

## **MELSVABAKTERIŲ BIOMASĖS KAIP BIOTRĄŠOS NAUDOJIMO GALIMYBĖS ŽEMĖS ŪKIO AUGALŲ AUGIMO IR VYSTYMO SI PROCESAMS VALDYTI**

Jurga Jankauskienė<sup>1</sup>, Kornelija Buzytė<sup>2</sup>, Ričardas Paškauskas<sup>3</sup>

<sup>1, 3</sup>*Gamtos tyrimų centras*

<sup>2</sup>*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Fundamentinių mokslų fakultetas, Chemijos ir bioinžinerijos katedra*

*El. p. <sup>1</sup>jurga.jankauskiene@gamtc.lt; <sup>2</sup>kornelija.buzyte@stud.vgtu.lt; <sup>3</sup>ricardas.paskauskas@gamtc.lt*

**Anotacija.** Žemės ūkio sektoriui tenka svarbus vaidmuo įgyvendinant Europos Sąjungos žaliojo kurso tikslus. Gausiai naudojant sintetines ir organines trąšas, gamtiniuose vandenyse pastebimas nitratų koncentracijos didėjimas. Dideli kiekiai trąšų išplaunama į vandenį, o tai visų pirma skatina spartų ir perteklinį vandens dumblių ir melsvabakterių žydėjimą upėse, ežeruose ir galiausiai jūrose. Todėl, dirbant nuosekliai ir deramai kontroliuojant miesto valymo įrenginius, buitines, pramonines bei žemės ūkio nuotekas, taip pat siekiant kiek įmanoma atsisakyti sintetinių trąšų naudojimo žemės ūkyje, galima tikėtis šį nepageidautiną procesą suvaldyti. Fitoplanktono biomasės, kaip žaliosios trąšos, naudojimo galimybės mažai tyrinėtos. Eksperimentiniams tyrimams atlikti buvo pasirinkti trys dažniausiai Lietuvoje sėjamų žemės ūkio augalų – paprastasis kvietys (*Triticum aestivum* L.), sėjamasis žirnis (*Pisum sativum* L.) ir sėjamasis rapsas (*Brassica napus* L.). Į augalų augimo substratą buvo įterpti skirtingi liofilizuotos fitoplanktono biomasės, surinktos iš Kuršių marių, kiekiai. Norint įvertinti fitoplanktono, kaip sintetinių trąšų alternatyvos, poveikį analizuotų augalų augimo ir vystymosi procesams, buvo atlikta biometrinių parametrų – antžeminės augalo dalies aukščio, žaliosios ir sausosios masės pokyčių analizė, taip pat fotosintetinių pigmentų – chl *a*, chl *b* kiekio ir chl *a* ir *b* santykio ir karotinoidų kiekio analizė. Tyrimai parodė, kad, sprendžiant vandens kokybės problemos gerinimo klausimus, surinktoji perteklinė fitoplanktono biomasė, kaip biostimuliatorius, gali būti naudojama augalininkystėje, taip pat skatinant alternatyvius tręšimo būdus ir mažinant sintetinių trąšų naudojimo mastą žemės ūkyje.

**Reikšminiai žodžiai:** eutrofikacija, biotrąša, fitoplanktonas, fotosintezė, augalų augimas ir vystymasis.

### **Įvadas**

Per artimiausius 10–15 metų Lietuvoje numatyta siekti iš linijinės ekonomikos persiorientuoti į žiedinę ekonomiką. Tai yra labai svarbu, nes žiedinėje ekonomikoje susidariusios nereikalingos atliekos gali būti paverstos į naujus produktus, taip pat žiedinėje ekonomikoje stengiamasi kuo ilgiau išlaikyti medžiagų, išteklių ir produktų vertę (Jusel ir Burinskienė, 2019). Ekologinis žemės ūkis – tai palanki žemės ūkio sistema, pagrįsta ekologiniais, ekonominiais ir socialiniais principais, palaikanti pusiausvyrą gamtoje, tausojanti gamtos išteklius, sintetines chemines medžiagas žemės ūkyje pakeičianti į natūralias priemones (Brazauskienė, 2004).

Tam, kad būtų padidintas agrokultūrų produktyvumas, besivystančiose ir išsivysčiusiose šalyse naudojama vis daugiau mineralinių trąšų (Chakraborty et al., 2017). Trąšos teikia mineralines ir maistines medžiagas (azotą,

fosforą, kalį ir pan.), kurios reikalingos augalams augti ir vystytis. Jungtinių Tautų maisto ir žemės ūkio organizacija nurodo, kad 2015 m. visame pasaulyje buvo sunaudota 110 mln. t azoto ir 48 mln. t fosforo trąšų (Gimondo, 2018).

Viena didžiausių problemų ta, kad dideli trąšų kiekiai išplaunami į vandenį, o tai sukelia eutrofikaciją. Eutrofikacija gali vykti ir kaip natūralus procesas, tačiau dažnai ją paskatina žmogaus veikla: nevalytų komunalinių atliekų patekimas į vandens telkinius, žemės ūkyje nesaikingai naudojamos trąšos, pramoninė oro tarša (dujų pavidalu į atmosferą patekusios cheminės medžiagos vėliau su krituliais patenka į dirvožemį). Į Kuršių marias vien tik Nemunas kasmet atplukdo maždaug 400 tūkst. t nešmenų, kuriose gausu maistinių medžiagų (azoto, fosforo, kalio ir pan.). Dėl to spartėja eutrofikacija, skatindama perteklinį vandens dumblių ir melsvabakterių žydėjimą (Rutkoviėnė ir Sabienė, 2008).

