

TRĘŠIMO ĮTAKA KERNZA CHLOROFILO IR AZOTO KIEKIUI AUGALUOSE

Mindaugas GASIŪNAS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Agronomijos fakultetas, el. paštas: mindaugas.gasiunas@vdu.lt

Santrauka

Stacionarus lauko eksperimentas buvo vykdomas 2024–2025 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje (54°52' šiaurės platumos, 23°49' rytų ilgumos) Noreikiškėse, Kauno rajone, siekiant nustatyti tręšimo įtaką Kernza chlorofilo ir azoto kiekiui augaluose. Atliktas lauko tyrimas. Tyrimo variantai: Kernza 0 N kg ha⁻¹, Kernza 70 N kg ha⁻¹, Kernza + raudonieji dobilai 0 N kg ha⁻¹, Kernza + raudonieji dobilai 70 N kg ha⁻¹. Iš atlikto tyrimo duomenų matyti, kad Kernza su įsėliu ir nuliniu azoto kiekiu lenkia variantą, kuris yra KRNZ+0N pagaminamo chlorofilo kiekiu, nes biologinį azotą kaupiantis raudonųjų dobilų įsėlis skatino intensyvią augalo vystymąsi, iš to matyti didesnis chlorofilo kiekis, o biologinis azotas buvo fiksuojamas iš atmosferos per gumbelines bakterijas ant šaknų. Kernza, kuri buvo tręšta 70 kg ha⁻¹ veiklios medžiagos, rezultatai nežymiai pranoko variantą su tokiu pačiu tręšimu ir raudonųjų dobilų įsėliu, nes azoto veiklioji medžiaga pristabdė gumbelinių bakterijų aktyvumą, augalo vystymasis ir chlorofilo gamyba buvo skatinami mažiau. Tręšimas azotu ir įsėlis turėjo įtakos Kernza chlorofilo kiekiui augaluose.

Reikšminiai žodžiai: '*Thinopyrum intermedium*', chlorofilas, azotas.

Įvadas

Kernza – tai daugiametis grūdinis augalas, išvestas iš melsvųjų varpių, pasižymintis giliomis šaknimis ir atsparumu sausrai bei šalčiui. Šis tvarus augalas kasmet atauga, todėl mažina dirvožemio eroziją ir anglies dvideginio emisijas, o grūdai naudojami maisto pramonėje, kaip ekologiška alternatyva kviečiams. Analogiškame tyrime su žieminiiais kviečiais nustatyta, kad chlorofilo indeksą esmingai didino amonio ir nitratinę bei amidinę formas turinčios azoto trąšos (Adomaitis, Vaišvila, 2004).

Azotinės trąšos didina chlorofilo kiekį, nes chlorofilo kiekis tiesiogiai priklauso nuo azoto kiekio lapuose. Amonio-nitratinės trąšos veikia greitai ir tiesiogiai, todėl chlorofilo indeksas padidėja greičiau. Kernza turi gilią šaknų sistemą, todėl gali pasisavinti nitratinį azotą iš gilesnių sluoksnių. Amidiniam azotui reikalingas mikrobinis pasisavinimas, kuris priklauso nuo dirvožemio temperatūros, drėgmės, ureazės aktyvumo. Tręšimas vegetacijos pradžioje yra naudingiausias tiek chlorofilo, tiek azoto kiekiui augale. Amonio-nitratinės trąšos suteikia greitą atsaką ir didesnę azoto kiekį audiniuose. Amidinis azotas tinkamas tik ankstyvos vegetacijos metu esant žemai temperatūrai, nes vėlyvas tręšimas karbamidu nenaudingas, dėl didesnio amoniako išgaravimo ir lėtesnės transformacijos į augalams prieinamas formas. Vėlyvas karbamido naudojimas pasėliuose taip pat sumažina chlorofilo ir azoto kiekius augale, fotosintezės intensyvumą. Pasėlyje azoto amonio forma gali būti stabilesnė ilgalaikiam azoto kaupimui kitų metų produktyvumui.

