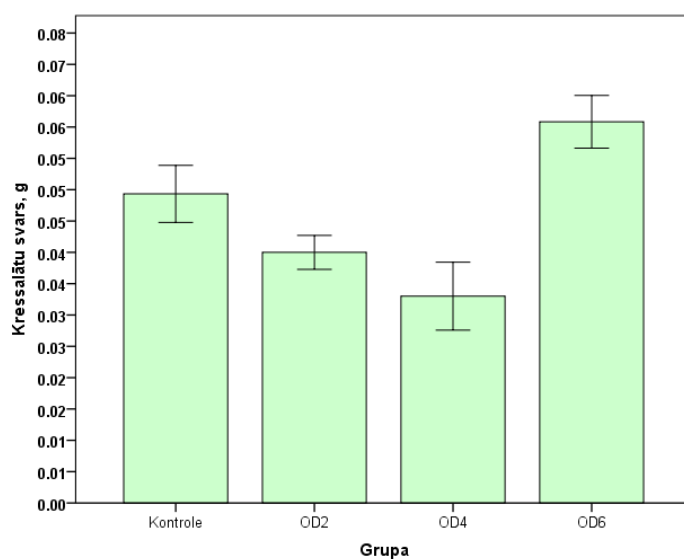
ANOVA

Kressalātu garums

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.043	3	.681	2.474	.072
Within Groups	14.311	52	.275		
Total	16.354	55			

10.tabula.

Veicot ANOVA analīzi un salīdzinot savstarpēji grupas, to p-vērtība ir lielāka par būtiskuma līmeni $p = 0,05$, kas nozīmē, ka atšķirības starp grupām nav būtiskas.



13. attēls. Kressalātu apsmidzināšana ar dažādām *C. vulgaris* koncentrācijām (OD – 2, 4, 6 jeb 0,41; 0,85; 1,26 g/L). Iegūts augu sausais svars.

Šajā grafikā (13. attēls) ir redzams, ka OD6 – 1,26 g/L koncentrācijas grupa sniedz lielāko sauso svaru salīdzinot gan ar kontroles grupu, gan pārējām koncentrāciju grupām, respektīvi par 16,7 % lielāks svars nekā kontroles grupā. Apskatot gan auga garumu gan svaru grafikus (9. un 10. attēls), var secināt, ka augi augiem nepieciešamās vielas ir bijušas dažādās koncentrācijās. Ļaujot novērot, ka pie dažādām mikroaļģu koncentrācijām attīstījušās dažādas lietas. Vienā gadījumā auga garums ar OD4 koncentrāciju, bet otrā auga svars ar OD6 koncentrāciju.

Tālākos eksperimentos būtu jāizmanto mikroaļģu ekstrakti, kas ir piesātinātāki ar fitohormoniem un augiem noderīgām barības vielām no mikroaļģu šūnām.

ANOVA

Kressalātu sausais svars

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.005	3	.002	37.460	.000
Within Groups	.002	44	.000		
Total	.007	47			

11.tabula.

Veicot ANOVA analīzi un salīdzinot savstarpēji grupas, to p-vērtība ir mazāka par būtiskuma līmeni $p = 0,05$, kas nozīmē, ka atšķirības starp grupām ir būtiskas.

Secinājumi

Pētījumu gaitā tika noteikts, ka mikroaļģes spēj uzlabot augu augšanu barības vielām trūcīgos apstākļos. Mikroaļģes palīdz uzlabot ūdens noturību augsnē, paildzinot intervālu starp laistīšanās reizēm. Savukārt, lielāko dīgtspējas uzlabojumu sniedza *S. quadricauda*, kontroles grupu pārsniedzot par 60%. Papildus lielākais auga garums tika novērots ar *S. quadricauda*, salīdzinot ar kontroles grupu, uzlabojums tika novērots par 90%. Turpretim, kūdras substrāta augsnē, kur nav izteikt barības vielu un mikro/makro elementu trūkums, mikroaļģu suspensijas efekts nav izteikti novērojams. Šādā substrātā dzīvu mikroaļģu suspensija arī palīdz veicināt ūdens noturību augsnē, paildzinot intervālu starp laistīšanās reizēm. Apstrāde ar *S. quadricauda* suspensiju sniedza vidēji par 7% lielāku auga garumu un par 16% lielāku augu svaru salīdzinot ar kontroles grupu. *C. vulgaris* sniedza vidēji par 10% lielāku auga garumu un par 16,5% lielāku augu svaru salīdzinot ar kontroles grupu.

3. SADAĻA: SECINĀJUMI

Projekta ietvaros tika sasniegti visi mērķi un izpildīti visi uzdevumi, kas ļāva izdarīt sekojošos secinājumus:

1. Eksperimentu gaitā tika atlasīti sekojošie mikroaļģu celmi, kam ir spēja ievērojami uzlabot rudens aveņu, kā arī modeļaugu augšanas parametrus un produktivitātes rādītājus:
 - *Chromochloris zofingiensis* CCAP 211/14 – dīgtspējas uzlabošana;
 - *Chlorella vulgaris* CCAP 211/111 – rudens aveņu apstrāde;
 - *Spirulina platensis* UTEX LB 2340 – rudens aveņu apstrāde;
 - *Dunaliella salina* CCAP 19/20 – rudens aveņu apstrāde;
 - *Scenedesmus quadricauda* CCAP 276/16 – modeļkulturaugu apstrāde kontrolētās vides apstākļos;
2. Pētījumu ietvaros tika atlasītas optimālas mikroaļģu kultivācijas barotnes:
 - *Chromochloris zofingiensis* CCAP 211/14 – 3N-BBM-V vai HP 1 g/L (lieliem tilpumiem);
 - *Chlorella vulgaris* CCAP 211/111 – 3N-BBM-V vai HP 1 g/L (lieliem tilpumiem);
 - *Spirulina platensis* UTEX LB 2340 – JWP barotne 1 g/L;
 - *Dunaliella salina* CCAP 19/20 – F₂P 1 g/L;
 - *Scenedesmus quadricauda* CCAP 276/16 – 3N-BBM-V
3. Ir izstrādāta metodoloģija (sk. 2. sadaļā protokolu: mikroaļģu kultivācija un biomasas iegūšana) mikroaļģu biomasas iegūšanai, celmu tīrības nodrošināšanai un uzturēšanai;
4. Darbu gaitā ir izstrādāta metodoloģija (sk. 2. sadaļā protokolu: mikroaļģu sintēze fotobioreaktorā) optimizētai biomasas iegūšanai slēgtā tipa fotobioreaktorā;
5. Optimizētai mikroaļģu biomasas ražošanai veiksmīgi izmantot *Varicon Aqua Solutions* 14 L fotobioreaktoru ar kultivācijas ciklu 16:8 (gaisma : tumsa);
6. Mikroaļģu ekstraktu sagatavošanai izmanto *Spirulina* sp. *Dunaliella* sp. un *Chlorella* sp. mikroaļģes 300 g/L sajaucot ar etanolu : ūdens (1:3) (sk. 2. sadaļā protokolu: mikroaļģu antimikrobiālā līdzekļa prototipa izstrāde). Augu apstrādei izmanto 10% suspensiju, kas tika sajaukta ar ūdeni;
7. Eksperimenti kontrolētās apstākļos ar modeļaugiem (*Lepidium sativum*):
 - Mikroaļģes spēj būtiski uzlabot augu augšanu barības vielām trūcīgos apstākļos;
 - Izstrādāta mikroaļģu suspensija palīdz uzlabot ūdens noturību augsnē, papildzinot intervālu starp laistīšanās reizēm;

