

Skirtingų azoto formų ir tręšimo laiko poveikis žieminiams kviečiams

Vita Smalstienė,

Irena Pranckietienė,

Rūta Dromantienė,

Gvidas Šidlauskas

Aleksandro Stulginskio universitetas,
Studentų g. 11,
LT-53361 Akademija, Kauno r.
El. paštas vita.smalstienė@asu.lt

Tyrimai vykdyti 2015–2016 m. Aleksandro Stulginskio universiteto bandymų stotyje. Tirta paprastojo kviečio (*Triticum aestivum* L.) žieminė veislė 'Skagen', tręšta amidinio (N-NH₂), amonio (N-NH₄) ir nitratinio (N-NO₃) azoto turinčiomis trąšomis esant skirtingam augalų išsivystymui krūmijimosi (BBCH 21–29) tarpsniu. Tyrimai atlikti limnoglacialinio lengvo priemolio ant moreninio molio karbonatingame giliau glėžiškame išplautžemyje (*Calc(ar)i – Endohypogleyic Luvisol*), dirvožemis – artimas neutraliam ir silpnai šarminis (pH_{KCl} 6,8–7,2), labai didelio fosforingumo (423–429 mg kg⁻¹), kalingas (157–163 mg kg⁻¹), vidutinio humusingumo (2,47–2,82 %).

Nustatyta, kad mineralinio azoto kiekis dirvožemyje, praėjus 7 dienoms po žieminių kviečių tręšimo amonio ir nitratinę formas turinčiomis trąšomis, buvo vidutiniškai 23,9 % didesnis, negu tręšiant amidinėmis trąšomis. Žieminių kviečių chlorofilo indeksą ir asimiliacinį lapų plotą esmingai didino amonio ir nitratinę bei amidinę formas turinčios azoto trąšos. Šiems rodikliams efektyvesnės buvo amonio ir nitratinę formas turinčios azoto trąšos tik tuo atveju, kai žieminiai kviečiai buvo tręšti 16 dieną nuo vegetacijos pradžios. Didžiausi žieminių kviečių grūdų derlingumai gauti augalus tręšiant amonio ir nitratinio bei amidinio azoto turinčiomis trąšomis vegetacijos pradžioje ir 4 dieną nuo vegetacijos pradžios. Nustatyti statistiškai patikimi ir stiprūs koreliaciniai ryšiai tarp grūdų derlingumo ir tręšimo azoto trąšomis laiko ($r_{\text{amidinio azoto trąšos}} = 0,850^*$ ir $r_{\text{amonio ir nitratinio azoto trąšos}} = 0,878^*$).

Raktažodžiai: N-NH₂, N-NH₄, N-NO₃, žieminiai kviečiai, chlorofilo indeksas, asimiliacinis lapų plotas, derlingumas

ĮVADAS

Pasaulyje intensyvėjant žemės ūkio produktų gamybai į dirvožemį patenka vis didesni azoto kiekiai (Wiesler, Armbruster, 2009). Azotas yra pagrindinis augalų mineralinės mitybos elementas, lemiantis žemės ūkio augalų derlingumą ir kokybę (Füleky, 2009; Wang et al., 2014), tačiau azoto perteklius turi neigiamą poveikį aplinkai. Patekęs į dirvožemį, azotas nuolat transformuojasi. Pagrindiniai azoto transformacijos procesai yra azoto fiksacija, amonifikaci-

ja arba mineralizacija, nitrifikacija ir denitrifikacija bei azoto imobilizavimas (Lapinskas, 2008; Espinoza et al., 2013). Pavojingiausia azoto forma aplinkai yra nitratai, nes net 90–98 % azoto iš dirvožemio išplaunama nitratų pavidalu. Per didelis azoto trąšų naudojimas gali sukelti žmonių sveikatos sutrikimų, gyvulių sveikatos problemų, paviršinių vandenų eutrofikaciją, nitritinės rūgšties susidarymą (rūgštūs lietūs), ozono sluoksnio atmosferoje mažėjimą ir kt. (Asadi, Clemente, 2003; Smith et al., 2013). Nitratų direktyva (91/676EEC) (*The Nitrates Directive...*,

1991) įpareigoja ir skatina Europos Sąjungos šalių vandenį apsaugoti nuo teršimo nitratais.

