

ELEKTROMAGNETINIO LAUKO IR BAKTERIJŲ ĮTAKA VASARINIŲ KVIEČIŲ BIOMETRINIAMS PARAMETRAMS

Martynas LAZAUSKAS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Agronomijos fakultetas,
el. paštas: martynas.lazauskas@vdu.lt

Santrauka

Didėjant maisto paklausai, ieškoma būdų, kaip padidinti įvairių augalų derlingumą. Vienas iš būdų yra elektromagnetinio lauko (EML) naudojimas, kuris skatintų greitesnį augalų antžeminės dalies ir šaknų augimą, didesnius chlorofilo ir azoto koncentracijos kiekius lapuose, nustačius tinkamo galingumo ir trukmės elektromagnetinį lauką. Kitas būdas yra *Bacillus* spp. naudojimas, kaip augalų augimą skatinančios rizobakterijos. Tyrime tirta, kaip vasariniai kviečiai „Hamlet“ reaguoja sėklas paveikus 24 val. EML, naudojant *Bacillus toyonensis*, *Bacillus megaterium* ir *Bacillus Licheniformis* ir naudojant EML ir bakterijų derinius. Tirtas poveikis augalų biometriniais rodikliais (asimiliaciniam lapų plotui, antžeminės ir šaknų masėms) ir poveikis chlorofilo ir azoto koncentracijoms lapuose. Lapų plotas matuotas „Win Dias 3“ programa, chlorofilo koncentracija lapuose – MC-100 prietaisu, o azoto kiekis matuotas „PlantPen“ matuokliu. Tyrimų duomenys apdoroti statistškai naudojantis paketo SELEKCIJA programa DISVEG ir esminiai skirtumai ($P < 0,05$) pažymėti skirtingomis abėcėlės raidėmis. Didžiausi rezultatai bendrai gauti naudojant EML ir bakterijų derinius. Atskirai lyginant tik EML naudojimą, matoma, kad naudojant EML rezultatai yra neesmingai, tačiau didesni negu nenaudojant EML, išskyrus azoto koncentracijos lapuose rezultatą, kuris buvo esminis.

Reikšminiai žodžiai: *Bacillus toyonensis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus licheniformis*, EML, vasariniai kviečiai.

Įvadas

Didėjant žmonių populiacijai, didėja ir maisto poreikis. Mokslininkų atliktos analizės rodo, kad maisto paklausa pasaulyje 2010–2050 m. laikotarpiu pakils nuo 35 iki 56 proc. (Van Dijk et al., 2021). Tam, kad būtų galima užauginti pakankamą maisto kiekį, viena iš išeikių yra dirbamos žemės plotų didinimas. Pagal Oficialiosios statistikos departamento duomenis (2023), Lietuvoje ariamos žemės ir pasėlių plotai nežymiai didėja, bet vien to sparčiai didėjančiam maisto poreikiui neužtektų. Tam, kad būtų galima pasiekti didesnį derlių, reikėtų pradėti galvoti, kaip efektyviai ir ekologiškai gauti didesnį derlingumą iš jau esamų dirbamųjų plotų ir viena iš išeikių galėtų būti įvairių bakterijų naudojimas ir sėklų paveikimas elektromagnetinėmis bangomis (EML).

Pastaruoju metu vasariniai kviečiai yra trečioje iš daugiausiai auginamų grūdinių augalų Lietuvoje (Oficialiosios statistikos departamentas). Daugelio augalų sėklų daigumas ir ankstyvas daigų augimas yra vieni svarbiausių augimo tarpinių, kadangi tuo metu augalai labiausiai reaguoja į įvairų stresą (Shah et al., 2017). Nemažai straipsnių yra apie tai, kaip paveikimas EML padidina augalų chlorofilo kiekį, reikšmingai padidina lapų plotą, daigumą, augalų augimo greitį. Tiesa, tai ir priklauso nuo to, kiek laiko, kokio stiprumo lauku ir kokie augalai yra paveikiami (Dziwulska-Hunek et al., 2020). Pagal P. Faeghi ir N. Sayedpour (2013) atliktą tyrimą, trumpalaikis poveikis elektromagnetinėmis bangomis padidino kviečių sėklų daigumą, daigelių aukštį ir masę, tačiau paveikus 20 sekundžių ilgiau EML, rezultatai gauti mažesni už kontrolę.