Kuršių mariose melsvabakterės žydi liepos–lapkričio mėnesiais, jose vyrauja *Aphanizomenon flos-aquae* melsvabakterės (Paldavičienė et al., 2009). *Aphanizomenon flos-aquae* sudėtyje randama vitaminų, pigmentų ir amino rūgščių. 10 g sausosios masės buvo rasta 5,0 mg askorbo rūgšties, 3,6 µg vitamino B7, 8,0 µg vitamino B12, 2,6 mg cholino, 1,0 µg folio rūgšties, 67,0 µg vitamino B6, 130,0 µg vitamino B5, 0,65 mg vitamino B3 ir 0,03 mg vitamino B1. Iš fotosintetinių pigmentų randama chlorofilų, kurių kiekis – 300 mg. 1 g dumblių sausosios masės randama 46 mg alanino, 38 mg arginino, 47 mg asparagino, 2 mg cisteino, 29 mg glicino, 9 mg histidino, 29 mg izoleucino, 52 mg leucino, 34 mg lizino, 25 mg metionio, 28 mg prolino, 29 mg serino, 32 mg treonino, 7 mg triptofano, 17 mg tirozino, 32 mg valino (Kay ir Barton, 1991). Taip pat šiuose dumbliuose randama įvairių riebalų rūgščių, tokių kaip lauro r., miristo r., tiristolio r., palmitino r., palmitoleino r., stearino r., oleino r., linolo r., arachidono r.,  $\alpha$ -linoleno r., beheno r. Be kita ko, randama ir vitamino E (Syrpas et al., 2018).

Fitoplanktono biomasę gana plačiai naudoja biodyzelio, biovandenilio, biodujų gamybai, maisto papildams (Simas-Rodrigues et al., 2015; Ghosh et al., 2017; Gonzalez-Fernandez ir Munoz, 2017).

Yra žinoma, kad kiekvienam žemės ūkio augalui reikalinga azoto (N) norma yra skirtinga. Priklausomai nuo laiko, kada augalai tręšiami, ir dirvožemio tipo, žieminių kviečių vidutinė azoto norma (jei tręšiama prieš sėją) yra 100 kg/ha, žieminiams rapsams reikiamas azoto kiekis yra 70 kg/ha, o sėjamųjų žirnių – 30–45 kg/ha (Janušauskienė, 2018; Svotas, 2009; Jodaugienė, 2014).

Nors ir yra atlikta tyrimų, kuriuose tiriama melsvabakterių įtaka augalams, jų augimo ir vystymosi procesams, tačiau pasaulyje fitoplanktono biomasę kaip biotrašą dėl jos nepakankamo ištirtumo bei įtakos augalų augimo ir vystymosi procesams vis dar retai naudojama. Visai neseniai buvo pasiūlyta idėja, kad melsvabakterės galėtų būti gyvybiškai svarbūs bioagentai ekologiškai atkuriant degraduojančias žemes (Singh, 2014). Taigi melsvabakterių biomasės kaip biotrašos poveikis augalams, augalų augimo ir vystymosi procesams pastaruoju metu tampa aktualus klausimas (Abinandan et al., 2019).

Būtina pabrėžti, kad Europos Sąjungoje, remiantis 2018 m. duomenimis, net 13,8 mln. ha sudaro ekologiniai ūkiai, t. y. 7,5 % nuo bendro žemės ūkio ploto. 2016–2017 m. į ES buvo įtraukta 5,9 % ekologinių ūkių, o 2017–2018 m. ekologinių ūkių padaugėjo 4,9 %. Taigi ekologinių ūkių plotas didėja. Lietuva negali pasigirti padidėjusiu ekologinių ūkių plotu ir apskritai nepatenka

tarp lyderiaujančių ES šalių, vienijančių ekologinių ūkių plėtrą (Lietuvoje ekologinių ūkių yra tik 8,1 %). Lyderiaujančios šalys yra Austrija (24,70 %), Estija (20,6 %), Švedija (20,20 %), Italija (15,5 %), Čekija (14,80 %) Latvija (14,5 %) ir Suomija (13,1 %) (Le Douarin, 2019).

Tyrimais siekiama nustatyti fitoplanktono biomasės kaip biotrašos įtaką žemės ūkio augalų augimo ir vystymosi procesams ir naudojimo galimybes šioms procesams valdyti.

Tyrimo tikslas – ištirti žemės ūkio augalų biocheminių ir biometrinių parametru pokyčius, augimo substratus papildžius skirtingais fitoplanktono biomasės kiekiais.

## Metodika

Tyrimai atlikti Gamtos tyrimų centro Augalų fiziologijos laboratorijoje. Paprastųjų kviečių (*Triticum aestivum* L.) žieminės veislės *Skagen*, sėjamųjų žirnių (*Pisum sativum* L.) *Astronaute*, sėjamųjų rapsų (*Brassica napus* L.) žieminės veislės *Visby* augalų sėklos buvo pasėtos į plastikinius 20 cm kraštinės ilgio vazonėlius su natūraliu dirvožemiu (velėninis rišlus priemėlis, pH 7,0–7,3, dirva pagal judriojo fosforo ir kalio kiekį yra didelio fosforingumo ir kalingumo). Prieš sėją dirvožemis nebuvo tręštas. Siekiant pagerinti fitoplanktono biomasės skaidymą ir biologiškai aktyvių medžiagų, reikalingų augalų mineralinei mitybai, atpalaidavimą, likus 14 d. iki sėjos, į dirvožemį buvo įterpta preparato *ProbioHumus* vandeninis tirpalas (1:100). *ProbioHumus* probiotinio inokulianto sudėtį sudaro *Bacillus subtilis*, mielės *Saccharomyces cerevisiae*, pieno rūgšties bakterijos *Bifidobacterium animalis*, *B. bifidum*, *B. longum*, *Lactobacillus diacetylactis*, *L. casei*, *L. delbrueckii*, *L. plantarum*, *L. lactis*, *Streptococcus thermophilus*, fototropinės bakterijos *Rhodopseudomonas palustris*, *R. sphaeroides*. Eksperimentas vykdytas dviem pakartojimais, į kiekvieną vazonėlį buvo sėjama po 20 sėklų. Substrato drėgmė buvo palaikoma laistant vandentiekio vandeniu. Augalai auginti kontroliuojamomis auginimo sąlygomis 30 parų, esant pastoviai  $21 \pm 1$  °C temperatūrai, taip pat esant  $60 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$  apšvietumui ir 16/8 h dienos–nakties fotoperioidui. Fitoplanktono biomasė buvo surinkta Kuršių mariose, kurios didžiąją dalį sudarė melsvabakterės *Aphanizomenon flos-aquae*. Fitoplanktonas, surinktas 2017 m. Kuršių mariose rugsėjo mėn., buvo rinktas rankiniu būdu, naudojantis sieteliu, vėliau išsunkta kuo daugiau vandens, o galutiniam etape fitoplanktono biomasė buvo liofilizuota žemos temperatūros su slėgiu sąlygomis. Tyrimo variantai: kontrolė, keturi skirtingi fitoplanktono biomasės kiekiai