Azoto kiekis dirvožemyje priklauso nuo daugelio veiksnių: tręšimo mineralinėmis ir organinėmis trąšomis bei jų mineralizacijos intensyvumo, dirvožemio granulometrinės sudėties, auginamų augalų rūšinės sudėties, taikomos sėjomainos, žemės dirbimo, reljefo, kritulių kiekio, drenažo sistemos (Owen et al., 2003; Lie et al., 2006; Žičkienė ir kt., 2015; Goloran et al., 2017). Nitratų koncentracijos kiekis gali didėti ir dėl nitrifikacijos disbalanso, greitos mineralizacijos, per didelio trąšų kiekio, aukštos aplinkos ir dirvožemio temperatūros, didelio organinių medžiagų kiekio, lėto augalų vystymosi bei viršutinio dirvožemio sluoksnio infiltracinių savybių (Adomaitis ir kt., 2004; Masclaux-Daubresse et al., 2010; Žičkienė ir kt., 2015).

Lietuvoje vyrauja išplaunamasis dirvožemio drėgmės režimas. Tai reiškia, kad dirvožemio viršutiniame sluoksnyje esantys augalų mineralinės mitybos elementai, o ypač azotas, gali būti išplautas į drenažo ar gruntinius vandenį. Tyrimais nustatyta, kad intensyviai mineralines ir organines trąšas naudojančių rajonų ūkių laukų drenažiniame vandenyje didesnė už leistiną nitratinio azoto (N-NO_3) koncentracija fiksuota net 46 % tirtų ėminių. Augalų tręšimas vidutinėmis (N_{90}) azoto normomis nitratų koncentraciją 40 cm gylyje vidutiniškai padidina 2,8 karto, o tręšiant didesnėmis (N_{180}) normomis – iki 5 kartų (Adomaitis ir kt., 2004). Siekiant gausaus ir kokybiško derliaus, būtinas optimalus azoto trąšų kiekis, kuris paprastai yra gerokai didesnis nei 90 kg ha^{-1} . Todėl siekiant mažinti azoto išplovimą būtina ieškoti įvairių būdų šiam tikslui pasiekti.

Darbo tikslas – nustatyti azoto formų ir tręšimo laiko krūmijimosi tarpsniu įtaką augalų mitybai azotu, fotosintetiniams rodikliams ir produktyvumui; įvertinti azoto formų transformaciją dirvožemyje priklausomai nuo naudotų azoto formų ir tręšimo laiko.

TYRIMŲ SĄLYGOS IR METODAI

Tyrimai atlikti Aleksandro Stulginskio universiteto bandymų stotyje 2015–2016 m. limnoglacialinio lengvo priemolio ant moreninio molio karbonatingame giliau glėžiškame išplautžemyje (pagal FAO UNESCO klasifikaciją – *Calc(ar)ic – Endohypogleyic Luvisol*). Žieminiai kviečiai auginti artima-

me neutraliam ir silpnai šarminiam (pH_{KCl} 6,8–7,2), labai didelio fosforingumo ($423\text{--}429 \text{ mg kg}^{-1}$), kalingame ($157\text{--}163 \text{ mg kg}^{-1}$), vidutinio humusingumo ($2,47\text{--}2,82 \%$) dirvožemyje. Mineralinio azoto – $2,77\text{--}4,96 \text{ mg kg}^{-1}$.

Siekiant įvertinti azoto formų ir žieminių kviečių tręšimo laiko krūmijimosi tarpsniu (BBCH 23–29) įtaką augalų mitybai azotu, fotosintetiniams rodikliams ir produktyvumui atliktas eksperimentas pagal dviejų veiksnių schemą: A veiksnys – tręšimo laikas: vegetacijos pradžia (BBCH 23–25) – kontrolė, 4 dienos (BBCH 25–26), 8 dienos (BBCH 26–27), 12 dienų (BBCH 26–27) ir 16 dienų (BBCH 26–27) nuo žieminių kviečių vegetacijos pradžios; B veiksnys – azoto formos: amidinė (NH_2^-) ir amonio nitratinė ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$).

Eksperimentas atliktas keturiais pakartojimais. Laukeliai išdėstyti atsitiktine tvarka. Apskaitomojo laukelio dydis 20 m^2 . Vegetacijos pradžia – kovo 23 d.