Dėl įvairių pesticidų ir trąšų neigiamų poveikių žmonėms ir aplinkai yra ieškoma ekologiškesnių alternatyvų. Viena iš tokių gali būti *Bacillus* spp. naudojimas. Šios grupės bakterijos pasižymi pasėlių gerinimu tiesioginiu ir netiesioginiu būdu per azoto fiksavimą, savybę tirpinti fosforą ir kalį, įvairių fitohormonų gamybą. Taip pat *Bacillus* spp. pasižymi kaip suteikiantis atsparumą ligoms, gerinantis dirvožemio struktūrą ir netoksiškas (Khan et al., 2022).

Tyrimo tikslas – nustatyti ir įvertinti elektromagnetinių bangų ir skirtingų bakterijų poveikį vasarinių kviečių biometriniais rodikliais, chlorofilo ir azoto koncentracijų kiekiams lapuose.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Įvertinti elektromagnetinio lauko ir bakterijų įtaką vasarinių kviečių biometriniais rodikliais.
2. Nustatyti elektromagnetinio lauko ir bakterijų įtaką chlorofilo ir azoto kiekiams vasarinių kviečių lapuose.

Tyrimų objektas ir metodai

Laboratorinis eksperimentas atliktas Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos šiltnamyje 2024 m. Dalis vasarinių kviečių (*Triticum aestivum*) sėklų visų pirma buvo paveikta EML 24 val., o vėliau sėklos sudaigintos ir perkeltos toliau augti į vegetacinius indus 1000 cm³ talpos. Kiekviename inde buvo sėta po 6 sėklas 4 cm gylyje. Po to į 24 vegetacinius indus buvo įterpta $5 \cdot 10^7$ skirtingų bakterijų juos palaistant 50 ml vandens. Vegetaciniuose induose naudota kompostinė žemė. Žemės charakteristika: pH 6,0+-1, C_(org) 48 % +-10 %, N_(sum) 0,5 %+-75 % s. m., P₂O₅ 0,04 %+-7 5% s. m., K₂O 0,06 %+-75 % s. m. N(CAT) - 140 mg l⁻¹+-75 %, P₂O₅ (CAT) 160 mg l⁻¹+-75 %, K₂O(CAT) 180 mg l⁻¹+-75 %. Laboratorinio eksperimento metu augalai mėnesį buvo aprūpinami pilnai jiems reikalingu vandens kiekiu, o vėliau vandens kiekis buvo ribojamas. Papildomų tręšimų ir purškimų nebuvo daryta, šiltnamyje buvo taikomas dienos (14 val.) ir nakties (10 val.) režimas, temperatūra tyrimo metu svyravo nuo 18 iki 24 °C, santykinė drėgmė 60–65 %.

Tyrimo objektas – vasarinių kviečių biometriniai rodikliai naudojant skirtingas bakterijas ir paveikiant bei nepaveikiant sėklas elektromagnetinėmis bangomis.

A veiksnys – Elektromagnetinis laukas (EML): 1. Nenaudota EML. 2. 24 val. naudota EML. B veiksnys – Bakterijų naudojimas: 1. Be bakterijų. 2. *Bacillus toyonensis*. 3. *Bacillus licheniformis*. 4. *Bacillus megaterium*.

Eksperimentas atliktas 4 pakartojimais, iš viso 8 variantai, 32 vegetaciniai indai.

Biometriniai rodikliai. Lapų asimiliacinis plotas matuotas matuokliu „Win Dias 3“. Šaknų ir antžeminės dalies ėminiai sverti joms pilnai išdžiūvus. Kviečiai tuo metu buvo pasiekę BBCH 52-56 tarpsnius.