Ūkiams, kurie siekia optimizuoti azoto panaudojimą ir derlingumą, ankstyvas tręšimas amonio-nitratinėmis trąšomis yra geriausias variantas. Amonio salietra yra ypač tinkama pavasario pradžioje, nes dirvoje veikia greičiau nei kitos trąšos, nes turi nitratinės formos azoto, kuris yra greitai pasisavinamas. Siekiant maksimalaus derlingumo, pirmajam tręšimui rekomenduojama naudoti amonio salietrą arba KAN, o vėlesniems – karbamidą arba KAS. Panaudotos lapų trąšos reguliuoja makro ir mikroelementų geresnį įsisavinimą bei stimuliuoja augalų atsparumą biotiniams ir abiotiniams veiksniams, taip galima užtikrinti didesnę žieminių kviečių produktyvumą optimizavus jų tręšimą azoto trąšomis (Klimas, 2014). Tręšimas per lapus augalui tiesiogiai tiekia varį, manganą, cinką, borą ir azotą. Ypač jie svarbūs bambklėjimo tarpsnyje. Vykdam tręšimus per lapus 2–3 kartus per vegetaciją, didėja derlius, baltymų ir glitimo kiekis grūduose.

Kalis reguliuoja maisto medžiagų apykaitą iš jų sintezės vietos į generatyvinius organus (Klimas, 2014). Kalis yra reikalingas fotosintezės produktų, tokių kaip cukrus ir krakmolai, pernešimui iš lapų į stiebus, šaknis, grūdų varpas per floemą, nes dalyvauja medžiagų pernašoje. Kalis dalyvauja maisto medžiagų apykaitos reguliavime ir fermentų aktyvime, kuris lemia baltymų sintezę ir angliavandenių apykaitą. Energija reikalinga maisto medžiagų transportavimui, o kalis reguliuoja jos gamybą. Maksimalus kalio kiekis užtikrina, kad į generatyvinius organus patektų maisto medžiagos, o tai didina varpų grūdų dydį, svorį, cukringumą ir bendrą derlingumą. Aminorūgštys, išpurkštos ant lapų, į augalą patenka per lapo žioles, įsijungia į azoto medžiagų apykaitos ratą, pagreitina baltymų sintezę ir paskatina augalo augimą bei derliaus formavimąsi (Klimas, 2014).

Aminorūgštys veikia kaip statybinė medžiaga, kurią žieminiai kviečiai greitai įsisavina per lapus. Aminorūgštys skatina baltymų sintezę, dėl to intensyvią fotosintezę ir auga lapai. Jos taip pat žieminiams kviečiams ir kitiems augalams padeda greičiau atsigauti po nepalankių aplinkos sąlygų, tokių kaip šalnų ar sausra. Aminorūgščių ir kalio sinergija yra stipresnė nei pavieniai produktai, naudojami purkšti per lapus. Aminorūgštys veikia kaip chelatai, kurie apgaubia ir neša kalio jonus bei padeda jiems lengviau prasiskverbti pro ląstelių membranas. Aminorūgščių ir kalio sinergija ženkliai didina derlių. Kalis padeda palaikyti osmosinį slėgį ląstelėse, o aminorūgštys reguliuoja stomų atidarymą ir fotosintezę, todėl kartu jie veikia produktyviau. Didžiausias chlorofilo kiekis skirtingose augalo dalyse buvo stebimas žydėjimo

pabaigoje (Skudra, Ruza, 2017). Chlorofilo koncentracija lapuose pasiekia didžiausią, kai žieminiai kviečiai baigia žydėti. Žydėjimo pabaigoje prasidėjus brandimo fazei, chlorofilo kiekis lapuose mažėja, nes prasideda brandimo procesai ir maistinių medžiagų pernešimas į varpas ir grūdus. Žiedlapiuose chlorofilo kiekis didžiausias pumpurų formavimosi metu, o žiedams bręstant chlorofilas suyra ir kaupiasi kiti pigmentai. Žiemiškuose kviečiuose siera yra svarbus elementas, nes gerina azoto įsisavinimą ir baltymų sintezę, o tai užtikrina glitimo struktūrą. Siera turi aminorūgščių, o jos yra ne kas kita, kaip baltymų sudedamosios dalys. Todėl jeigu nėra tinkamo sieros kiekio, augalas negali formuoti baltymų, net jeigu azoto yra. Chlorofilo kiekis žydėjimo pabaigoje glaudžiai susijęs su derliumi ir azoto koncentracija. BBCH 67–69 yra optimalus momentas prognozuoti derlių ir vertinti azoto efektyvumą.