- Lielāko dīgtspējas uzlabojumu sniedza *S. quadricauda*, kontroles grupu pārsniedzot par 60%;
 - Lielākais auga garums tika novērots ar *S. quadricauda*, salīdzinot ar kontroles grupu, uzlabojums tika novērots par 90%.
 - Kūdras substrāta augsnē augsnē, kur barības vielu un mikro/makro elementu trūkums, mikroaļģu suspensijas efekts nav izteikti novērojams, tomēr apstrāde *C. vulgaris* sniedza vidēji par 10% lielāku auga garumu un par 16,5% lielāku augu svaru salīdzinot ar kontroles grupu. Savukārt, apstrāde ar *S. quadricauda* suspensiju sniedza vidēji par 7% lielāku auga garumu un par 16% lielāku augu svaru salīdzinot ar kontroles grupu;
8. Eksperimentos zemnieku saimniecībās tika konstatēta būtiska pozitīva ietekme apstrādei ar *Spirulina* sp., *Dunaliella* sp. un *Chlorella* sp. ekstraktiem uz rudens aveņu augšanu, attīstību un ražas potenciālu:
- Mikroaļģu ekstraktu ietekmē uzlabojas tādi aveņu produktivitātes parametri kā produktīvais garums, ziedķiekaru skaits, hlorofila koncentrācija, lapu skaits, produktīvie dzinumi no lauciņa, kopējais dzinumu garums un kopējais pieaugums;
 - *Spirulina* ekstrakts ievērojami uzlaboja: ogu svaru un lapu skaitu uz dzinumu;
 - *Dunaliella* ekstrakts būtiski ietekmēja: dzinumu produktīvo garumu un produktīvās daļas īpatsvaru, ziedķiekaru skaitu dzinumā, ogas vidējo masu un hlorofila koncentrāciju;
 - Balstoties uz projekta gaitā iegūtiem datiem *Chlorella vulgaris* 10% ekstrakta izmantošana visbiežāk uzrādīja rudens aveņu augšanas parametru uzlabojumu. Tika konstatēts būtisks palielinājums: dzinumu garumu un kopējo pieaugumu, produktīvo garumu, ziedķiekaru skaitu dzinumā, hlorofila indeksu un ogas vidējo masu.

Ieteikumi mikroaļģu preparāta lietošanai: rudens aveņu apstrādē veicama veģitācijas sākumā, vienu reizi nedēļā, izmantojot 10% *Chlorella vulgaris* biomasas ekstraktu, biomasu iegūstot HP (1 g/L) barotnē foto-autotrofās kultivācijas ceļā slēgtā tipa reaktorā.

4. SADAĻA: PUBLICITĀTE

Zinātniskās publikācijas (SCOPUS)

1. Kaspars Kampuss, Pāvels Semjonovs, Sergejs Koļesovs, Kristīne Afoņina, Andris Bāliņ (2023) **Response of raspberries to the treatments with *Spirulina* sp., *Dunaliella* sp., and *Chlorella* sp. extractions.** Journal of Horticultural research (iesniegts žurnālā);
2. Sergejs Kolesovs and Pavels Semjonovs (2023) **Microalgal conversion of whey and lactose containing substrates: current state and challenges.** Biodegradation (iesniegts žurnālā).

Publikācijas digitālajā telpā

1. Publikācija portālā la.lv. **Veidos mikroalģu audzēšanas bioreaktoru** (2023).
<https://www.la.lv/inovacijas-6>
2. Publikācija portālā laukutikls.lv. **Mikroalģu izmantošana avenu aizsardzībai un ražības palielināšanai** (2021). <http://www.laukutikls.lv/nozares/lauku-telpa/raksti/mikroalgu-izmantosana-avenu-aizsardzibai-un-razibas-palielinasanai>
3. Publikācija LBTU mājaslapā. **Meklē jaunus risinājumus mikroalģu izmantošanai avenu audzēšanā** (2021). <https://www.llu.lv/lv/raksts/2021-10-25/mekle-jaunus-risinajumus-mikroalgu-izmantosana-avenu-audzesana>
4. Publikācija LU mājaslapā. **Mikroalģu izcelsmes augu augšanas stimulatora un antimikrobiālā līdzekļa prototipa izstrāde un testēšana rudens avenēm** (2021).
<https://www.lu.lv/zinatne/programmas-un-projekti/es-strukturfondi/lad-lauku-attistibas-programmas/mikroalgu-izcelsmes-augu-augšanas-stimulatora-un-antimikrobiala-lidzekla-prototipa-izstrade-un-testesana-rudens-avenem/>

Dalība starptautiskajās konferencēs

1. Kristaps Neiberts, Sergejs Kolesovs, Pavels Semjonovs. **Use of microalgae biomass as agriculture plants biostimulants.** 81st International Scientific Conference of the University of Latvia. Innovative and Applied Research in Biology. 02.02.2023, Rīga, Latvija – stenda referāts;
2. Kaspars Kampuss, Pavels Semjonovs, Sergejs Kolesovs, Kristīne Afoņina, Andris Balins. **Effect of treatments with *Spirulina* sp., *Dunaliella* sp., and *Chlorella* sp. extractions to raspberry growth, development, and harvest potential.** 81st International Scientific Conference of the University of Latvia. Innovative and Applied Research in Biology 02.02.2023, Rīga, Latvija – mutisks referāts;

3. Kaspars Kampus, Pavels Semjonovs, Sergejs Kolesovs, Kristīne Afonina, Andris Balins. **Response of raspberries to the treatment with *Spirulina* sp., *Dunaliella* sp., and *Chlorella* sp. extractions.** 13th International Rubus and Ribes Symposium, Portland, USA;
4. Kaspars Kampuss, Pāvels Semjonovs, Sergejs Koļesovs, Kristīne Afonina, Andris Bāliņš. **Apstrādes ar mikroaļģu ekstraktiem ietekme uz aveņu augšanu, attīstību un ražu.** Zinātniski praktiskā konference “Līdzsvarota lauksaimniecība 2023”, LBTU, Jelgava, Latvija;
5. S. Kolesovs, P. Semjonovs. **Microalgae for plant biostimulants on whey and dairy wastewaters.** ICABA 2022: XVI. International Conference on Algal Biotechnology and Applications, 28.07.2022 – 29.07.2022, Vīne, Austrija – stenda referāts;
6. S. Kolesovs, P. Semjonovs. Microalgae originated biostimulants as a sustainable alternative for agriculture. 80th International Scientific Conference of the University of Latvia “Innovative and applied research in Biology”, 03.02.2022, Rīga, Latvija – stenda referāts.

PIELIKUMI

1. PIELIKUMS: EKSPERIMENTI (MIKROBIOLOĢIJA)
**OPTIMĀLAS BAROTNES KONCENTRĀCIJAS NOTEIKŠANA SCENEDESMUS
QUADRICAUDA CCAP 276/16 KULTIVĀCIJAI**

Materiāli un metodes

Katram mikroaļģu celmam ir savas prasības pēc kultivācijas apstākļiem, tajā skaitā optimālas barotnes koncentrācijas. Lai palielinātu mikroaļģu biomasas un noderīgu savienojumu sintēzi, ir nepieciešams optimizēt barotni katrai mikroaļģei atsevišķi.

Izmantotais mikroaļģu celms: *Scenedesmus quadricauda* CCAP 276/16

S. quadricauda ir saldūdens mikroaļģe, kas ir spējīga sintezēt oglekļahidrātus, proteīnus un lipīdus. Veicot noderīgu vielu sintēzi, piemēram, lipīdu kultivāciju parasti iedala divos etapos:

1. Veģetatīva mikroaļģes audzēšana, kad šūnas brīvi dalās un notiek straujš biomasas pieaugums;
2. Kultivācija stresa apstākļos, mainot kultivācijas vidi, kad baktērija sāk sintezēt dažādas noderīgas vielas, lai aizsargātos no nepiemērotiem vides apstākļiem.

Pirmajā etapā ir nepieciešams nodrošināt efektīvu biomasas sintēzi, jo otrajā etapā biomasas sintēze vairs nenotiks, līdz ar to būs zemāka produkta raža. Šajā eksperimentā tiks pētīts pirmais kultivācijas etaps.

***S. quadricauda* inokulāta sagatavošana**

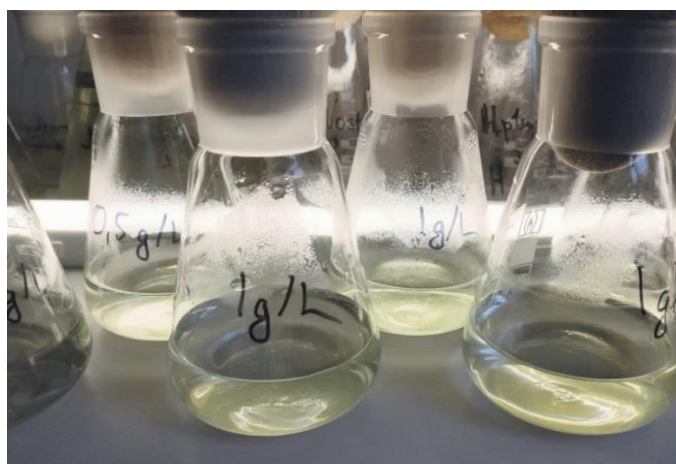
1. Inokulātu sagatavo no atbilstošas pirmskultūras, ievērojot sterilitāti, ar seroloģisku pipeti paņemot 20 mL mikroaļģu;
2. Sējmateriālām tiek pievienoti 180 mL HP barotnes;
3. Inokulāts tiek kultivēts statiski 48 h blakus LED gaismas avotam ar gaismas / tumsas režīmu 16:8 istabas temperatūrā (+21°C).