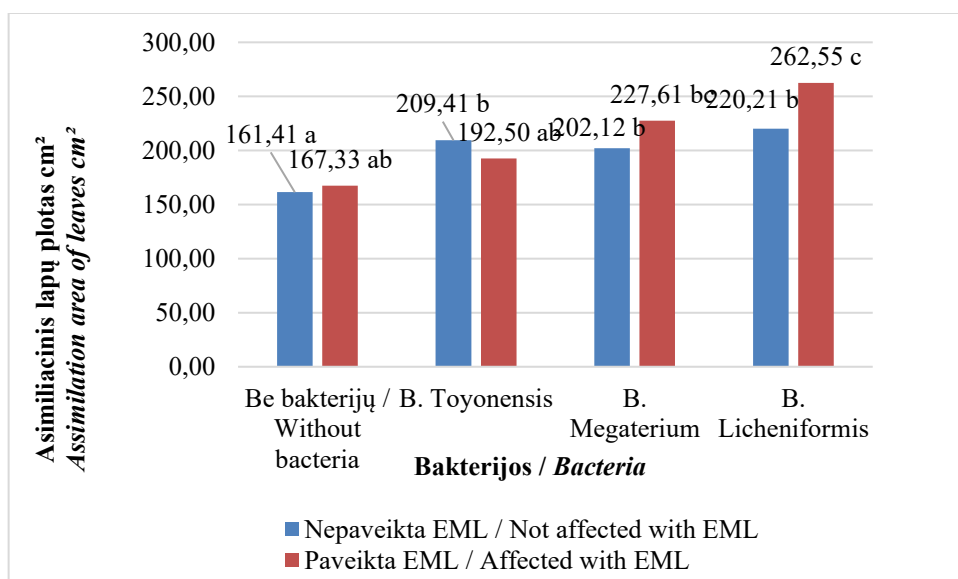
Chlorofilo koncentracijos matavimas. Chlorofilo koncentracija lapuose buvo matuojama naudojantis MC-100 prietaisu. Matuota iš kiekvieno pakartojimo po 20 kartų ir išvestas vidurkis.

Azoto koncentracijos matavimas. Azoto koncentracija lapuose buvo matuojama „PlantPen“ prietaisu. Matuota po 30 kartų iš kiekvieno pakartojimo ir išvestas vidurkis.

Tyrimo duomenų statistinis įvertinimas. Laboratorinio eksperimento duomenys statistškai įvertinti dvifaktoriinės dispersinės analizės metodu naudojant DISVEG programą iš statistinės programinės įrangos paketo SELEKCIJA (Tarakanovas, Raudonius, 2003). Tirti esminiai skirtumai esant 95 % tikimybės lygmeniui.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Atlikus eksperimentą nustatyta, kad elektromagnetinių bangų naudojimas esminės įtakos neturėjo, o įvairių bakterijų naudojimas turėjo esminę įtaką vasarinių kviečių asimiliaciniam lapų plotui, lyginant su augalais, kurie nebuvo paveikti EML ir bakterijomis (žr. 1 pav.). Didžiausias asimiliacinis lapų plotas buvo užfiksuotas variante, kuriame buvo naudota EML ir *B. licheniformis* (262,55 cm²), ir jis esmingai skyrėsi nuo visų kitų variantų, išskyrus EML su *B. megaterium* variantą. Lyginant šį didžiausią rezultatą su mažiausiu (161,41 cm²), kuriame nebuvo naudota EML ir bakterijos, galima matyti, kad EML ir *B. licheniformis* derinio naudojimas lapų asimiliacinį plotą padidino 62,66 proc. Iš gautų rezultatų galima matyti, kad bakterijų naudojimas turėjo esminių skirtumų, lyginant su kontrole (variantas, kuriame nenaudota bakterijos ir EML), tačiau, lyginant tarp pačių bakterijų, esminių skirtumų nebuvo. Esminių skirtumų tarp variantų, kuriuose buvo naudojama bakterijos su EML ir be EML, nebuvo (išskyrus naudojant su *B. licheniformis*), bet EML naudojimas asimiliacinį lapų plotą šiek tiek padidino, išskyrus naudojant kartu su *B. toyonensis*, kur vidurkis buvo mažesnis už variantą, kur naudota tik *B. toyonensis*.