Trejų metų bandymų rezultatai parodė meteorologinių sąlygų įtakos svarbą chlorofilo kiekio pokyčiams (Skudra, Ruza, 2017). Žema temperatūra – nuo 12 iki 18 °C – gali žymiai sumažinti chlorofilo kiekį, palyginti su optimalia 28 °C temperatūra. Kritulių kiekis ir intensyvumas reikšmingai veikia chlorofilo koncentraciją, o sausringi laikotarpiai keičia chlorofilo pusiausvyrą. Per didelės saulės šviesos kiekis gali sunaikinti chlorofilą. Žiemiškų kviečių lapų chlorofilo kiekis per vegetacijos sezoną svyruoja priklausomai nuo tais metais vyrovusių meteorologinių sąlygų.

Tyrimo tikslas – išsiaiškinti, kaip tręšimo įtaka keičia Kernza chlorofilo ir N kiekį augaluose.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Nustatyti tręšimo įtaką Kernza chlorofilo kiekiui.
2. Nustatyti tręšimo įtaką Kernza azoto kiekiui.

Tyrimų objektas ir metodai

Stacionarus lauko eksperimentas įrengtas 2023 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje (54°52' šiaurės platumos, 23°49' rytų ilgumos) Noreikiškės, Kauno rajone. Tyrimas atliekamas 2024–2025 metais. Vydytas lauko eksperimentas.

Tyrimo variantai: Kernza 0 N kg ha⁻¹, Kernza 70 N kg ha⁻¹, Kernza + raudonieji dobilai 0 N kg ha⁻¹, Kernza + raudonieji dobilai 70 N kg ha⁻¹. Tiriamojo eksperimento iniciatorė yra prof. dr. Zita Kriaučiūnienė.

Eksperimento dirvožemis – drenuotas išplautžemis – Luvisol (WRB – World Reference Base for Soil Resources, 2022). Išplautžemio savybės – ryški profilio diferenciacija į eliuvinę ir iliuvinę dalis bei El (eliuvinio) horizonto su Bt (iliuvinio, kuriame kaupiasi iš eliuvinės profilio dalies išneštos molio dalelės) horizonto tarpais formavimasis (Volungevičius, Kavaliauskas, 2012). Chemiškai nesuardyto fizinio molio, dumblo ir oksidų išplovimas iš eliuvinio horizonto ir kaupimasis iliuviniam. Rūgštumas – vidutiniškai rūgštus, giliau, esant karbonatams – neutralus ar šarmiškas. Išplautžemių sorbciniame komplekse vyrauja Ca⁺⁺ ir Mg⁺⁺ katijonai. Pasižymi nepalankiomis fizinėmis savybėmis – prasta struktūra (grumstiška, plokštiška, prizmiška), glūdus iliuvinis horizontas. Granulometrinė sudėtis – priemolis.

Prieš sėją laukas buvo patręštas NPKS trąšomis (2023 liepos 11 d.). Kernza ir dobilai pasėti 2023 m. liepos 12 d. Sėjamoji – 3 m. Raudonieji dobilai sėti mechanizuota sėjamąja. Žieminiai kviečiai pasėti 2023 m. rugsėjo 6 d. mechanizuota sėjamąja. Kernza (melsvieji varpai, lot. *Thinopyrum intermedium*, angl. Intermediate wheatgrass – IWG). Kernza veislė tiksliajame eksperimente – 'Canada' (Kanada). Sėklos norma – 14 kg ha⁻¹. Daigumas 99 proc. Chlorofilo matuoklis (Apogee instruments MC-100). Matavimai atlikti pavasarį. Vienoje vietoje buvo matuoti 3 skirtingi lapai (lapas vieno matavimo metu sužnybtas prietaisu, kad nepraleistų saulės šviesos ir jo pagalba buvo išmatuotas chlorofilo kiekis), kol buvo gautas 3 lapų vidurkis. Matuota 10 skirtingų vietų. Matavimo vienetai μmol m². N-testeris PSI PlantPen/N-Pen N 110. Matavimai atlikti pavasarį. Po 6 matavimų (lapas vieno matavimo metu sužnybtas prietaisu, kad nepraleistų saulės šviesos ir jo pagalba buvo išmatuotas N kiekis) vienoje vietoje ir išvedamas vidurkis. 1 laukelyje matuota 10 skirtingų vietų.