(įterptas fitoplanktono kiekis, atitinkantis azoto (N) kiekį: 30; 60; 90; 120 kg/ha). Biometriniais metodais įvertinti kontroliuojamomis auginimo sąlygomis augusių augalų parametrai – antžeminės dalies aukštis, nustatyta žalioji ir sausoji masė. Įvertinti buvo išmatuotas kiekvieno pakartojimo atsitiktinai pasirinktų 20 augalų aukštis cm. Nupjovus augalą ir pasvėrus (kiekvienam pakartojimui po penkis augalus) analitinėmis svarstyklėmis (Kern ABT 120-4NM) nustatyta žalioji augalo masė gramais. Sausoji masė įvertinta džiovinant termostate (ZYLE) 80 °C temperatūros sąlygomis iki nekintamos masės. Biocheminiams tyrimams surinkti pavyzdžiai buvo netrukus užšaldyti ir laikomi –80 °C temperatūros sąlygomis šaldiklyje (Skadi Green line, Nyderlandai). Chlorofilams (*a* ir *b*) ir karotinoidams nustatyti imta žalių lapų bandinių kiekvienam tyrimų variantui po tris pakartojimus. Iš šių duomenų išvedamas vidutinis pigmentų kiekis viename grame žaliosios masės (Wellburn, 1994). Šie mėginiai keturias paras buvo ekstrahuojami N,N-dimetilformamidu, esant 4 °C temperatūrai, tamsoje. Nufiltruoto ekstrakto optinis tankis matuotas spektrofotometru (Analytik Jena SPECORD® 210 PLUS, Vokietija). Fotosintetinių pigmentų koncentracija apskaičiuota pagal šias formules:

$$\text{chlorofilui } a \quad C_a = 11,65 \times A_{664} - 2,69 \times A_{647};$$

$$\text{chlorofilui } b \quad C_b = 20,81 \times A_{647} - 4,53 \times A_{664};$$

$$\text{karotinoidams } C = \frac{1000 \times A_{480} - 0,89 \times C_a - 52,02 \times C_b}{245}.$$

Absorbicija matuota esant 480, 647, 664 nm bangų ilgiams (*A*).

Pigmentų kiekis žaliosios masės vienetu apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$A = ((C \times V) \times \text{skiedimų kartai}) / P \times 1000,$$

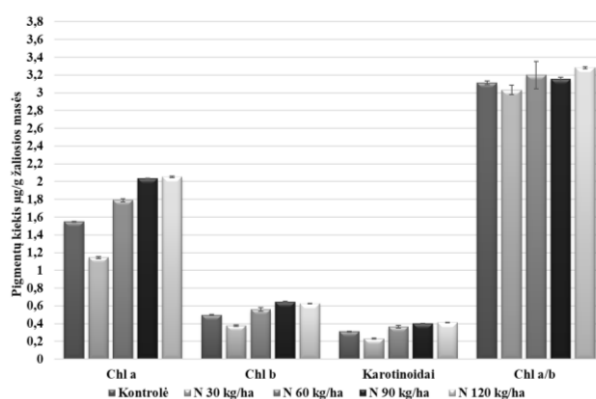
čia *A* – pigmentų kiekis mg/g žalios biomasės; *C* – koncentracija mg/l; *V* – pigmentų ištraukos tūris; *P* – panaudotos žaliosios masės svoris gramais.

Statistiniams skaičiavimams naudota *Microsoft Office Excel 2010* programa. Matavimų aritmetiniai vidurkiai, standartinės aritmetinio vidurkio paklaidos apskaičiuotos naudojant *Microsoft Office Excel 2010* statistikos (*Statistic descriptive*) funkcijas: AVERAGE (vidurkis), STDE (standartinė paklaida). Statistiškai reikšmingais skirtumais laikomos vertės, kai reikšmingumo lygmuo  $p < 0,05$ .

## Rezultatai ir jų analizė

Turint omenyje tai, kad nuo fotosintezės sistemos veiklos, jos produktų kiekio ir kokybės priklauso augalo au-

gimas, vystymasis ir kiti metabolitiniai procesai, taip pat tai, kad šios sistemos veiklą tiesiogiai gali veikti dirvožemio našumas ir tręšimo intensyvumas, eksperimentinių tyrimų metu buvo atlikti fotosintetinių pigmentų chlorofilų *a* ir *b*, *a/b* santykio, karotinoidų kiekio tyrimai (Kolomeychenko, 2005; Ramanauskas ir Jonušienė, 2013). Įterpus į augimo substratą skirtingą kiekį fitoplanktono biomasės, priklausomai nuo jos kiekio ir nuo analizuojamų augalų, išryškėjo poveikio skirtumai.