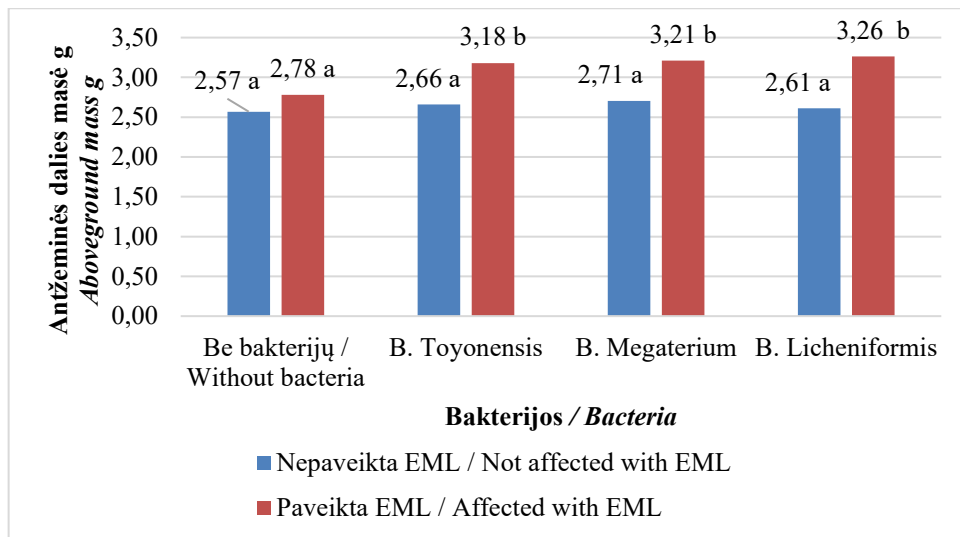
Pastaba: esminiai skirtumai ($P < 0,05$) tarp vidurkių sužymėti skirtingomis mažosiomis abėcėlės raidėmis

Note: differences between treatments marked with different letters (a,b,c) are significant at 95 % probability level ($P < 0,05$)

1 pav. Elektromagnetinių bangų ir įvairių bakterijų įtaka vasarinių kviečių asimiliaciniam lapų plotui

Fig. 1. Electromagnetic field and various bacteria influence on spring wheat leaves assimilation area

Analizuojant vasarinių kviečių antžeminės dalies masės rezultatus išsiskiria bakterijų ir EML derinių rezultatai (žr. 2 pav.). Panaudojus EML kartu su bakterijomis *B. toyonensis*, *B. megaterium* ir *B. licheniformis*, jų deriniai turėjo esminių skirtumų, lyginant su kitais. Didžiausia masė nustatyta EML ir *B. licheniformis* (3,26 g) ir tai yra 27 proc. didesnė masė, lyginant su kontrole (be EML ir bakterijų). Vasarinius kviečius paveikus tik bakterijomis, esminių skirtumų tarp jų ir kur bakterijos nenaudotos nebuvo.



Pastaba: esminiai skirtumai ($P < 0,05$) tarp vidurkių sužymėti skirtingomis mažosiomis abėcėlės raidėmis

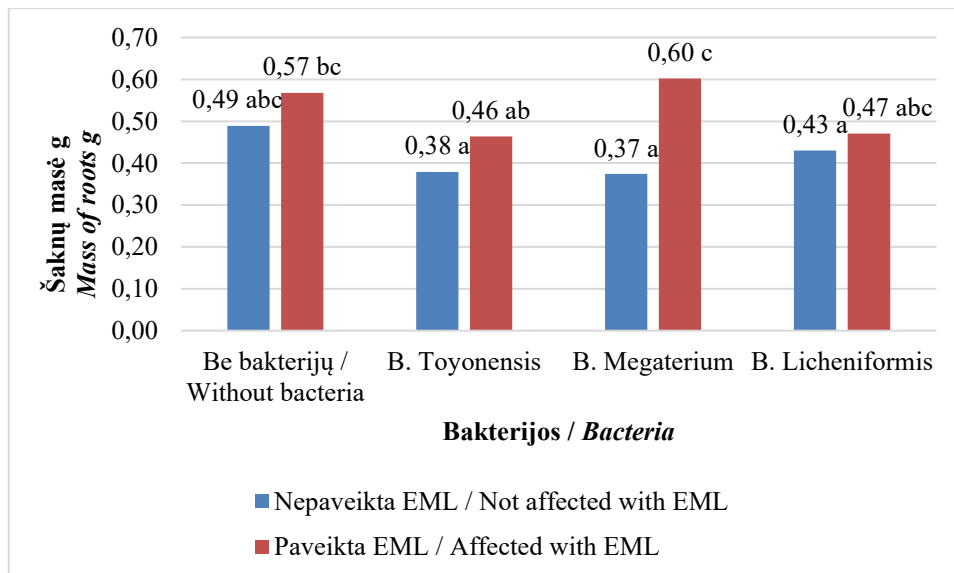
Note: differences between treatments marked with different letters (a,b,c) are significant at 95 % probability level ($P < 0,05$)