Dirvožemyje judriojo fosforo ir kalio kiekiai nustatyti A-L (GOST 26208-84) metodu, dirvožemio pH – 1N KCl ištraukoje – potenciometriškai (ISO 10390), mineralinis azotas ($\text{N-NO}_3 + \text{N-NH}_4$) – 1N KCl ištraukoje kolorimetriškai (ISO/TS 14256-1: 2003), bendroji anglis – sausuoju deginimu (ISO 10694). Humuso kiekis apskaičiuotas bendrosios anglies kiekį padauginus iš koeficiento 1,724. Dirvožemio ėminiai paimti iš 0–25 cm gylio. Augalų asimiliacinis lapų plotas matuotas lapų ploto matuokliu Win Dias (Delta-T Devices Lts, JK.), chlorofilo indeksas – spektrofotometru MINOLTA SPAD-502Plus, azoto kiekis antžeminėje augalo dalyje nustatytas Kjeldalio (Kjeldahl) metodu (LST EN ISO 5983-1:2005). Augalų analizės atliktos po kiekvieno tręšimo krūmijimosi tarpsniu praėjus 7 dienoms. Kviečių grūdų derlingumas perskaičiuotas esant 14 % drėgmei absoliučiai švaria grūdų mase.

Pagrindinio žieminių kviečių tręšimo metu (krūmijimosi tarpsnis) įterpta 90 kg ha^{-1} azoto, bamlėjimo tarpsniu – 45 kg ha^{-1} ir plaukėjimo tarpsniu – 30 kg ha^{-1} . Eksperimente naudotos trąšos: karbamidas ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) – 46 % N ir amonio salietra (NH_4NO_3) – 34,7 % N.

Tyrimų duomenys įvertinti dispersinės analizės metodu naudojant programą ANOVA iš programinio paketo SELEKCIJA (Tarakanovas, Raudonius, 2003). Duomenys vertinti naudojant vieno ir dviejų veiksnių duomenų dispersinę analizę. Vieno

veiksnių duomenų dispersinė analizė atlikta siekiant įvertinti skirtingų azoto formų ir tręšimo laiko įtaką mineralinio azoto kiekiui dirvožemyje, chlorofilo indeksui, asimiliaciniam lapų plotui ir azoto kiekiui augale; dviejų veiksnių – derlingumui. Eksperimento duomenų statistinis patikimumas įvertintas mažiausia esminio skirtumo riba (R_{05}) taikant Fišerio testą. Tarp lyginamųjų variantų vidurkių (nesant vienodų raidžių) skirtumai esminiai esant 95 % tikimybės lygiui.

Koreliacija ir regresija apskaičiuota naudojant kompiuterinę programą STATISTICA 7. Koreliacijos koeficientams ir santykiams nusakyti bei ryšiai tarp tiriamų rodiklių atvaizduoti naudotas programos STATISTICA paketas *Nonlinear Estimation* (Hill, Levicki, 2005).

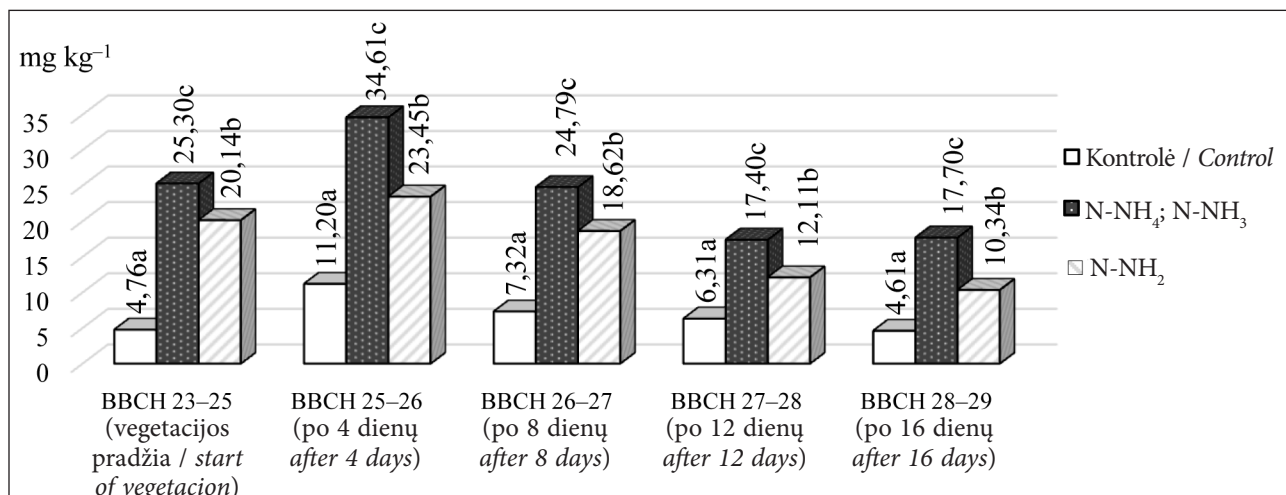
2016 m. žieminių kviečių vegetacija prasidėjo balandžio mėnesį. Šio mėnesio vidutinė temperatūra siekė 7,4°C, o kritulių kiekis (38,4 mm) buvo artimas daugiamečiam vidurkiui. Gegužės mėn. oro temperatūra (15,7°C, tai yra 2,5°C) ir kritulių kiekis (36,4 mm) buvo palankūs augalų augimui. Birželio mėn. oro temperatūra siekė 17,2°C, o kritulių iškrito 83,9 mm, tai 7 mm daugiau už daugiametę normą. Liepos mėn. oro temperatūra buvo artima daugiamečiai ir siekė 17,9°C, vyravo smarkios liūtys, kritulių per mėnesį iškrito iki 162,9 mm. Rugsėjo mėn. temperatūra buvo artima liepos mėn. temperatūrai ir siekė 16,9°C, kri-