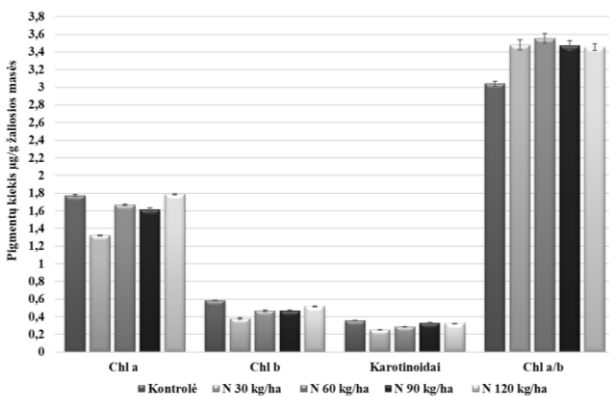
1 paveikslas. Fitoplanktono biomasės įtaka fotosintetinių pigmentų kiekiui sėjamojo rapsu lapuose

Didžiausią reikšmingą teigiamą įtaką rapsų augalų lapų chl *a* kiekiui turėjo tai, kad į augimo substratą buvo įterptas fitoplanktono biomasės kiekis, atitinkantis N normą 90 ir 120 kg/ha (1 pav.). Tręšiant fitoplanktono biomase, atitinkančia N 90 kg/ha, chl *a* kiekis rapsų lapuose buvo nustatytas  $2,03 \pm 0,005$  μg/g. Esant N 120 kg/ha, chl *a* kiekis buvo  $2,05 \pm 0,005$  μg/g, tokiu būdu, lyginant su kontroliniais augalais, chl *a* kiekis padidėjo apie 1,33 karto. Analogiška tendencija pastebėta, atlikus chl *b* matavimus. Sėjamųjų rapsų lapuose šio pigmento kiekis padidėjo iki 31 %, lyginant su kontroliniais augalais. Karotinoidų kiekiai kito panašiai kaip ir chl *a* ir *b* kiekiai, fitoplanktono biomasės įterpimas taip pat turėjo reikšmingą teigiamą įtaką jų kiekiui. Tokiu būdu, žinant, kad tinkamiausias fotosintezės procesui chlorofilo *a/b* santykis 3:1 (Šlapauskas ir Duchovskis, 2008), visais bandymų variantais jis buvo optimalus, o pats didžiausias santykis buvo augaluose, esant N 120 kg/ha, t. y. 3,28 (1 pav.).

Atliekant matavimus su kviečių augalais, paveiktais skirtingu fitoplanktono biomasės kiekiu, taip pat buvo nustatyti fotosintetinių pigmentų kiekio pokyčiai.

Kaip ir rapsų augalų lapuose, fitoplanktono biomasės kiekis kviečių lapų chl *a* kiekiui turėjo didžiausią neigiamą įtaką, atitinkantis N 30 kg/ha, t. y. buvo išma-

tuotas iki 25 % kiekio sumažėjimas, lyginant su kontroliniais augalais (2 pav.). Didinant biomasės kiekį kviečių augimo substrate, chl *a* kiekis svyravo neviršijant paklaidų, lyginant su kontroliniais augalais, ir minėto pigmento kiekiui neturėjo reikšmingos įtakos. Tokia pati tendencija buvo pastebėta, išanalizavus chl *b* ir karotinoidų kiekio pokyčius. Nepaisant to, kad visų analizuotų pigmentų kiekiai nedaug sumažėjo, labai pasikeitė chl *a/b* santykis – kontroliniuose augaluose buvo nustatytas 3,03 ir išaugo iki 3,5. Taigi, įvertinus gautus biocheminių ir biometrinių parametru duomenis – chlorofilų *a* ir *b* santykį, akivaizdų antžeminės augalo dalies aukščio didėjimą, taip pat sausosios masės kaupimą (žr. 5, 8 pav.), galima suformuoti prielaidą, kad fitoplanktono biomasės kiekis, atitinkantis N 120 kg/ha, augalo augimui turėjo reikšmingą teigiamą įtaką.

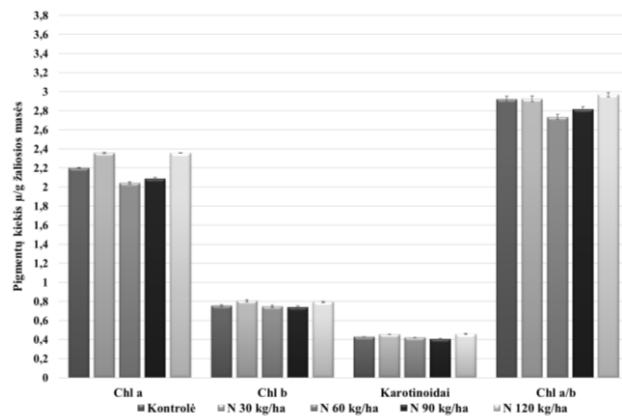


2 paveikslas. Fitoplanktono biomasės įtaka fotosintetinių pigmentų kiekiui paprastojo kviečio lapuose

Paveikus skirtingais fitoplanktono biomasės kiekiais žirnių augalus, lapų fotosintetinių pigmentų analizė parodė, kad didžiausią statistiškai patikimą neigiamą įtaką chl *a* kiekiui turėjo fitoplanktono biomasės kiekis, atitinkantis N 60 ir 90 kg/ha. Žirniuose, įterpus N 60 kg/ha, nustatytas 8 % chl *a* sumažėjimas, o įterpus N 90 kg/ha chl *a* sumažėjo 5 % (3 pav.).