15. attēls. *Scenedesmus quadricauda* CCAP 276/16 inokulāta sagatavošana lamināras plūsmas boksā.

***S. quadricauda* kultivācija**

1. Pagatavo HP barotni ar trim dažādām koncentrācijām – 0,5, 1 un 1,5 g/L. Katrai koncentrācijai 500 mL barotnes;
2. Nosterilizē barotnes kopā ar 18 500 mL koniskām kolbām;
3. Sterilajos apstākļos ar seroloģisku pipeti kolbām pievieno pa 90 mL atbilstošas barotnes – katrai koncentrācijai seši atkārtējumi;
4. Katrā kolbā pievieno pa 10 mL iepriekš sagatavota inokulāta;
5. Mikroaļģes tiek kultivēta statiski 30 dienu laikā blakus gaismas avotam ar režīmu 16:8 istabas temperatūrā (+21°C).



16. attēls. *S. quadricauda* kultivācija blakus gaismas avotam istaba temperatūrā (+21°C) HP barotnē 0,5, 1 un 1,5 g/L koncentrācijā.



17. attēls. *S. quadricauda* biomasas pieaugums pēc 30 kultivācijas dienām.

Biomasas atūdeņošana

Kultivācijas beigās *S. quadricauda* tiek iekonzentrēta un izkaltēta, lai būtu iespējams noteikt sausu biomasu.

1. Nosaki 50 mL stobriņa sākotnēju svaru, izmantojot elektroniskus svarus (S_0);
2. Labi sakrati barotnē esošas mikroaļģes, lai visas šūnas atdalās no sienām;
3. Pārlej mikroaļģes 50 mL stobrīnā (18. attēls);
4. Ar dH_2O noskalo palikušas mikroaļģes no kolbas un pārlej tajā pašā stobrīnā;
5. Mikroaļģes centrifugē 8 000 rpm 10 min (19. attēls);
6. Lieku ūdeni nolej;
7. Gadījumā ja kolbās ir palika mikroaļģu suspensija, pārlej to tajā pašā stobrīnā un atkārtoti centrifugāciju;
8. Beigas nolej supernatantu. Mikroaļģes, kas būs piestiprinātas pie stobrīņa sienām, ievieto žāvskāpī uz 24 h $+60^{\circ}C$;
9. Pēc kaltēšanas procedūras nosver stobrīņu un aprēķini mikroaļģu biomasu sauso biomasu (S_1).

Pētījumu ietvaros biomasas iekonzentrēšanai tika izmantota arī biomasas filtrēšana ar Bundzena kolbu:

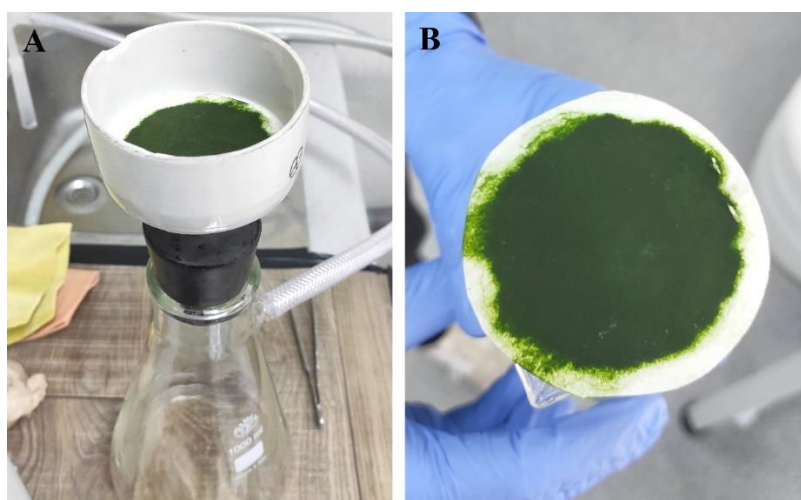
1. Piestiprini Bundzena kolbu ar vakuuma cauruli pie krāna atbilstoši metodoloģijai;
2. Kolbai virsu ievieto filtrpapīru;
3. Ieslēdz ūdeni, lai kolbā izveidojas negatīvais spiediens;
4. Uzmanīgi filtrpapīra virsū ielej mikroaļģu biomasas suspensiju. Šķīdums izies cauri filtrpapīram, savukārt, biomasa paliks uz filtrpapīra virsmas (20. attēls);
5. Pēc filtrācijas, ieliec filtrpapīru svarglāzē ievieto to žāvskāpī.



18. attēls. Biomasas sagatavošana centrifugēšanai 50 mL stobrīņos.



19. attēls. Biomasas nogulsnes pēc kultūras centrifugēšanas 10 min 8 000 rpm.



20. attēls. Mikroaļģu biomasas atdalīšana ar filtrāciju: A) Barotnes filtrēšana ar Bundzena kolbu; B) Mikroaļģu biomasa uz filtrpapīra.

Mikroaļģu biomasas sausa svara noteikšana

Mikroaļģu biomasu nosāka gravimetriski. Sausais svars tiek aprēķināts pēc formulas:

$$\text{Biomasas saussais svars} = S_1 - S_0$$

kur, S_1 – stobriņa svars kopā ar izkaltēto biomasu, g/L;

S_0 – stobriņa svars bez biomasas, g/L.

Mikroaļģu niomasas saussais svars tiek kontrolēts visos paraugos.



21. attēls. Pulverveidā *S. quadricauda* biomasa. Pēc biomasas sausa svara noteikšanas tā tika pārtaisīta par pulveri, izmantojot miezeri un piestu.

Biomasas produktivitātes noteikšana

Biomasas produktivitāte (dienās) tika noteikta pēc formulas:

$$Q_x = \frac{X_1 - X_0}{t}$$

kur, Q_x – biomasas produktivitāte dienās;

X_0 – biomasas sausais svars eksperimenta sākuma, g/L (tika pieņemts par 0);

X_1 – biomasas sausais svars eksperimenta beigās g/L;

t – kultivācijas ilgums, dienas.

Datu statistiskā analīze

Datu statistiskā analīze un attēlu veidošana tika veikta, izmantojot SPSS (BM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0.) un JASP (JASP Team, 2020; JASP (Version 0.14.1)) datu analīzes programmas. Darbības veiktas pie būtiskuma līmeņa $p = 0,05$.

Mikroaļģu sausas biomasas salīdzinājumam tika izmantota ANOVA (dispersijas) analīze, kas dod iespēju pārbaudīt statistiskās hipotēzes, lai noteiktu vairāku izlašu līdzību vai atšķirību, kā arī ļauj noskaidrot, vai izvēlētajā pazīme ir statistiski būtiska.

5. tabula

Biomasas sausais svars atkarībā no barotnes koncentrācijas – aprakstoša statistika.

Kārtas Nr.	Koncentrācija, g/L	Vidējā vērtība	SD	Atkārtojumi
1.	0,5	1,085	± 0,102	6
2.	1	1,105	± 0,071	6
3.	1,5	0,910	± 0,123	6

6. tabula

ANOVA analīzes rezultāti – biomasas atkarība no barotnes koncentrācijas.

Cases	Sum of squares	df	Mean Square	F	p	η^2
Concentration	0,138	2	0,069	6,801	0,008	0,476
Residuals	0,152	15	0,010			

Type III Sum of squares

7. tabula

Levena tests – equality of variances.

F	df1	df2	p
0,541	2,000	15,000	0,593

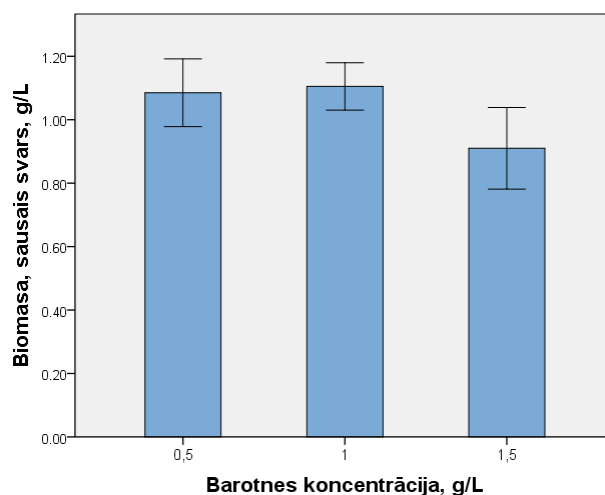
8. tabula

Post Hoc tests (Bonferoni) – koncentrācijas.