tulių per mėnesį iškrito 26 mm daugiau, palyginti su daugiamečiu vidurkiu.

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Augalų mitybai labai svarbus dirvožemyje esantis mineralinio ($N-NH_4$ ir $N-NO_3$) azoto kiekis. Amoniakinio ir nitratinio azoto kiekis dirvožemyje dėl dirvos mikroorganizmų veiklos, aplinkos temperatūros, dirvožemio drėgmės, organinių medžiagų kiekio, tręšimo technologijų ir kitų veiksnių kinta visos augalų vegetacijos metu (Readman et al., 2002). Mineralinis azotas, ypač nitratinė jo forma, gali būti išplauta iš dirvožemio viršutinių horizontų esant pertekliniam drėgmės kiekiui, todėl labai svarbu žinoti, kaip kinta mineralinio azoto kiekiai dirvožemyje dėl skirtingų azoto trąšų formų esant didžiausiai azoto išplovimo tikimybei.

Dirvožemyje, žieminius kviečius tręšiant amonio ir nitratinę formas turinčiomis trąšomis vegetacijos pradžioje, nustatyti esmingai didesni mineralinio ($N-NH_4$ ir $N-NO_3$) azoto kiekiai po tręšimo praėjus 7 dienoms, negu augalus tręšiant amidinę ($N-NH_2$) formą turinčiomis trąšomis (1 pav.). Augalus šiomis trąšomis tręšiant nuo vegetacijos pradžios praėjus 4, 8, 12 ir 16 dienų, mineralinio azoto kiekio pokyčiai dirvožemyje buvo analogiški kaip ir vegetacijos pradžioje (amonio nitratinės trąšos lėmė didesnę mineralinio azoto kiekį dirvožemyje šiuo laikotarpiu,



1 pav. Skirtingų azoto formų ($N-NH_2$, $N-NH_4$ ir $N-NO_3$) ir tręšimo laiko įtaka mineralinio ($N-NH_4$ ir $N-NO_3$) azoto kiekiui dirvožemyje

Fig. 1. The influence of different nitrogen forms and application time on the mineral nitrogen level in the soil

Pastaba / Note: tarp lyginamųjų variantų vidurkių, nesant vienodų raidžių, skirtumai esminiai ($P < 0,05$) / Values followed by the same letters are not significantly different ($P < 0,05$).