Įterpiant N 30 ir 120 kg/ha, chl *a* kiekis reikšmingai padidėjo, lyginant su kontroliniais augalais. Kontrolinių lapų mėginiuose buvo nustatytas chl *a* kiekis  $2,20 \pm 0,0005 \mu\text{g/g}$ , po poveikio fitoplanktono biomase N 30 kg/ha bei N 120 kg/ha –  $2,20 \pm 0,0005 \mu\text{g/g}$ ,  $2,36 \pm 0,016 \mu\text{g/g}$  atitinkamai. Iš pateikto grafiko matyti, kad chl *b* ir karotinoidų kiekis kiek padidėjo, įterpus visus eksperimento plane numatytus fitoplanktono biomasės kiekius, taip pat išlieka toks pat chl *a* ir *b* santykis, lyginant su kontroliniais augalais, įterpiant N 30 kg/ha ir 120 kg/ha. Smarkiai sumažėjo minėti parametrai, įter-

piant fitoplanktono biomasės kiekius, atitinkančius N 60 ir N 90 kg/ha (3 pav.).

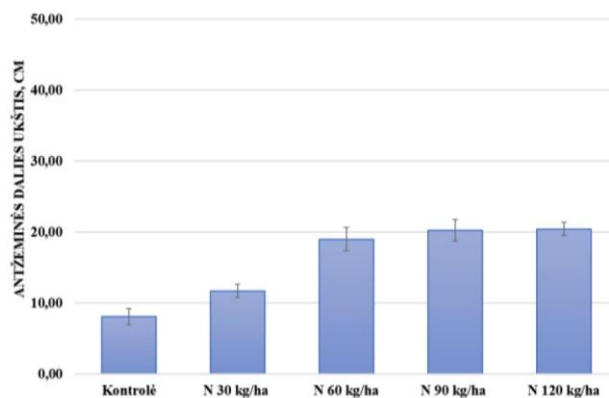


3 paveikslas. Fitoplanktono biomasės įtaka fotosintetinių pigmentų kiekiui sėjamojo žirnio lapuose

Apskritai gauti rezultatai leidžia manyti, kad fitoplanktono biomasės įterpimas į analizuojamų augalų augimo substratą yra naudingas fotosintetiniam aparatui formuoti, chlorofilo *a/b* santykiui palaikyti, nes užtikrina efektyvią fotosintetinės sistemos veiklą, kuri atsispindi augalų augimo ir vystymosi procesuose.

Autoriai nurodo, kad kai augalo augimo substrate yra pakankamas maistinių medžiagų kiekis, didesnė asimiliantų dalis tenka augimo procesui, t. y. nukreipiama augimui palaikyti (ar net spartinti) (Šlapakauskas ir Kučinskas, 2008). Todėl, norint atskleisti augalo augimo tempą, vienas iš biometrinių parametru yra antžeminės dalies aukščio pokyčių analizė.

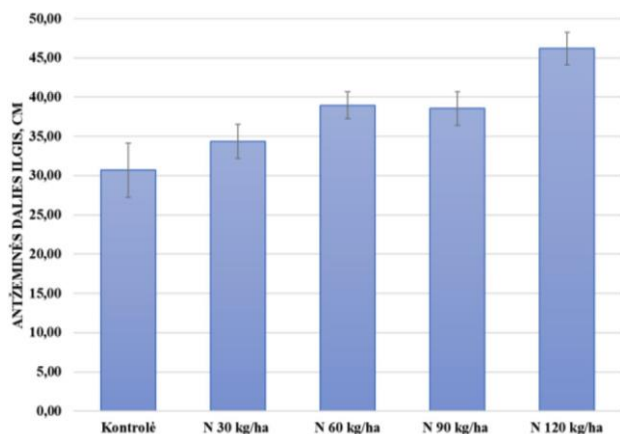
Analizuojant rapsų antžeminės dalies aukščio pokytį, galima konstatuoti, kad, didinant fitoplanktono biomasės kiekį augimo substrate, ilgėjo ir antžeminė dalis (4 pav.).



4 paveikslas. Fitoplanktono biomasės įtaka sėjamojo rapsų antžeminės dalies aukščiui

Įterpus N 30 kg/ha į rapsų augimo substratą, antžeminė dalis pailgėjo 1,45 karto, kituose bandymo variantuose, didinant fitoplanktono biomasės kiekį, antžeminės dalies aukštis išlieka apie 2,5 karto didesnis nei kontrolinių augalų.

Taip pat analogiškai duomenys buvo gauti išanalizavus kviečio antžeminės dalies ilgio pokyčius po poveikio skirtingais fitoplanktono biomasės kiekiais (5 pav.)

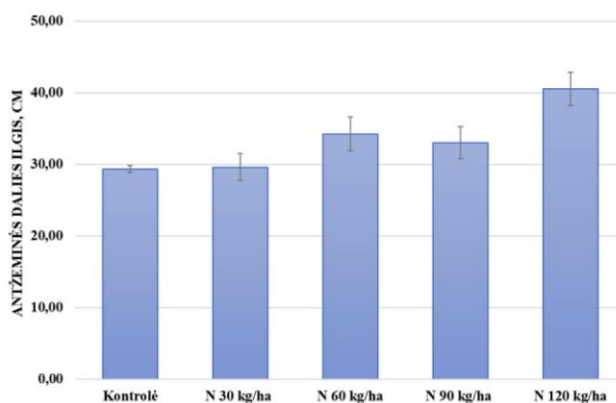


5 paveikslas. Fitoplanktono biomasės įtaka paprastojo kviečio antžeminės dalies aukščiui

Į kviečio augimo substratą įterpus fitoplanktono biomasės kiekį, atitinkantį N 30 kg/ha, antžeminės dalies aukštis statistiškai patikimai nepakito. Įterpus N 60 kg/ha, augalo antžeminės dalies aukštis siekė  $38,97 \pm 1,72$  cm, t. y. patikimai padidėjo 27 %, lyginant su kontroliniais augalais. Augimo substrate padidinus fitoplanktono biomasės kiekį du kartus (N 60 kg/ha), kviečio antžeminė dalis, lyginant su kontroliniais augalais, pailgėjo 22 %. Įterpus N 120 kg/ha, buvo nustatytas didžiausias augalo antžeminės dalies aukščio padidėjimas, t. y. kviečiai buvo apie 50 % ilgesni nei kontroliniai augalai.