2 pav. Elektromagnetinių bangų ir įvairių bakterijų įtaka vasarinių kviečių antžeminės dalies masei

Fig. 2. Electromagnetic field and various bacteria influence on spring wheat aboveground mass

Atskiriant šaknis nuo dirvožemio nustatyta, kad skirtinguose variantuose išsisknijimas buvo skirtingas. Ankstyvuose augimo tarpsniuose šaknų tankumas gali nulemti būsimų ūglių augimo spartumą, pasėlio ir derliaus potencialą, ypač dirvožemiuose, kuriuose yra ribotas maistinių medžiagų kiekis (Wang et al., 2016). Vasarinių kviečių sėklų paveikimas EML turėjo įtakos didesnei šaknų masei, lyginant su paveiktomis tik bakterijomis arba be bakterijų (žr. 3 pav.). Pagal J. A. Teixeira da Silva (2016) apžvalgą teigiama, kad magnetinių laukų naudojimas gali būti ypač naudingas ankstyvaisiais kviečių augimo tarpsniais, kaip veiksnys, kuris šaknims padeda labiau augti ir plėstis, taip aprėpiant didesnį dirvožemio plotą.

Didžiausia šaknų masė buvo užfiksuota EML ir *B. megaterium* derinyje (0,60 g). Šis variantas esmingai skyrėsi nuo to, kuriame buvo naudota bakterijos be EML paveikimo bei nuo EML ir *B. toyonensis* derinio. Bakterijų panaudojimas sumažino šaknų augimą ir jų masę, išskyrus gautą didžiausią rezultatą. Tokį neigiamą efektą šaknims galėjo lemti tai, kad bakterijos labiau skatino antžeminės dalies augimą arba savo egzistavimui sunaudojo dalį maisto medžiagų, esančių dirvožemyje.



Pastaba: esminiai skirtumai ($P < 0,05$) tarp vidurkių sužymėti skirtingomis mažosiomis abėcėlės raidėmis

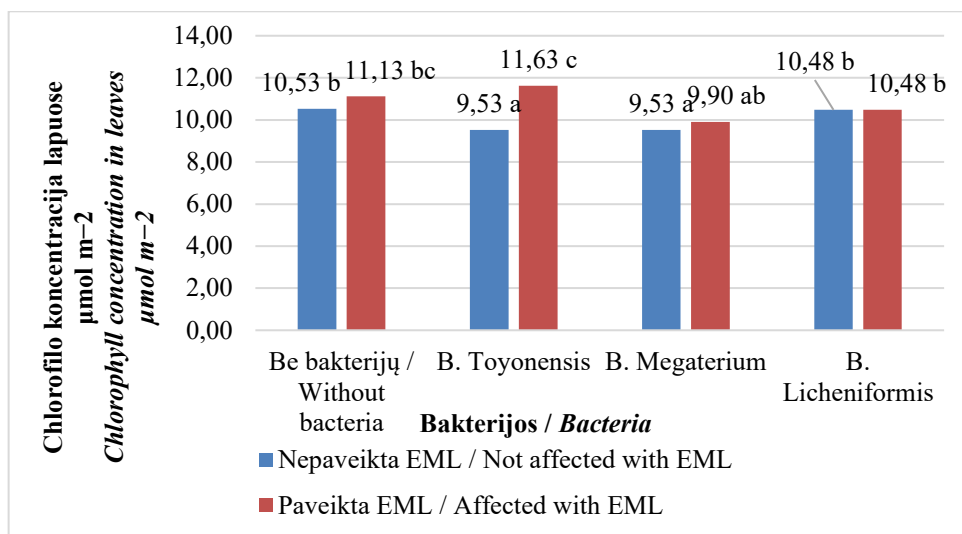
Note: differences between treatments marked with different letters (a,b,c) are significant at 95 % probability level ($P < 0,05$)