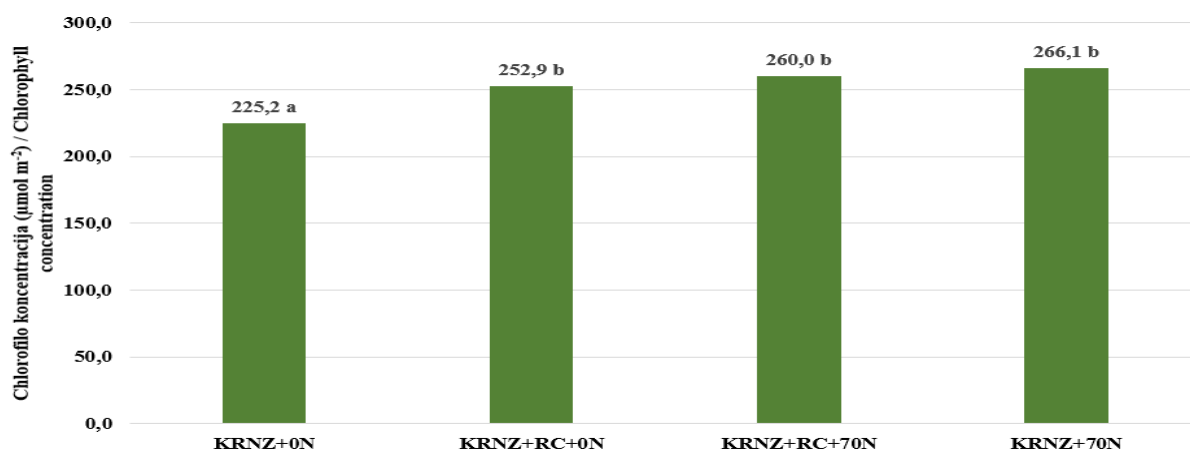
Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Raudonieji dobilai fiksuoja atmosferos azotą per simbiozę su 'Rhizobium' bakterijomis, gerina dirvožemio struktūrą. Jeigu auga kartu su Kernza, gali konkuruoti dėl šviesos ir vandens. Raudonųjų dobilų poveikis chlorofilui – tai biologinio azoto fiksavimo ir augalų sąveikos rezultatas. Raudonieji dobilai ir didelė azoto norma nėra sinergiška kombinacija, nes didelis kiekis azoto slopina gumbelių bakterijų veiklą, todėl jos tampa nebereikalingos ir greitai sunyksta. Dobilai padidina chlorofilo kiekį net be trąšų, kad sistema galėtų būti tvaresnė ir mažiau priklausoma nuo mineralinio azoto. Raudonieji dobilai leidžia mažinti trąšų poreikį, išlaikyti aukštą fotosintezės produktyvumą, gerinti dirvožemio sveikatą. Azotas padidina chlorofilo kiekį, naudojamas chlorofilo sintezėje taip pat rodo geresnę augalų mitybą, intensyvesnę fotosintezę ir potencialiai didesnį derlių. Chlorofilo koncentracija Kernza augaluose, nustatyta pavasarį pateikta 1 paveiksle.