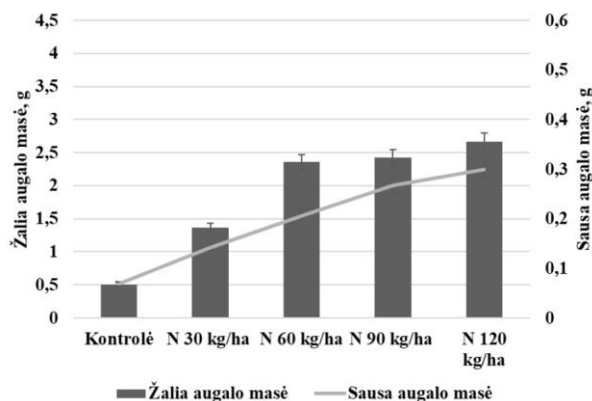
Po poveikio skirtingais fitoplanktono kiekiais, sėjamojo žirnio antžeminės dalies aukščio pokyčiai buvo nustatyti ne tokie aivaizdūs, palyginti su kitais augalais. Didžiausias teigiamas poveikis buvo nustatytas, įterpus fitoplanktono biomasės kiekį, atitinkantį N 120 kg/ha, nes, palyginti su kontroliniais augalais, žirnio antžeminės dalies aukštis padidėjo iki 38 % (6 pav.).

Augalo sausosios medžiagos pokyčiai parodo, kaip efektyviai yra pasisavinamos maistinės medžiagos iš augimo substrato bei kaip intensyviai fotosintezės metu fiksuojamas CO<sub>2</sub> ir sintetinami angliavandeniai (Taub, 2010; Hofius ir Bornke, 2007).



6 paveikslas. Fitoplanktono biomasės įtaka sėjamojo žirnio antžeminės dalies aukščiui

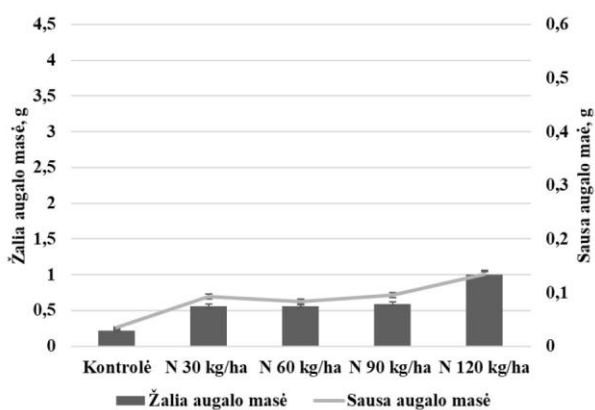
Įvertinus skirtingų fitoplanktono biomasės kiekių poveikį sėjamojo rapsų žaliosios ir sausosios masės kaupimuisi, nustatyta, kad visais bandymo variantais fitoplanktono biomasė turėjo teigiamą įtaką abiejų masių didėjimui (7 pav.).



7 paveikslas. Fitoplanktono biomasės įtaka sėjamojo rapsų žaliajai ir sausajai masei

Pokyčiai buvo skirtingi ir nevienodo intensyvumo. Įterpus į augimo substratą fitoplanktono biomasės kiekį, atitinkantį N 30 kg/ha, rapsų žalioji masė buvo  $1,36 \pm 0,82$  g, t. y. padidėjo 2,7 karto, palyginti su kontroliniais augalais. Įterpus N 60 kg/ha, augalo žalioji masė buvo  $2,35 \pm 0,03$  g, N 90 kg/ha ir 120 kg/ha rapsų žalioji masė išaugo nedaug ir nustatyti pokyčiai buvo nereikšmingi. Išmatavus augalo sausąją masę, paaiškėjo, kad ji didėjo, augimo substrate didinant fitoplanktono biomasės kiekį. Didžiausia rapsų sausa masė buvo nustatyta įterpus fitoplanktono biomasės kiekį, atitinkantį N 120 kg/ha.

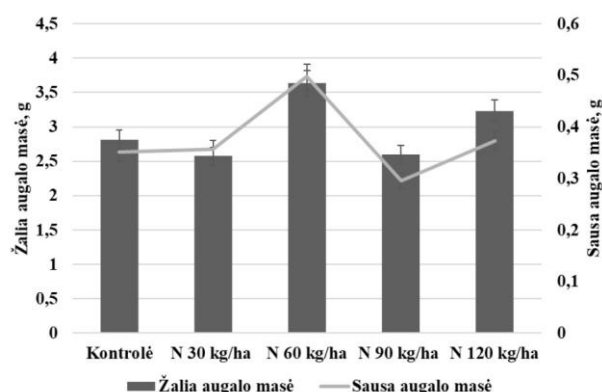
Įvertinus fitoplanktono biomasės įtaką kviečio žaliajai masei, paaiškėjo, kad įterpus N 30 kg/ha, N 60 kg/ha, N 90 kg/ha, ji padidėjo du kartus, palyginti su kontroliniais augalais, lyginant skirtingų bandymų variantus tarpusavyje, masės pokytis buvo neesminis. Visgi didžiausią teigiamą įtaką žalios masės prieaugiui turėjo N 120 kg/ha, kai augalo žalioji masė padidėjo 4,7 karto, lyginant su kontroliniais augalais. Būtina pabrėžti, jog po poveikio skirtingu fitoplanktono biomasės kiekiu, kviečio sausoji masė taip intensyviai nedidėjo kaip žalioji masė. Visgi visi bandymuose įterpti skirtingi fitoplanktono biomasės kiekiai reikšmingai padidino sausąją masę, o didžiausias teigiamas poveikis buvo nustatytas, įterpus N 120 kg/ha, padidėjo 4,5 karto lyginant su kontroliniais augalais (8 pav.).