		Mean Difference	SE	t	p
1	2	−0,020	0,058	−0,344	1,000
	3	0,175	0,058	3,008	0,026
2	3	0,195	0,058	3,352	0,013

Rezultāti

S. quadricauda CCAP 276/16 biomasas iznākums atkarība no HP barotnes koncentrācijas ir apkopots 22. attēlā. Balstoties uz statistiskas analīzes rezultātiem, lielāku biomasas sintēzi nodrošina 0,5 un 1 g/L barotnes koncentrācijas ($1,085 \pm 0,102$ un $1,105 \pm 0,071$ g/L attiecīgi). Starp šīm koncentrācijām nebija novērota statistiski būtiska rezultātu atšķirība ($p = 1,0$). Savukārt, būtiski mazāks ($p < 0,026$) biomasas daudzums bija, *S. quadricauda* audzējot barotnē ar 1,5 g/L koncentrāciju ($0,91 \pm 0,12$). Iegūtie rezultāti atbilst rekomendētai HP barotnes koncentrācijai (0,1 – 1 g/L). Augstāka barotnes koncentrācija (1,5 g/L) nenodrošina lielāku biomasas sintēzi. Tas var būt saistīts ar konkrētu elementu paaugstinātu koncentrāciju HP barotnē, kas var inhibēt mikroaļģu augšanu.



22. attēls. *S. quadricauda* CCAP 276/16 biomasas sausais svars atkarībā no izmantotas HP barotnes koncentrācijas (0,5, 1, 1,5 g/L) pēc 30 dienām statiskās kultivācijas.

S. quadricauda biomasas produktivitāte ir apkopota 9. tabulā. Salīdzinot ar literatūras avotiem, *S. quadricauda* biomasas produktivitāte šajā eksperimentā ir zema (0,036 g/L/d). Tas ir saistīts ar mikroaļģu kultivācijas apstākļiem. Pētījumā, kura tika pētīts *Scenedesmus obliquus* SAG 276.7 celms, nodrošinot celmam optimālus kultivācijas apstākļus, sasniedz sausas biomasas produktivitāti 0,5 – 0,9 g/L/d (Sforza et al. 2014).

Pašlaik laboratorijā trūkst iekārtu, lai nodrošinātu optimālu mikroaļģu kultivācijas apstākļus. Pašlaik trūkst: CO₂ pievade un koncentrācijas kontrole (būtiska ietekme uz mikroaļģu augšanu), temperatūras kontrole (*S. quadricauda* ir nepieciešama zemāka kultivācijas temperatūra) un maisīšana (lai samazinātu noēnošanu). Papildus, šis eksperiments tika veikts pirms *S. quadricauda* kultūra nebija attīrīta no mikrobioloģiskā piesārņojuma.

9. tabula
S. quadricauda CCAP 276/16 produktivitāte atkarībā no HP barotnes koncentrācijas (0,5, 1, 1,5 g/L).

Barotnes koncentrācija, g/L	Sausa biomasa, g/L	Produktivitāte g/L/d
0,5	1,085 ± 0,102	0,035
1	1,105 ± 0,071	0,036
1,5	0,910 ± 0,123	0,030

Secinājumi

HP barotnes koncentrācijas 0,5 un 1 g/L kalpo par optimālu HP barotnes koncentrāciju *S. quadricauda* CCAP 276/16 augšanai (1,085 ± 0,102 un 1,105 ± 0,071 g/L). Pašlaik biomasas produktivitāte ir salīdzinoši zema, un ir nepieciešama *S. quadricauda* kultivācijas apstākļu optimizācija (temperatūra, CO₂ pievadīšana, maisīšana).

SCENEDESMUS QUADRICAUDA CCAP 276/16 KULTIVĀCIJA HETEROTROFAJĀ BAROTNĒ UN BIOMASAS DAUDZUMA SALĪDZINĀJUMS AR STANDARTA HP BAROTNI

Materiāli un metodes

Mikroaļģēm piemīt spēja augt gan autotrofā, gan heterotrofā barotnē. Šī metode dod iespēju samazināt ražošanas izmaksas un palielināt produktivitāti. Tomēr tas būtiski ir atkarīgs no optimāla heterotrofās barotnes sastāva, kas var atšķirties dažādām mikroaļģu sugām. Šajā eksperimentā tiks pārbaudīta *S. quadricauda* spēja veidot biomasu heterotrofajā barotnē.

Izmantotais celms: *Scenedesmus quadricauda* CCAP 276/16

Heterotrofās barotnes sastāvs

Eksperimentam tika sagatavota modificēta HP/glikozes barotne:

1. Uz svariem nosver 1 g/L HP barotnes un 15 g/L glikozes;
2. Katru komponenti (HP un glikozi) pārnes atsevišķā vārglāzē;
3. Barotnes komponentes izšķīdina dH₂O, ūdeni piepildot līdz 1 L atzīmei mērcilindrā, tad pārnes uz vārglāzi;
4. Izšķīdušās komponentes no vārglāzēm pārnes durāna stikla pudelēs (katra vārglāze atbilstošā pudelē);
5. Pudeles autoklāvē +121°C 30 min;
6. Pēc sterilizācijas pārlej glikozes šķīdumu pudelē ar HP barotni. Šāda veidā tika panākts, ka glikoze noreagēs ar HP barotnē esošām minerālvielām.

S. quadricauda kultivācija heterotrofajā barotnē

1. Sagatavo *S. quadricauda* inokulātu
2. Sterilajos apstākļos ar seroloģisku pipeti kolbām pievieno pa 90 mL atbilstošas barotnes (kontrolē bez glikozes un HP/glikozes 15 g/L barotnes) – katrai koncentrācijai seši atkārtojumi;
3. Katrā kolbā pievieno pa 10 mL iepriekš sagatavota inokulāta;
4. Ieliec kolbas termostātā +20°C uz 18 dienām. Šajā eksperimentā kultivācija notiek tumsā, tāpēc nav nepieciešams izvietot kolbas blakus LED lampai;
5. Kultivācijas beigās, izkaltē iegūtu biomasu un nosaki tās sauso svaru un produktivitāti.

Datu statistiskā apstrāde

Biomassas sausais svars atkarībā no barotnes tipa – aprakstoša statistika.

10. tabula

Kārtas Nr.	Barotnes veids	Vidējā vērtība	SD	Atkārtojumi
1.	Heterotrofā b.	0,954	± 0,023	6
2.	Kontrole	0,163	± 0,002	6

11. tabula

ANOVA analīzes rezultāti – biomasas atkarība no barotnes veida.

Cases	Sum of squares	df	Mean Square	F	p	η^2
Media type	1,877	1	1,877	6994,32	<0,001	0,999
Residuals	0,003	10	2,684e-4			

Type III Sum of squares

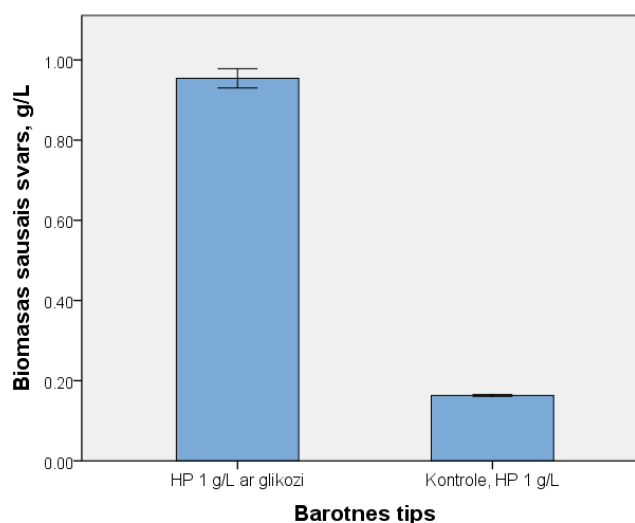
12. tabula

Post Hoc tests (Bonferoni) – barotnes veidi

		Mean Difference	SE	t	p
1	2	0,791	0,009	83,632	<0,001

Rezultāti

Eksperimenta ietvaros iegūtie rezultāti ir apkopoti 23. attēlā. Heterotrofā HP/glikozes barotne bija spējīga nodrošināt *S. quadricauda* kultūras veģetatīvu augšanu ($0,954 \pm 0,023$ g/L sausas biomasas). Kontroles barotnē mikroaļģes augšana nebija novērota, un $0,163 \pm 0,002$ g/L atbilst aptuvenam inokulāta izmēram eksperimenta sākumā. Eksperimenta laikā heterotrofajā barotnē biomasas daudzums palielinājās aptuveni sešās reizēs. Savukārt bija heterotrofajā barotnē bija novērots arī produktivitātes palielinājums salīdzinājumā ar iepriekšējo eksperimentu (līdz $0,053$ g/L/d). Tas liecina par to, ka modificēta HP/glikozes barotne var potenciāli kalpot par efektīvu un lētu mikroaļģu kultivācijas barotni.