3 pav. Elektromagnetinių bangų ir įvairių bakterijų įtaka vasarinių kviečių šaknų masei

Fig. 3. Electromagnetic field and various bacteria influence on spring wheat roots mass

Chlorofilas, kaip pigmentas, yra būtinas fotosintezai ir turi didelę įtaką azoto įsisavinimui, yra vienas svarbiausių parametru, atspindinčių pasėlio augimą. Nustačius, koks chlorofilo kiekis yra augaluose, galima spręsti apie augalo augimą, planuoti tręšimus ar kitus pasėlio sprendimus (Wu et al., 2023). Pagal atlikto tyrimo rezultatus (žr. 4 pav.) galima matyti, kad didžiausias chlorofilo koncentracijos kiekis lapuose buvo užfiksuotas vasariniuose kviečiuose, kurių sėklos

buvo paveiktos EML ir *B. toyonensis* ($11,63 \mu\text{mol m}^{-2}$). Nors pagal A. H. Pandith ir V. Kumar (2024) tyrimą *B. toyonensis* atskiros atmainos turi požymių, kad gali padidinti kai kurių žemės ūkio augalų biomasę ar chlorofilo kiekį, bet šiame eksperimente tai nepasitvirtino. Pagal gautus rezultatus matyti, kad didesnę įtaką darė ne bakterijų veikimas, o sėklų paveikimas EML. Augalai veikti tik bakterijomis fiksavo mažiausius rodiklius ($9,53 \mu\text{mol m}^{-2}$) ir šiuose augaluose chlorofilo koncentracija buvo mažesnė beveik 10 proc., lyginant su kontrole.



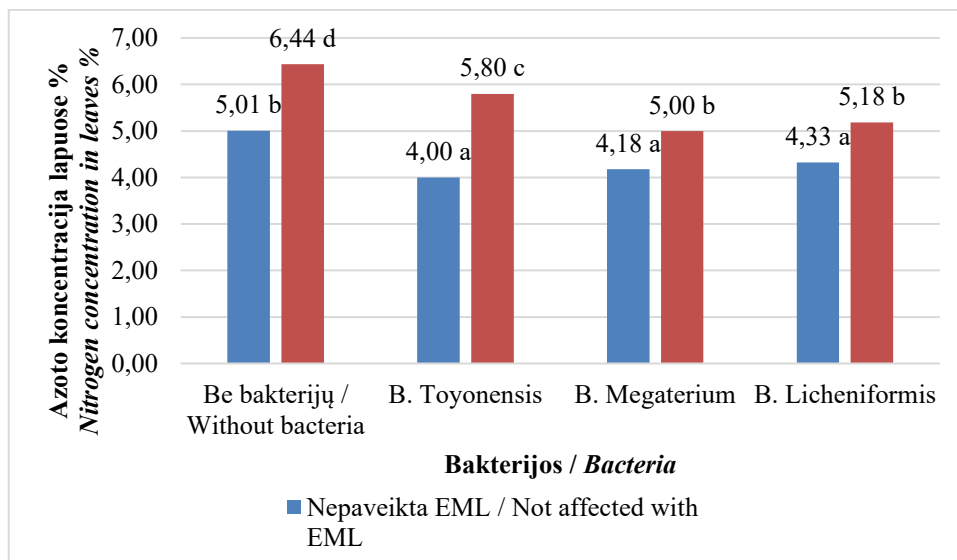
Pastaba: esminiai skirtumai ($P < 0,05$) tarp vidurkių sužymėti skirtingomis mažosiomis abėcėlės raidėmis