Didžiausia chlorofilo koncentracija nustatyta tręšiant Kernza pasėlį 70 kg ha⁻¹ veikliosios azoto medžiagos norma ir neįsėjant raudonųjų dobilų įsėlio. Tai rodo, kad pakankamas azoto kiekis dirvožemyje sudaro palankias sąlygas intensyviai chlorofilo sintezei Kernzos lapuose. Azotas yra svarbiausias elementas, dalyvaujantis chlorofilo molekulės formavime ir fotosintezės procese, todėl didesnis jo prieinamumas skatina Kernzos vegetatyvinį augimą, didina lapų žaliąją masę ir fotosintetinį aktyvumą. Dėl to augalai gali efektyviau panaudoti saulės energiją, o tai teigiamai veikia bendrą augalų vystymąsi ir produktyvumą.

Mažiausia chlorofilo koncentracija buvo nustatyta Kernzos bandymo pakartojime, kuriame nebuvo taikomas nei tręšimas azotu, nei įsėtas raudonųjų dobilų įsėlis. Tokios sąlygos riboja Kernzos aprūpinimą svarbiausiomis maisto medžiagomis, ypač azotu, kuris yra būtinas chlorofilo ir baltymų sintezei. Dėl šios priežasties Kernza vystosi silpniau, jų

lapai būna šviesesni, mažiau intensyvios žalios spalvos, o fotosintezės procesas vyksta ne taip efektyviai. Tai gali lemti lėtesnį augimą, mažesnę biomasės kaupimą ir bendrą pasėlio produktyvumo sumažėjimą.



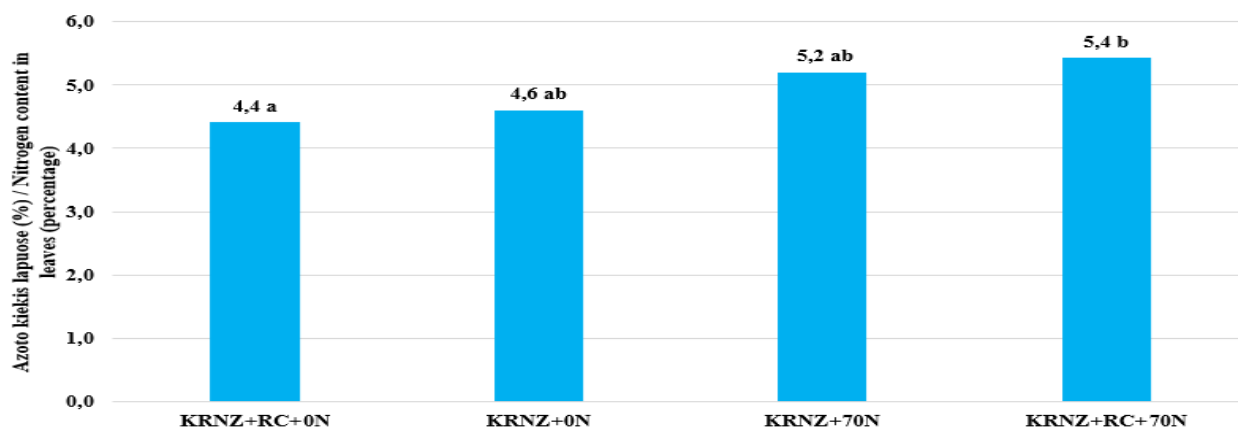
Pastaba: Skirtingomis mažosiomis raidėmis (a, b) pažymėtos reikšmės skiriasi esmingai ($P \leq 0,05$). Santrumpų paaiškinimas: KRNZ – Kernza daugiamečiai javai, RC – raudonųjų dobilų įsėlis, (0, 70) N – azotinių trąšų kiekis veiklia medžiaga.

Note: Values marked with different lowercase letters (a, b) differ significantly ($P \leq 0.05$). Explanation of abbreviations: KRNZ – Kernza perennial cereals, RC – red clover seed, (0, 70) N – amount of nitrogen fertilizer as active ingredient.