23. attēls. *S. quadricauda* CCAP 276/16 biomasas sausais svars atkarībā no barotnes veida (HP kontrole, HP/glikozes 15 g/L barotnes) pēc 18 dienām statistiskās kultivācijas.

Tomēr eksperimentam bija konstatēti vairāki trūkumi. Eksperimenta laikā tika pamanīts mikrobioloģiskais piesārņojums heterotrofajās kultūrās (eksperiments tika veikts pirms tīra *S. quadricauda* kultūra tika izdalīta). Barotnē ar glikozi citi mikroorganismi sāk attīstīties ātrāk nekā autotrofajā barotnē. Līdz ar to heterotrofas barotnes gala biomasas rezultāts ($0,954 \pm 0,023$ g/L) ir veidots ne tikai no *S. quadricauda* bet arī no pārējās mikrofloras biomasas summas. Ir nepieciešams veikt mikroaļģu kultūru attīrīšanu pirms tiks turpināti eksperimenti ar heterotrofām barotnēm.

Eksperimentā laikā netika veikta paralēla autotrofa mikroaļģu kultivācija. Tas ir nepieciešams lai iegūtu detalizētākus rezultātus par heterotrofas kultivācijas veida efektivitāti. Tālākajos eksperimentos eksperimenta dizain tiks koriģēts.

Heterotrofa kultivācija ļauj noteikt tādus parametrus kā biomasas iznākums no patērēta substrāta ($Y_{P/S}$). Šī parametra noteikšana tālākajos eksperimentos ļaus uzzināt cik efektīvi mikroaļģes spēj pārvērst glikozi vai citus ogļhidrātus par biomasu. Nākotnes eksperimentos būs arī iespējams pārbaudīt mikroaļģes spēju augt lētajās alternatīvajās barotnēs, piemēram, sūkalās vai melases barotnēs.

Secinājumi

Modificēta HP/glikozes 15 g/L barotne ir spējīga nodrošināt *S. quadricauda* CCAP 276/16 heterotrofu kultivāciju, sasniedzot $0,954 \pm 0,023$ g/L sausas biomasas. Biomasas produktivitāte dienā bija 0,053 g/L/d, kas ir augstāks par *S. quadricauda* autotrofas kultivācijas produktivitāti. Tomēr kultivācijas laikā heterotrofajā barotnē sāk attīstīties citi mikroorganismi, kas bija klāt nelielajos daudzumos sākotnējā mikroaļģu kultūrā. Tas ir saistīts ar to, ka eksperiments tika veikts pirms *S. quadricauda* tika attīrīta no pārējiem mikroorganismiem. Papildus, ir nepieciešams uzlabot esoša eksperimenta dizainu.

MIKROAĻĢU CELMU SAVSTARPĒJS SALĪDZINĀJUMS – AUTOTROFĀ KULTIVĀCIJA

Materiāli un metodes

Lai atlasītu celmus, kas vislabāk būtu piemēroti autotrofai kultivācijai un biomasas iegūšanai, tika veikts skrininga. Kopumā tiks pārbaudīt seši mikroaļģu celmi. Skrininga rezultāta ir paredzēts atlasīt celmus tālākajai biomasas iegūšanai lielajos daudzumos un ekstraktu sagatavošanai.

Izmantota mikroaļģu suga:

- *Scenedesmus quadricauda*;
- *Dunaliella salina*;
- *Haematococcus pluvialis*;
- *Spirulina platensis*;
- *Chromochloris zofingiensis*.

Kultivācijas apstākļi

- Eksperimentam tika sagatavo HP (*Chlorella*, *Haematococcus*, *Scenedesmus*), F2P (*Dunaliella*) un JWP (*Spirulina*) barotnes 1 g/L koncentrācijā (barotnes sagatavošanas procedūra ir aprakstīta iepriekš);
- Kultivāciju veic 21 dienu autotrofā kultivācijas režīmā ar gaismas intensitāti 5000 luksi;
- Dienas/nakts režīms: 16/8;
- Temperatūra: 25°C.



1. attēls. Mikroaļģes *Spirulina platensis* augšana JWP barotnē.

Datu statistiskā apstrāde

1. tabula
Biomases sausais svars – vidējie dati (g/L)

VAR00001	Mean	N	Std. Deviation
1.00	.1925	4	.02217
2.00	1.2440	4	.02471
3.00	1.5975	4	.05252
4.00	1.9025	4	.09500
5.00	1.1600	4	.04967
6.00	.8025	4	.06850
Total	1.1498	24	.56384

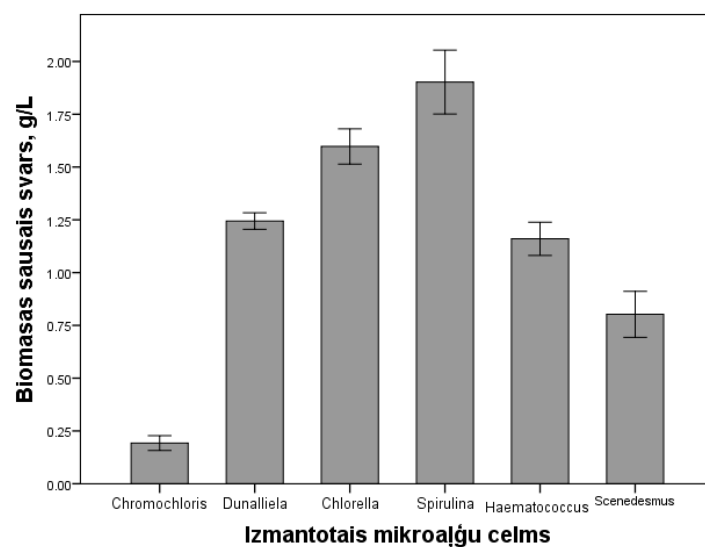
2. tabula
ANOVA analīze biomasas sausa svara salīdzināšanai

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
1.00	2.00	-1.05150*	.04087	.000
	3.00	-1.40500*	.04087	.000
	4.00	-1.71000*	.04087	.000
	5.00	-.96750*	.04087	.000
	6.00	-.61000*	.04087	.000
2.00	1.00	1.05150*	.04087	.000
	3.00	-.35350*	.04087	.000
	4.00	-.65850*	.04087	.000
	5.00	.08400	.04087	.820
	6.00	.44150*	.04087	.000
3.00	1.00	1.40500*	.04087	.000
	2.00	.35350*	.04087	.000
	4.00	-.30500*	.04087	.000
	5.00	.43750*	.04087	.000
	6.00	.79500*	.04087	.000
4.00	1.00	1.71000*	.04087	.000
	2.00	.65850*	.04087	.000
	3.00	.30500*	.04087	.000
	5.00	.74250*	.04087	.000
	6.00	1.10000*	.04087	.000
5.00	1.00	.96750*	.04087	.000
	2.00	-.08400	.04087	.820
	3.00	-.43750*	.04087	.000
	4.00	-.74250*	.04087	.000
	6.00	-.35750*	.04087	.000
6.00	1.00	.61000*	.04087	.000
	2.00	-.44150*	.04087	.000
	3.00	-.79500*	.04087	.000
	4.00	-1.10000*	.04087	.000
	5.00	-.35750*	.04087	.000

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Rezultāti

Eksperimenta rezultāti ir apkopoti 2. attēlā. Var secināt, ka autotrofajos kultivācijas apstākļos vislielākā biomasas sintēze tika konstatēta *Spirulina* mikroaļģei ($1,90 \pm 0,10$ g/L – sausais svars). Papildus labus rezultātus uzrādīja *Chlorella vulgaris* ($1,59 \pm 0,05$ g/L). *Dunaliella* un *Haematococcus* neuzrādīja statistiski būtisku atšķirību. Tomēr tālākajos eksperimentos priekšroka tiks dota *Dunaliellai*, vienkāršāko kultivācijas apstākļu dēļ.