Note: differences between treatments marked with different letters (a,b,c) are significant at 95 % probability level ($P < 0,05$)

4 pav. Elektromagnetinių bangų ir įvairių bakterijų įtaka chlorofilo koncentracijai vasarinių kviečių lapuose

Fig. 4. Electromagnetic field and various bacteria influence on chlorophyll concentration in spring wheat leaves

Azotas, kaip elementas, dalyvauja pagrindiniuose augalo augimo procesuose, tokiuose kaip ląstelių dalijimasis, baltymų sintezė ir fermentų gamyba. Tai svarbus elementas, nes jo trūkstam slopinamas ląstelių dalijimasis, dėl ko slopinamas ir lapų augimas, yra prarandamas augalo potencialas didesniai derlingumui pasiekti (Ali et al., 2017). Tiriant azoto koncentraciją lapuose (žr. 5 pav.) didžiausias rezultatas buvo užfiksuotas naudojant tik EML (6,44 proc.) ir tai buvo 28,5 proc. didesnis kiekis, lyginant su kviečiais, nepaveiktais EML. Šis rezultatas esmingai skyrėsi nuo visų kitų gautų rezultatų.



Pastaba: esminiai skirtumai ($P < 0,05$) tarp vidurkių sužymėti skirtingomis mažosiomis abėcėlės raidėmis

Note: differences between treatments marked with different letters (a,b,c) are significant at 95 % probability level ($P < 0,05$)

5 pav. Elektromagnetinių bangų ir įvairių bakterijų įtaka azoto koncentracijai vasarinių kviečių lapuose

Fig. 5. Electromagnetic field and various bacteria influence on nitrogen concentration in spring wheat leaves

Vasariniai kviečiai, paveikti *Bacillus toyonensis*, *Bacillus megaterium* ir *Bacillus Megaterium*, turėjo mažiausias azoto koncentracijas lapuose ir tarpusavyje esminių skirtumų neturėjo. Tokiam rezultatui pasiskirstymui įtaką galėjo daryti anksčiau aprašyta prielaida, kad bakterijos pačios sunaudojo dalį azoto. Variantai paveikti EML, EML ir bakterijų deriniais rodė aukštesnius azoto koncentracijos kiekius lapuose, lyginant su nepaveiktais EML.

Išvados

1. Įvertinus elektromagnetinio lauko ir bakterijų įtaką kviečių biometriniais rodikliais galima daryti išvadą, kad EML ir bakterijų deriniai turėjo geriausius rezultatus asimiliaciniam lapų plotui ir antžeminei masei, išskyrus EML ir *B. toyonensis* derinio asimiliacinio lapų ploto rezultatą. Nagrinėjant šaknų masę galima matyti, kad visų EML ir bakterijų paveiktų derinių rezultatai nebuvo aukščiausi, tačiau, lyginant juos su nepaveiktais EML, rezultatai yra neesmingai, bet didesni (išskyrus *B. toyonensis* ir EML bei *B. toyonensis* deriniu, tarp kurių yra esminis skirtumas). Paveikiant tik bakterijomis, gauti duomenys buvo didesni už tuos, kur bakterijos nenaudotos, išskyrus matuojant šaknų masę, kur panaudojus *Bacillus* spp., fiksuoti žemiausi rezultatai.

2. Chlorofilo koncentracijos kviečių lapuose ir azoto koncentracijos lapuose rezultatai buvo panašūs. Tai turėjo lemti tai, kad abu šie rodikliai yra tiesiogiai priklausomi vienas nuo kito. Chlorofilo ir azoto koncentracijos buvo didesnės naudojant EML ir bakterijas kartu, todėl norint geresnių rezultatų vertėtų naudoti tik abu derinius arba vien sėklas paveikti EML, kadangi azoto koncentracija didžiausia naudojant tik paveikimą sėklų EML, o chlorofilo koncentracija lapuose naudojant tik EML esmingai nesiskyrė nuo didžiausio gauto rezultato.