1 pav. Azotinio tręšimo ir raudonųjų dobilų įsėlio poveikis Kernza chlorofilo koncentracijai lapuose pavasarį

Fig. 1. The effect of nitrogen fertilization and red clover intercropping on the chlorophyll concentration in leaves of Kernza in spring

Rezultatai parodė, kad raudonųjų dobilų įsėlis gali iš dalies kompensuoti azoto trūkumo poveikį. Raudonieji dobilai gali pagerinti dirvožemio maisto medžiagų balansą, skatinti biologinį azoto kaupimą bei gerinti dirvožemio struktūrą ir mikrobiologinį aktyvumą. Dėl šių priežasčių net ir esant mažesniai mineralinio azoto kiekiui dirvožemyje, Kernza gali gauti papildomų maisto medžiagų ir išlaikyti santykinai aukštesnę chlorofilo kiekį nei visiškai netręstame ir be raudonųjų dobilų įsėlio variante. Teigiamas poveikis chlorofilo koncentracijai pasireiškia taikant azoto tręšimą. Nors raudonųjų dobilų įsėlis gali pagerinti augimo sąlygas ir šiek tiek sušvelninti azoto trūkumo pasekmes, jo poveikis negali visiškai pakeisti tiesioginio mineralinio azoto. Todėl siekiant užtikrinti optimalų chlorofilo kiekį augalų lapuose, intensyvią fotosintezę ir didesnę augalų produktyvumą, azoto tręšimas išlieka viena svarbiausių agrotechninių priemonių Kernza pasėliuose. Azoto koncentracija Kernza augaluose, nustatyta pavasarį, pateikta 2 paveiksle.



Pastaba: Skirtingomis mažosiomis raidėmis (a, b) pažymėtos reikšmės skiriasi esmingai ($P \leq 0,05$). Santrumpų paaiškinimas: KRNZ – Kernza daugiamečiai javai, RC – raudonųjų dobilų įsėlis, (0, 70) N – azotinių trąšų kiekis veiklia medžiaga.

Note: Values marked with different lowercase letters (a, b) differ significantly ($P \leq 0.05$). Explanation of abbreviations: KRNZ – Kernza perennial cereals, RC – red clover seed, (0, 70) N – amount of nitrogen fertilizer as active ingredient.

2 pav. Azotinio tręšimo ir raudonųjų dobilų įsėlio poveikis Kernza azoto koncentracijai lapuose pavasarį

Fig. 2. Effects of nitrogen fertilization and red clover intercropping on nitrogen concentration in leaves of Kernza in spring

Didžiausia azoto koncentracija nustatyta variante, kuriame azotinis tręšimas 70 kg ha veikliosios medžiagos buvo naudojamas su raudonųjų dobilų įsėliu. Tai sudarė palankias sąlygas Kernzai pasisavinti didesnę azoto kiekį, nes mineralinis azotas papildė dirvožemyje esančius azoto išteklius, o raudonieji dobilai, kaip pupinis augalas, geba fiksuoti atmosferos azotą ir praturtinti juo dirvožemį. Dėl šių priežasčių Kernzai buvo prieinamas didesnis azoto kiekis, todėl nustatyta ir didesnė jo koncentracija lapuose.

Mažiausia azoto koncentracija nustatyta variante, kuriame nebuvo tręšiama azotinėmis trąšomis, tačiau buvo pasėti raudonieji dobilai. Nors raudonieji dobilai gali fiksuoti atmosferos azotą, jų gebėjimas aprūpinti kitus augalus azotu priklauso nuo jų išsivystymo, augimo sąlygų ir konkurencijos su pagrindiniu pasėliu. Ankstyvaisiais augimo tarpsniais

fiksuoto azoto kiekis dar gali būti nedidelis, todėl pagrindiniams augalams gali trūkti lengvai prieinamo mineralinio azoto. Dėl to augalai pasisavina mažesnę azoto kiekį, o tai atsispindi ir mažesnėje nustatytoje azoto koncentracijoje. Be to, azoto trąšų nenaudojimas riboja bendrą azoto prieinamumą dirvožemyje, todėl bendras augalų aprūpinimas šiuo elementu tampa nepakankamas.

Grafiko duomenys rodo, kad azotinis tręšimas turėjo didžiausią įtaką Kernza azoto koncentracijai lapuose pavasarį. Nors vien tik raudonųjų dobilų įsėlis be tręšimo azoto koncentracijos nepadidino, tačiau derinant dobilus su azotiniu tręsimu pasiekta didžiausia azoto koncentracija. Tai leidžia daryti išvadą, kad azoto trąšos yra pagrindinis veiksnys, didinantis azoto kiekį Kernza lapuose, o dobilų įsėlis gali papildomai sustiprinti šį efektą.