2. attēls. Mikroaļģu biomasas sausais svars atkarībā no izmantota celma.

Mikroaļģes *Haematococcus*, *Scenedesmus* un *Chromochloris* netika atlasītas ekstraktu sagatavošanai, tomēr šo aļģu īpašības tiks pētītas tālākajos eksperimentos.

Secinājumi

Skrininga rezultātā tika atlasītas mikroaļģes (*Spirulina*, *Chlorella* un *Dunaliella*), kas tālāk tiks izmantoti mikroaļģu biomasas un ekstraktu iegūšanai.

PAPILDUS SLĀPEKĻA PIEVIENOŠANA KULTIVĀCIJAS BAROTNEI BIOMASAS IZNĀKUMA PALIELINĀŠANAI

Mikroaļģu kultivācijas laikā, tiem var beigties N (slāpekļis), kas rezultātā inhibēs augšanu. Papildus N pievienošana var būtiski uzlabot biomasas sintēzi.

Materiāli un metodes

Izmantotais celms: *Chlorella vulgaris* CCAP 211/111

Barotne: *Chlorella vulgaris* kultivācijai izmanto HP barotni (1 g/L) ar papildus 0,1 g/L NaNO₃ pievienošanu.

Kultivācijas apstākļi: 14 dienas, autotrofi (16:8).

Statistiskā analīze

3. tabula
Biomasas sausais svars – vidējie dati (g/L)

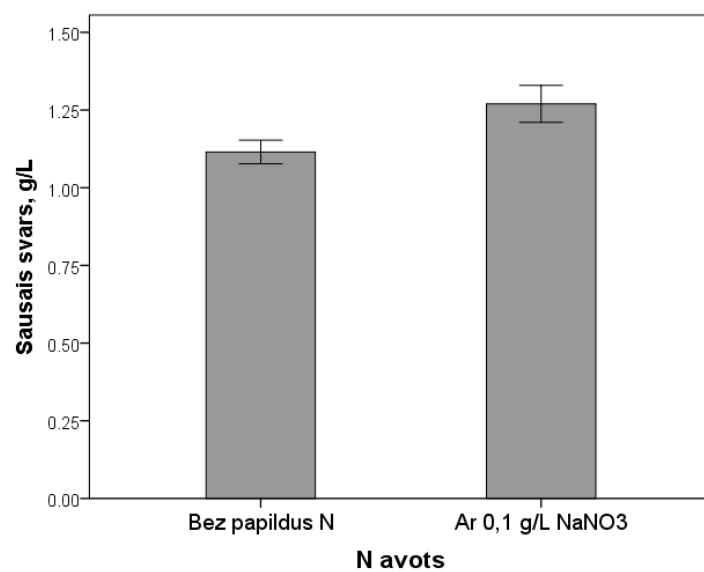
VAR00001	Mean	N	Std. Deviation
1.00	1.1150	4	.02380
2.00	1.2700	4	.03742
Total	1.1925	8	.08779

4. tabula
ANOVA tests – būtiskā atšķirība

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.048	1	.048	48.864	.000
Within Groups	.006	6	.001		
Total	.054	7			

Rezultāti

Eksperimenta rezultātā tika noteikts, ka lielāka biomasas sintēze ir novērotā grupai ar papildus N ($1,27 \pm 0,04$ g/L sausais svars). Šāda veida barotnes optimizācija ļaus būtiski samazināt mikroaļģu kultivācijas laiku un palielināt produkta iznākumu.



3. attēls. *Chlorella vulgaris* biomasas sausais svars atkarībā no izmantotas barotnes.

Secinājumi

Ir konstatēts, ka papildus N pievienošana būtiski uzlabo *C. vulgaris* biomasas sintēzi. Tālākajos eksperimentos var izmēģināt 3N-BBM barotni.

BAROTŅU (HP UN 3N-BBM-V) SALĪDZINĀJUMS *CHLORELLA VULGARIS* BIOMASAS IEGŪŠANAI

3N-BBM-V barotne var potenciāli uzlabot mikroaļģu biomasas sintēzi, jo tajā ir atšķirīgas minerālvielu proporcijas. Eksperimenta laikā tiks pārbaudīts, vai sekojošā barotne uzlabos *Chlorella vulgaris* augšanu laboratorijas apstākļos.

Materiāli un metodes

Izmantotais celms: *Chlorella vulgaris* CCAP 211/111

Barotne: *Chlorella vulgaris* kultivācijai izmanto HP barotni (1 g/L) ar papildus 0,1 g/L NaNO₃ pievienošanu un 3N-BBM-V barotne.

Kultivācijas apstākļi: 14 dienas, autotrofi (16:8).

Statistiskā analīze

5. tabula
Biomasas sausais svars – vidējie dati (g/L)

VAR00001	Mean	N	Std. Deviation
1.00	1.3525	4	.03594
2.00	1.5500	4	.02944
Total	1.4513	8	.10986

6. tabula
ANOVA tests – būtiskā atšķirība

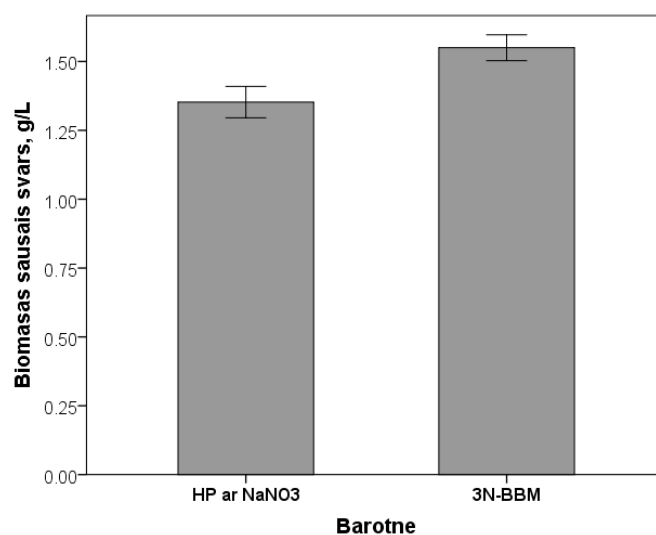
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.078	1	.078	72.290	.000
Within Groups	.006	6	.001		
Total	.084	7			

Rezultāti

3N-BBM-V barotne uzradīja statistiski būtisku ($p < 0,001$) sausas biomasas ($1,55 \pm 0,03$ g/L) pieaugumu salīdzinājumā ar HP barotni ($1,3525 \pm 0,05$ g/L). Iegūtie dati liecina, ka atbilstošā barotnes sastāva atlase būtiski uzlabo biomasas sintēzi (5. attēls).



4. attēls. Eksperimentu ietveros tika izmēģināta mikroaļģu kultivācija mikroplātes



5. attēls. *Chlorella vulgaris* biomasas sausais svars atkarībā no izmantotas barotnes.

Secinājumi

Eksperimenta ietvaros tika konstatēts, ka 3N-BBM-V barotne būtiski uzlabo sausas biomasas sintēzi *C. vulgaris*. Tālākajos eksperimentos saldūdens mikroaļģēm tiks izmantota 3N-BBM barotne, tomēr komerciāla HP barotni var izmantot mikroaļģu iegūšanai bioreaktorā, jo tā ir lētāka.

Mikroaļģu biomasas izmantošana pelējuma rezistences nodrošināšanai

Materiāli un metodes

Kā bija iepriekš minēts *Botrytis cinerea* ir viens no rudens aveņu vislielāk ietekmējošajiem patogēniem. Pētījumu ietvaros laboratorijas apstākļos tika pārbaudīta mikroaļģu spēja inhibēt/nodrošināt rezistenci pret šo pelējumu. *B. cinerea* kultivācijai tika izmantota agarizēta MALT barotne.



14. attēls. Eksperimentam sagatavotas *B. cinerea* kultūras tiek uzglabātas agarizētajās barotnēs.

Izmantotie mikroorganismi:

1. *Botrytis cinerea*;
2. *Chromochloris zofingiensis* CCAP 211/14;
3. *Scenedesmus quadricauda* CCAP 276/16;
4. *Chlorella vulgaris* CCAP 211/11.