Literatūra

1. Ali, M. M., Al-Ani, A., Eamus, D., & Tan, D. K. (2017). Leaf nitrogen determination using non-destructive techniques—A review. *Journal of Plant Nutrition*, 40(7), 928-953.
2. Dziwulska-Hunek, A., Kornarzyńska-Gregorowicz, A., Niemczynowicz, A., & Matwijczuk, A. (2020). Influence of electromagnetic stimulation of seeds on the photosynthetic indicators in *Medicago sativa* L. leaves at various stages of development. *Agronomy*, 10(4), 594.
3. Faeghi, P., & Seyedpour, N. (2013). Effects of 50 Hz electromagnetic fields on seed germination and early growth in wheat (*Triticum spp.*). *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci*, 2(5), 52-54.
4. Khan, A. R., Mustafa, A., Hyder, S., Valipour, M., Rizvi, Z. F., Gondal, A. S., ... & Daraz, U. (2022). *Bacillus* spp. as bioagents: uses and application for sustainable agriculture. *Biology*, 11(12), 1763.
5. Oficialiosios statistikos departamentas. Statistinių rodiklių analizė. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize/> (žiūrėta 2025-03-02)
6. Pandith, A. H., & Kumar, V. (2024). Unlocking the hidden potential of *Bacillus toyonensis*: A journey into versatility. *Medical Research, Nursing, Health and Midwife Participation*, 5(2), 99-112.
7. Shah, T., Khan, A. Z., ur Rehman, A., Akbar, H., Muhammad, A., & Khalil, S. K. (2017). Influence of pre-sowing seed treatments on germination properties and seedling vigor of wheat. *Research in: Agricultural & Vet. Sci*, 1(1), 62-70.
8. Tarakanovas, P., Raudonius, S. 2003. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. Akademija: Lietuvos žemės ūkio universitetas
9. Teixeira da Silva, J. A., & Dobránszki, J. (2016). Magnetic fields: how is plant growth and development impacted?. *Protoplasma*, 253(2), 231-248.
10. Van Dijk, M., Morley, T., Rau, M. L., & Saghai, Y. (2021). A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050. *Nature Food*, 2(7), 494-501.
11. Wang, Y., Thorup-Kristensen, K., Jensen, L. S., & Magid, J. (2016). Vigorous root growth is a better indicator of early nutrient uptake than root hair traits in spring wheat grown under low fertility. *Frontiers in plant science*, 7, 865.
12. Wu, Q., Zhang, Y., Zhao, Z., Xie, M., & Hou, D. (2023). Estimation of relative chlorophyll content in spring wheat based on multi-temporal UAV remote sensing. *Agronomy*, 13(1), 211.

INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC FIELD AND BACTERIA ON SPRING WHEAT BIOMETRIC PARAMETERS

Abstract

As human population is rising, food demand is rising as well. One of the ways to fulfill this demand is to increase crop yield by using electromagnetic field (EML). EML may increase various plant growth parameters such as germination, shoots growth and mass, chlorophyll and nitrogen concentrations in plant leaves. Another way might be usage of various bacterias. *Bacillus* spp. bacterias improves crop growth in direct and indirect ways through nitrogen fixation, phytohormones, as making resistance against diseases for plants. The study investigated how spring wheat seeds of “Hamlet” variety respond to 24-hour exposure to EMF, usage of *Bacillus toyonensis*, *Bacillus megaterium* and *Bacillus Licheniformis* and also using combinations of EMF and bacteria. The effects of spring wheat biometric indicators (assimilation area of leaves, aboveground and root mass) and chlorophyll with nitrogen concentrations were studied. Leaf area was measured using the Win Dias program, chlorophyll concentration in leaves measured with the MC-100 device and nitrogen content was measured using the PlantPen. The results were statistically processed using the DISVEG plugin of the Selection program. The highest results were generally obtained using combinations of EMF and bacteria. When comparing the use of EMF alone, it is seen that the results using EMF are insignificantly but greater than without using EMF, except for the result of nitrogen concentration in leaves, which was significant.

Keywords: *Bacillus toyonensis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus licheniformis*, EML, spring wheat.