8 paveikslas. Fitoplanktono biomasės įtaka paprastojo kviečio žaliajai ir sausajai masei

Gauti rezultatai, atliekant eksperimentinius tyrimus su sėjamojo žirnio augalais, paveikus juos skirtingais fitoplanktono biomasės kiekiais, parodė nevienareikšmę fiziologinę augalų reakciją. Žinant, kad sėjamojo žirnio normaliam vystymuisi ir produktyvumo elementų formavimuisi optimalus azoto kiekis sintetinėse trašose turi būti 30–45 kg/ha (Janušauskienė, 2018), įterptas fitoplanktono biomasės kiekis, atitinkantis N 30 kg/ha, neturėjo reikšmingos įtakos sėjamojo žirnio augalų žaliajai ir sausajai masei (9 pav.). Didžiausią įtaką minėtiems rodikliams turėjo fitoplanktono biomasės kiekis, atitinkantis N 60 kg/ha. Buvo nustatyta žalioji masė  $3,64 \pm 0,07$  g, sausoji masė –  $0,50 \pm 0,03$  g. Taip pat abiejų masių padidėjimui teigiamą įtaką turėjo įterptas biomasės kiekis, atitinkantis N 120 kg/ha (žalioji masė  $3,23 \pm 0,05$  g, o sausoji masė  $0,37 \pm 0,003$  g). Žirnių augimo substrate įterptas fitoplanktono biomasės kiekis, atitinkantis N 30 kg/ha ar 60 kg/ha,

neturėjo reikšmingos įtakos žaliosios ir sausosios masės kaupimui.



9 paveikslas. Fitoplanktono biomasės įtaka sėjamojo žirnio žaliajai ir sausajai masei

Apskritai, vertinant gautą biocheminių ir biometriinių parametrų sėjamojo žirnio augalams po poveikio skirtingais fitoplanktono kiekiais rezultatus, nebuvo nustatyta konkretaus fitoplanktono biomasės kiekio, turinčio esminę įtaką augalo augimo ir vystymosi procesams.

Turint omenyje tai, jog fitoplanktono biomasėje yra įvairių bioaktyviųjų medžiagų, augalai nevienareikšmiškai reagavo į jos priedą augimo substrate. Analizuojant biometrinių ir biocheminių parametrų pokyčius, gautus įterpus skirtingus fitoplanktono biomasės kiekius į sėjamojo rapso, paprastojo kviečio ir sėjamojo žirnio augimo substratus, susiformuoja nuomonė apie galimą fitoplanktono biomasės naudojimą augalų augimo substratui praturtinti mineralinėmis ir kitomis bioaktyviosiomis medžiagomis.

## Išvados

1. Kuršių marių fitoplanktono biomasės priedas, dedamas į augimo substratą, turėjo įtakos kontroliuojamomis augimo sąlygomis auginamam sėjamojo rapso, paprastojo kviečio, sėjamojo žirnio augimo ir vystymosi procesams.

2. Fitoplanktono biomasės kiekiai, atitinkantys N 90 kg/h ir N 120 kg/h, didžiausią teigiamą įtaką turėjo sėjamojo rapso fotosintetinių pigmentų kiekio padidėjimui, antžeminės dalies aukščiui bei žaliosios ir sausosios masės kaupimui.

3. Fitoplanktono biomasės kiekiai, atitinkantys N 30 kg/ha, N 60 kg/ha, N 90 kg/ha, N 120 kg/ha, turėjo įtakos paprastojo kviečio fotosintetinei sistemai. Patikimai mažino chlorofilo *a* kiekį, o visais analizuojamais

atvejais chlorofilo *a* ir *b* santykis buvo didesnis nei kontroliuose augaluose. Toks santykis paskatino augalo antžeminės dalies aukščio padidėjimą, žaliosios ir sausosios medžiagos kaupimą, ypač įterpus fitoplanktono biomasės kiekį, atitinkantį N 120 kg/ha.

4. Skirtingi fitoplanktono biomasės kiekiai darė nevienareikšmę įtaką sėjamojo žirnio fotosintetinei sistemai, antžeminės dalies aukščiui, žaliosios ir sausosios masės kaupimui.

5. Fitoplanktono biomasė gali būti naudojama kaip sintetinių trąšų alternatyva žemės ūkio augalų augimo ir vystymosi procesams valdyti.

## Padėkos

Dėkojame Gamtos tyrimų centro Augalų fiziologijos ir Algologijos bei mikroorganizmų ekologijos laboratorijų kolektyvams už pagalbą atliekant eksperimentinius tyrimus.

## Literatūra

- Abinandan, S., Subashchandrabose, S. R., Venkateswarlu, K., & Megharaj, M. (2019). Soil microalgae and cyanobacteria: the biotechnological potential in the maintenance of soil fertility and health. *Critical Reviews in Biotechnology*, 39(8), 981–998. <https://doi.org/10.1080/07388551.2019.1654972>
- Brazauskienė, D. M. (2004). *Agroekologija ir chemija*. Kaunas.
- Chakraborty, S., Tiwari, P. K., Sasmal, S. K., Misra, A. K., & Chattopadhyay, J. (2017). Effects of fertilizers used in agricultural fields on algal blooms. *European Physical Journal Special Topics*, 226, 2119–2133. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2017-70031-7>
- Ghosh, R., Bhadury, P., & Debnath, M. (2017). Characterization and screening of algal strains for sustainable biohydrogen production: primary constraints. In A. Singh, & Rathore, D. (Eds.), *Biohydrogen production: sustainability of current technology and future perspective* (pp. 115–146). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-3577-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-81-322-3577-4_6)
- Gimondo, J. A. (2018). *The horticultural potential of wastewater-grown algae fertilizers* [Graduate Theses and Dissertations]. Iowa State University.
- Gonzalez-Fernandez, C., & Munoz, R. (2017). *Microalgae-based biofuels and bioproducts: from feedstock cultivation to end-products*. Woodhead Publishing.
- Hofius, D., & Bornke, F. A. J. (2007). Photosynthesis, carbohydrate metabolism and source–sink relations. *Potato Biology and Biotechnology*, 257–285. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-51018-1/50055-5>
- Janušauskienė, D. (2018). Optimalus žirnių tręšimas. *Mano ūkis*. <https://www.manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2018/04/optimalus-zirniu-tresimas/>
- Jodaugienė, D. (2014). *Maisto medžiagų, išnešamų iš dirvožemio su auginamų pagrindinių lauko augalų ir žolynų derliumi, kiekio dinamikos tyrimai* (Žemės ūkio, maisto ūkio ir žuvininkystės mokslinių tyrimų ir taikomosios veiklos prog-

rama „aplinkosauga ir ekologija“). Aleksandro Stulginskio universitetas.