Barotnes sagatavošana

MALT barotnes sastāvs:

- 20 g/L iesala ekstrakta
- 5 g/L peptons
- 15 g/L agars

Barotnes papildīšana Petri traukos:

1. Sagatavo sterilus 9 cm diametra Petri traukus;

2. Sterilos apstākļos ielej katrā petri traukā pa 20 mL sterilas barotnes, kas ir 40 - 50°C temperatūrā;
3. Petri traukus atdzesē sterilos apstākļos, līdz barotne sacietē;
4. Petri traukus uzglabā ledusskapī +4°C temperatūrā.

Sterilu filtrpapīra disku sagatavošana:

- Izgriezt 15 mm diametrā aplīšus;
- Ievietot karstumizturīgā traukā un autoklāvēt + 121°C temperatūrā.

Inokulāta sagatavošana

- Inokulāta audzēšanai izmanto mēģenes ar 10 mL barotnes;
- Pelējumu audzē 7 dienas.

Mikroaļģu un pelējuma uzsēšana uz Petri traukiem

Tālākās darbības veic sterilos apstākļos:

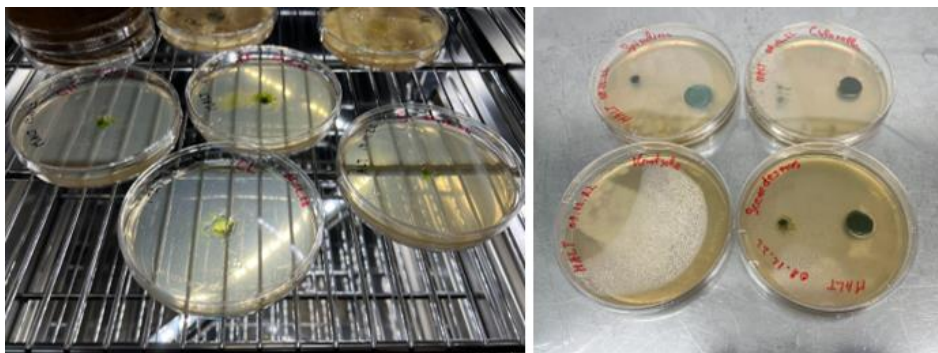
1. Uz Petri platēm uznes 200 µL inokluāta un ar špateli to vienmērīgi izklāj pa visu Petri trauku;
2. 15 min laikā no petri trauka inokulēšanas brīža, novieto filtra papīra disku Petri trauka vidū;
3. Uz novietotā filtra papīra uzpilina sagatavoto mikroaļģu suspensiju;
4. Petri plates novieto istabas temperatūrā gaismas režīmā 12:12;
5. Petri plates inkubē nedēļu;
6. Pēc inkubācijas izmēra izveidojušos inhibīcijas zonu ap filtra papīra disku.

Aļģu sagatavošana pelējuma eksperimentam

1. Mikroaļģu suspensijas sagatavošana:
 - a. 500mL kolbās ielej 300mL HP barotnes (1g/L) un 20mL attiecīgās aļģes inokulāta
 - b. Aļģes audzē 7 diennaktis;
2. No izaudzētajām aļģēm sterilos apstākļos paņem 50mL un centrifugē 8000 rpm 5 min;
3. Supernatantu nolej un atstāj tikai nogulsnes ;
4. Nogulsnēm uzlej 10mL dH₂O

Mikroaļģu ietekme uz pelējuma sēnēm

Tika veikts eksperiments, lai noskaidrotu vai dzīvas aļģes spēj inhibēt augu augļu pelējuma (2. attēls) tālāku attīstību. Pasaulē dažāda veida augu pelējumi nodara lielus bojājumus potenciālajai auga ražai. Bojātas ražas dēļ, saimniecības piedzīvo arī finansiālus zaudējumus nepārdotās ražas dēļ (Fletcher et al. 2006). Spēja pielāgoties un izdzīvot dažādos vides apstākļos mikroaļģēm var veicināt arī dažādu bioloģiski aktīvu savienojumu veidošanos, kas tālāk var tikt izmantoti kā augu aizsardzības līdzekļi (Shaima et al. 2022).



2. attēls. *B. cinerea* augšana kopā ar mikroaļģu celmiem Petri traukos.

Veicot eksperimentus (3. attēls), tika noskaidrots, ka dzīvas mikroaļģes ūdens suspensijā neizdala pietiekamā daudzumā pelējumu inhibējošas vielas, lai būtu labi novērojama inhibīcijas zona. Tomēr mikroaļģes spēja izdalīt tik daudz pelējuma inhibējošu vielu, lai būtu novērojams, ka pelējums neaug uz mikroaļģēm un vietām veidojas skaidra robeža starp pelējumu un mikroaļģēm – īpaši labi redzams *C. zoofingensis* mikroaļģei.



3. attēls. Agara plate ar uzsētu pelējumu *Botrytis cinerea* un filtrpapīra disku uz kura ir dzīvas *Chromachloris zoofingensis* mikroaļģes. Ar sarkanu līniju ir atdalīta zona, kurā pelējums nespēj augt.

Secienājums

Pelējums *B. cinerea* nespēj attīstīties mikroaļģes *Chromochloris zoofingiensis* CCAP 211/114 klātbūtnē, veidojot skaidru robežu starp tiem.

2. PIELIKUMS: DALĪBA STARPTAUTISKĀS KONFERENCĒS

81st International Scientific Conference of the University of Latvia 2023



**81st International Scientific
Conference of the
University of Latvia 2023**

**Inovatīvie un Pielietojamie Pētījumi Bioloģijā
Innovative and Applied Research in Biology**



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**BIOLOĢIJAS
INSTITŪTS**

Programma un tēzes/ Programme and abstracts

**2023
Rīga**



81st International Scientific
Conference of the
University of Latvia 2023

Inovātie un Pielietojamie Pētījumi Bioloģijā
Innovative and Applied Research in Biology

Ceturtdien, 2023. gada 2. februārī. 10:00, ZOOM
Thursday, 2 February 2023 10.00 AM, ZOOM

Programma / Programme

10.00–10.05	Līga Jankevica Institute of Biology, University of Latvia (UL)	Atklāšana Opening
Vadītājs/Chair: Prof. Īsaks Rašals		
O1 10.05–10.25	Ieva IGNATAVIČIENĒ Nature Research Centre, Vilnius, Lithuania	Genetic diversity of <i>Rutilus Rutilus</i> population in Lithuania based on mtDNA D-loop and ATP6 marker
O2 10.25–10.45	Elmīra BOIKOVA Institute of Biology, UL	Upper Daugava and meanders on the way to World Heritage nomination
O3 10.45–11:05	Dāvis OZOLIŅŠ Institute of Biology, UL	Ecological quality of Latvian-Lithuanian transboundary lakes according to benthic macroinvertebrates and macrophytes
O4 11:05–11:25	Dalius BUTKAUSKAS Nature Research Centre, Vilnius, Lithuania	Evaluation of the effects of electromagnetic radiation and assessment of the protective properties of 3D Bio- textile based on model species <i>Lemna minor</i> and <i>Drosophila melanogaster</i>
O5 11:25–11:45	Tatjana GRIGORJEVA Daugavpils University	Phototactic behaviour of fruit flies (<i>Drosophila melanogaster</i> Meigen, 1830) study with the automated system
11.45–12.00	Virtuālā kafijas pauze Coffee break	
Vadītājs/Chair: Dr. Oskars Keišs		
O6 12:00–12:20	Antra STĪPNIECE Institute of Biology, UL	Bag harvest monitoring in Latvia by means of sent-in photos
O7 12:20–12:40	Ronalds KRAMS Daugavpils University	Passerine (Passeriformes Linnaeus, 1758) bird survival and reproduction in ecological trap conditions
O8 12:40–13:00	Oskars KEIŠS Institute of Biology, UL	Our cherries and starling's blood – summary of the research on Common Starling <i>Sturnus vulgaris</i> in Latvia 2020–2022
O9 13:00–13:15	Gunta ČEKSTERE Institute of Biology, UL	Impact of <i>Phalacrocorax carbo</i> on soil and vegetation on Abelu Island of Lake Kanieris during 2010-2022
13:15–13:45	Stenda referātu prezentācijas vai īsie ziņojumi (līdz 5 min) Short talks or poster presentations (5 min)	
Vadītājs/Chair: Dr Zigmunds Orlovskis		
P1	Kristē STRAVINSKAITĒ Lithuanian Zoological Gardens	Effective Breeding Methodology for Conservation of Lithuanian <i>Osmoderma barnabita</i> Populations