Išvados

1. Kernzos lapuose chlorofilo koncentracija pavasarį didėja, kai tręšiama didesne azotinių trąšų norma ir auginama su raudonųjų dobilų įsėliu. Didžiausia chlorofilo koncentracija Kernzos lapuose pavasarį buvo 266,1 ($\mu\text{mol m}^{-2}$) Kernza ir 70 kg ha^{-1} veiklios azoto medžiagos. Mažiausia Kernzos lapuose chlorofilo koncentracija pavasarį buvo 225,2 ($\mu\text{mol m}^{-2}$) Kernza be tręšimo azotinėmis trąšomis.

2. Azoto kiekis augale yra tiesiogiai susijęs su azoto trąšų norma. Didžiausia azoto koncentracija lapuose pavasarį buvo 5,4 proc. Kernza ir raudonųjų dobilų įsėlis bei 70 kg ha^{-1} . Mažiausia azoto koncentracija lapuose pavasarį buvo 4,4 proc. Kernza ir raudonųjų dobilų įsėlis.

Literatūra

1. Adomaitis, T., Vaišvila, Z., Mažvila, J., Grickevičienė, S., Eitminavičius, L. (2004). Skirtingų azoto formų ir tręšimo laiko poveikis žieminiams kviečiams. *Žemdirbystė-Agriculture*, 15(3), 59–66.
2. IUSS Working Group WRB. (2022). World Reference Base for Soil Resources. 236.
3. Klimas, Ž. (2014). *Tirtų lapų trąšų ir azoto trąšų normų įtaka žieminių kviečių produktyvumui*. Magistro baigiamasis darbas. Aleksandro Stulginskio universitetas. Prieiga per internetą: <https://portalcris.vdu.lt/server/api/core/bitstreams/6a74d446-5738-4680-9f0d-53c2b8916230/content>
4. Skudra, I., & Ruza, A. (2017). Effect of nitrogen and sulphur fertilization on chlorophyll content in winter wheat. *Rural sustainability research*, 37(332), 29-37.
5. Volungevičius, J.; Kavaliauskas, P.; (2012). Lietuvos dirvožemiai [interaktyvus], [žiūrėta 2024-11-25]. Prieiga per internetą: https://www.chgf.vu.lt/files/chgf_gi_gkk/chgf_gi_gkk_biblioteka/lietuvas_dirvozemiai_volungevicius_kavaliauskas_2012.pdf

THE INFLUENCE OF FERTILIZATION ON THE CHLOROPHYLL AND NITROGEN CONTENT OF KERNZA PLANTS

Abstract

A stationary field experiment was conducted from 2024 to 2025 at the Vytautas Magnus University Agriculture Academy Experimental Station (54°52' N, 23°49' E) in Noreikiškės, Kaunas district, to determine the effect of fertilization on the chlorophyll and nitrogen content of Kernza plants. The study is field-based. Study treatments: Kernza 0 N kg ha^{-1} , Kernza 70 N kg ha^{-1} , Kernza + red clover 0 N kg ha^{-1} , Kernza + red clover 70 N kg ha^{-1} . The data from the study shows that the Kernza with red clover and zero nitrogen content outperforms by the amount of chlorophyll produced to compare with Kernza without fertilisation and intercrop, because the red clover intercrop accumulates biological nitrogen, stimulates the intensive development of the plant, from which we see a greater amount of chlorophyll produced, biological nitrogen was fixed from the atmosphere through nodular bacteria on the roots. The results of the Kernza, which was fertilized with 70 kg ha^{-1} of the N active substance, slightly surpassed the treatment with the same fertilisation plus red clover intercrop, because the nitrogen active substance slowed down the activity of the nodular bacteria, and the development of the plant and the production of chlorophyll were less stimulated. Nitrogen fertilization and intercrop had an effect on the chlorophyll content of the Kernza plants.

Keywords: *Thinopyrum intermedium*, chlorophyll, nitrogen.