- Jusel, T. ir Burinskienė, A. (2019). Perėjimas prie žiedinės ekonomikos: stabdančių ir skatinančių veiksnių sąveika mikro-, mezo- ir makrolygmenimi. *Mokslas – Lietuvos ateitis*, 11, 1–12. <https://doi.org/10.3846/mla.2019.9633>
- Kay, R. A., & Barton, L. L. (1991). Microalgae as food and supplement. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 30(6), 555–573. <https://doi.org/10.1080/10408399109527556>
- Kolomeychenko, V. V. (2005). *Utilisation of photosynthetic active radiation by grasslands in time and in space* (XX International Grassland Congress. Offered papers). Wageningen Academic Publishers.
- Le Douarin, S. (2019). *Organic farming and marketing in the European Union*. International publications by Agence BIO.
- Paldavičienė, A., Mazur-Marzec, H., & Razinkovas, A. (2009). Toxic cyanobacteria blooms in the Lithuanian part of the Curonian Lagoon. *Institute of Oceanology PAS*, 51(2), 203–216. <https://doi.org/10.5697/oc.51-2.203>
- Ramanauskas, A. ir Jonuškienė, I. (2013). Antrinių metabolitų kitimo įvertinimas vaistiniuose augaluose ir vaistinio šalavijo (*Salvia officinalis* L.) auginimo *in vitro* optimizavimas. *Cheminė technologija*, 2(64), 28–34. <https://doi.org/10.5755/j01.ct.64.2.6021>
- Rutkoviienė, V. M. ir Sabienė, N. (2008). *Aplinkos tarša: mokomoji knyga*. Akademija.
- Simas-Rodrigues, C., Villela, H. D. M., Martins, A. P., Marques, L. G., Colepicolo, P., & Tonon, A. P. (2015). Microalgae for economic applications: advantages and perspectives for bioethanol. *Journal of Experimental Botany*, 66, 4097–4108. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv130>
- Singh, J. S. (2014). Cyanobacteria: a vital bio-agent in eco-restoration of degraded lands and sustainable agriculture. *Climate Change and Environmental Sustainability*, 2, 133–137.
- Syrpas, M., Bukauskaitė, J., Paškauskas, R., Bašinskienė, L., & Venskutonis, P. R. (2018). Recovery of lipophilic products from wild cyanobacteria (*Aphanizomenon flos-aquae*) isolated from the Curonian Lagoon by means of supercritical carbon dioxide extraction. *Algal Research*, 35, 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.08.006>
- Svotas, R. (2009). *Skystųjų specialiųjų trąšų su organiniais priedais tyrimas* [Magistro baigiamasis darbas]. Lietuvos žemės ūkio universitetas.
- Šlapakauskas, V. ir Duchovskis, P. (2008). *Augalų produktyvumas: vadovėlis aukštųjų mokyklų studentams*. IDP Soliutions.
- Šlapakauskas, V. ir Kučinskas, J. (2008). *Augalų mityba: vadovėlis agronomijos magistratūros studentams*. IDP Soliutions.
- Taub, D. R. (2010). Effects of rising atmospheric concentrations of carbon dioxide on plants. *Nature Education Knowledge*, 3(10), 21.
- Wellburn, A. R. (1994). The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology*, 144, 307–313. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)81192-2](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81192-2)

## POSSIBILITIES OF USING ALGAE BIOMASS AS A BIOFERTILIZER TO CONTROL GROWTH AND DEVELOPMENT PROCESSES OF AGRICULTURAL PLANTS

J. Jankauskienė, K. Buzytė, R. Paškauskas

### Summary

The agricultural sector has an important role to play in achieving the objectives of the European Union's green course. The abundant use of artificial (industrial) soluble nitrogen fertilizers has resulted in a significant increase in nitrate concentration in natural waters. Large amounts of fertilizers are leached into marine waters, which subsequently causes excessive algal growth. The process can be reversed by dealing with the problem consistently, i.e. controlling urban water treatment plants, cleaning domestic, industrial and agricultural wastewater and reducing the use of synthetic fertilizers in agriculture to minimum. Possibilities of using the phytoplankton biomass as a

green fertilizer have been little studied so far. For the experimental research, three of the most frequently cultivated agricultural crops in Lithuania were selected: common wheat (*Triticum aestivum* L.), the pea (*Pisum sativum* L.) and rapeseed (*Brassica napus* L.). Different amount of the lyophilized phytoplankton biomass collected from the Curonian Lagoon were added to a plant growth substrate. In order to evaluate the effect of phytoplankton as an alternative to synthetic fertilizers on the growth and development processes of the chosen plants, we made an analysis of their biometric parameters – changes in the above-ground height and the fresh and dry weight – as well as of the content and ratio of the photosynthetic pigments chl *a*, chl *b* and the content of carotenoids. The study has shown that phytoplankton biomass can be used as a biostimulator in crop production and help deal with the problem of water quality by promoting alternative fertilization methods and reducing the use of synthetic fertilizers in agriculture.

**Keywords:** phytoplankton, eutrophication, biofertilizer, photosynthesis, plant growth and development.