P2	Arturs ŠILAKS Institute of Biology, UL	Development of biological control technology to regulate the populations of ticks <i>Ixodes</i> spp. (Acari, Ixodida)
P3	Elīna AŽĒNA Institute of Biology, UL	Succinate, silicon dioxide, aluminum oxide, and silver nanoparticle influence on the model organism <i>Drosophila melanogaster</i>
P4	Maksims KUDEIKINS Institute of Biology, UL	Long-term effects of the extremely low-frequency electromagnetic radiation (50 Hz, 500 μT) on the <i>Drosophila melanogaster</i>
P5	Kristaps NEIBERTS Institute of Biology, UL	Use of microalgae biomass as agriculture plants biostimulants
P6	Arturs SERGEJEVS Institute of Biology, UL	Mixotrophic and heterotrophic cultivation of different microalgae species for utilisation of dairy by-products
P7	Irīna Kulikova Institute of Biology, UL	Long-term changes in the macrophyte communities in the Gulf of Riga, Baltic Sea.
13:45–14:00	Virtuālā kafijas pauze Coffee break	
Vadītājs/Chair: Dr Zigmunds Orlovskis		
O10 14:00 - 14:20	Ilva TRAPIŅA Institute of Biology, UL	Report on the project's first year "Development of an innovative approach to identify biological determinants involved in the between-animal variation in feed efficiency in sheep farming"
O11 14:20 - 14:40	Ilva TRAPIŅA Institute of Biology, UL	Difference of Latvian dark-headed rams according to lamb fattening data and feed efficiency indicators
O12 14:40 - 15:00	Kaspars KAMPUSS	Effect of treatments with <i>Spirulina</i> sp., <i>Dunaliella</i> sp., and <i>Chlorella</i> sp. extractions to raspberry growth, development, and harvest potential
O13 15:00 - 15:20	Sergejs KOĻESOVŠ	Production of lipid-enriched microalgae biomass as an additive in trout's diet using lactose containing substrates
O14 15:20 - 15:40	Laura ĀBOLINA Institute of Biology, UL	Typical berries of the hemiboreal zone: traditional use and the potential for cultivar
15:40 - 16 -	Noslēgums, diskusijas Conclusions, discussions	

<https://conferences.lu.lv/e/294>

80th International Scientific Conference of the University of Latvia 2022



80th International Scientific
Conference of the
University of Latvia 2022



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
BIOĻĢIJAS
INSTITŪTS



Inovatīvie un Pielietojamie
Pētījumi Bioloģijā

Innovative and Applied Research
in Biology

Ceturtdien, 2022. gada 3. februārī. 10:00, ZOOM

Thursday, 3 February 2022, 10.00 AM, ZOOM

Programma / Programme

Vadītājs/Chair: Dr. hab. biol. Dalius BUTKAUSKAS		
10.00–10.05	Līga Jankevica Institute of Biology, University of Latvia	Atklāšana Opening
O1 10.05–10.25	Adomas Ragauskas, Nature Research Centre	Genetic diversity of common carp <i>Cyprinus carpio</i> L. strains maintained in Lithuania
O2 10.25–10.45	Tautvilė Šukytė, Nature Research Centre	Preliminary results of <i>Sarcocystis</i> spp. infection in birds of prey in Lithuania
O3 10.45–11:00	Ilva Trapiņa, Institute of Biology, University of Latvia (LU)	Development of an innovative approach to identify biological determinants involved in the between-animal variation in feed efficiency in sheep farming
O4 11:00–11:15	Ronalds Krams, University of Daugavpils	Reproductive success of the great tit (<i>Parus major</i> Linnaeus, 1758) under ecological trap conditions
O5 11:15–11:30	Elza Zacmane, Institute of Biology, LU	Do ixodid ticks affect body condition of migratory birds
Posters 1 Vadītājs/Chair: Dr. hab. biol. Dalius BUTKAUSKAS		
11:30 - 11:40	Stenda referātu prezentācijas (2 min) Short poster presentations (2 min)	
P1	Paulina Amšiejūtė National Food and Veterinary Risk Assessment Institute	Molecular Typing of <i>Paenibacillus</i> larvae isolates from Lithuanian apiaries by using VNTR allele sizing method
P2	Alina Marandykina-Prakienė, Nature Research Centre	Molecular identification of protozoan <i>Sarcocystis</i> species in sheep from Lithuania
P3	Svetlana Vasiljeva, Institute of Biology, LU	The role of natural dietary antioxidants in animals under oxidative stress
P4	Edīte Juceviča Latvia University of Life Sciences and Technologies; Institute of Biology, LU	Impact of light source on distribution of greenhouse whiteflies <i>Trialeurodes</i> spp. (Hemiptera: Aleyrodidae) on tomatoes in greenhouses

P5	Ance Priediece, Institute of Biology, LU	Breeding time changes of the Pied Flycatcher in Latvia since 1950s,
11.40–12.00	Virtuālā kafijas pauze, diskusijas, posterī Coffee break, discussions, posters	
Vadītājs/Chair: Prof. Īzaks Rašals		
O6 12:00–12:20	Elmīra Boikova, Institute of Biology, LU	Natura 2000 excellence values and management challenges in the protected landscape area "Augšdaugava"
O7 12:20–12:35	Liene Auniņa, Institute of Biology, LU	Plant communities with <i>Rhynchospora fusca</i> (L.) W. Aiton in Latvia
O8 12:35–12:50	Voldemārs Spunģis, Institute of Biology, LU	Investigation of occurrence of particularly protected whorl snails <i>Vertigo</i> spp. in habitats of EU importance
O9 12:40–13:00	Ieva Grudzinska, Institute of Biology, LU	Diatom-based assessment of the ecological status of the Venta River, Kuldīga
13:00–13:30	Virtuālā kafijas pauze, diskusijas, posterī Coffee break, discussions, posters	
Vadītājs/Chair: Dr. biol. Zigmunds Orlovskis		
O10 13.30–13.45	Ilze Borbale, Institute of Biology, LU	Bacterial cellulose production on apple juice
O11 13:45–14:00	Kristaps Neiberts, Institute of Biology, LU	Bacterial cellulose production on whey medium
O12 14:00–14:15	Valērija Križanovska, Latvian Institute of Organic Synthesis	Evaluation of phytochemical composition and cytotoxic activity of wild grown and cultivated <i>Daphne mezereum</i> extracts: potential of cultivation of the species
O13 14:15–14:30	Dmitry Babarikyn, Institute of Innovative Biomedical Technology Ltd	Sugar-free fractionated red beetroot juice biological activity evaluation
Posters 2 Vadītājs/Chair: Dr. biol. Zigmunds Orlovskis		
14:30–14:45	Stenda referātu prezentācijas (2 min) Short poster presentations (2 min)	
P6	Sergejs Koļesovs, Institute of Biology, LU	Microalgae originated biostimulants as a sustainable alternative for agriculture
P7	Kārlis Krecers Institute of Biology, LU	Growth systems for microalgae biomass production
P8	Antons Kolodinskis, Institute of Biology, LU	Health effects of low frequencies electromagnetic fields on children
P9	Andra Miķelsone Institute of Biology, LU	Study of the antioxidants and nutrients in cloudberry (<i>Rubus chamaemorus</i> L.) in Latvia
14:45 -15:00	Virtuālā kafijas pauze, diskusijas, posterī Coffee break, discussions, posters	
Vadītājs/Chair: Prof. Īzaks Rašals		

O14 15:00 - 15:15	Ieva Ignatavičienė, Nature Research Centre	Effects of Low Frequency Electromagnetic Radiation on <i>L. minor</i> growth parameters and generation of point mutations at GPx, CAT and APx genes
O15 15:15 - 15:30	Kārlis Žagata, Institute of Biology, LU	New tool suitable for genetic studies – axenic <i>Lemna minor</i> line
O16 15:30 - 15:45	Laura Āboliņa, Institute of Biology, LU	Influence of peat substrate composition on indicators of physiological vitality of cloudberry <i>Rubus chamaemorus</i> during the rooting period
O17 15:45 - 16:00	Gunta Čekstere, Institute of Biology, LU	Nemoralisation of coniferous stands in Latvia
16:00 -16 -	Noslēgums, diskusijas Conclusions, discussions	

ICABA 2022: XVI. International Conference on Algal Biotechnology and Applications