palyginti su amidinėmis trąšomis). Mineralinio azoto kiekis dirvožemyje kito priklausomai ir nuo augalų išsivystymo lygio. Nustatyta, kad kuo augalai buvo vėlesniame krūmijimosi tarpsnio etape, t. y. labiau išsivysčiusios šaknys, tuo mineralinio azoto kiekis dirvožemyje po tręšimo praėjus 7 dienoms buvo mažesnis tiek tręšiant amonio ir nitratinę, tiek amidinę formas turinčiomis trąšomis. Kiek kitokie duomenys gauti žieminius kviečius tręšiant 4 dieną nuo vegetacijos pradžios. Nors augalų šaknų išsivystymas šiuo laikotarpiu buvo kiek didesnis negu augalų vegetacijos pradžioje, tačiau mineralinio azoto kiekis dirvožemyje buvo 27,7 % didesnis, negu augalus tręšiant vegetacijos pradžioje. Toks pokytis galėjo atsirasti dėl 3°C padidėjusios vidutinės paros temperatūros, kuri intensyvino mikroorganizmų veiklą ir azoto transformacijos procesus dirvožemyje. Priklausomybę tarp šių rodiklių liudija ir kitų mokslininkų tyrimai, kurie rodo, kad dirvožemio temperatūra veikia maisto medžiagų ciklą dirvožemyje, o ypač amonifikacijos, nitrifikacijos ir imobilizacijos procesus, kurie tiesiogiai siejasi su mityba azotu (Melillo et al., 2011; Butler et al., 2012; Auyeung et al., 2013).

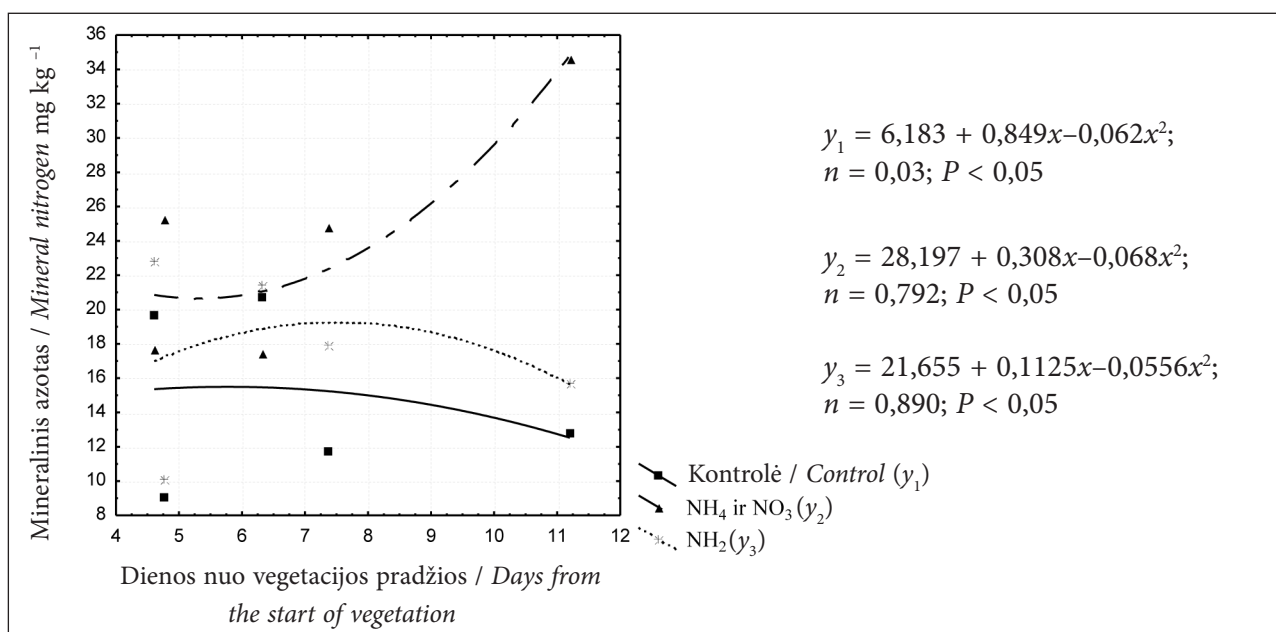
Koreliacinė regresinė analizė parodė, kad mineralinio azoto kiekis dirvožemyje tręšiant žieminius kviečius amonio ir nitratinę formas turinčiomis trąšomis krūmijimosi tarpsnio skirtingais etapais kito pagal kvadratinę lygtį (2 pav.). Remdamiesi gau-

tais duomenimis galime teigti, kad augalus tręšiant tiek amonio ir nitratinę formas, tiek amidinę formą turinčiomis trąšomis, tiek jų nenaudojant azoto kintimo tendencijos dirvožemyje žieminių kviečių krūmijimosi tarpsniu buvo panašios.

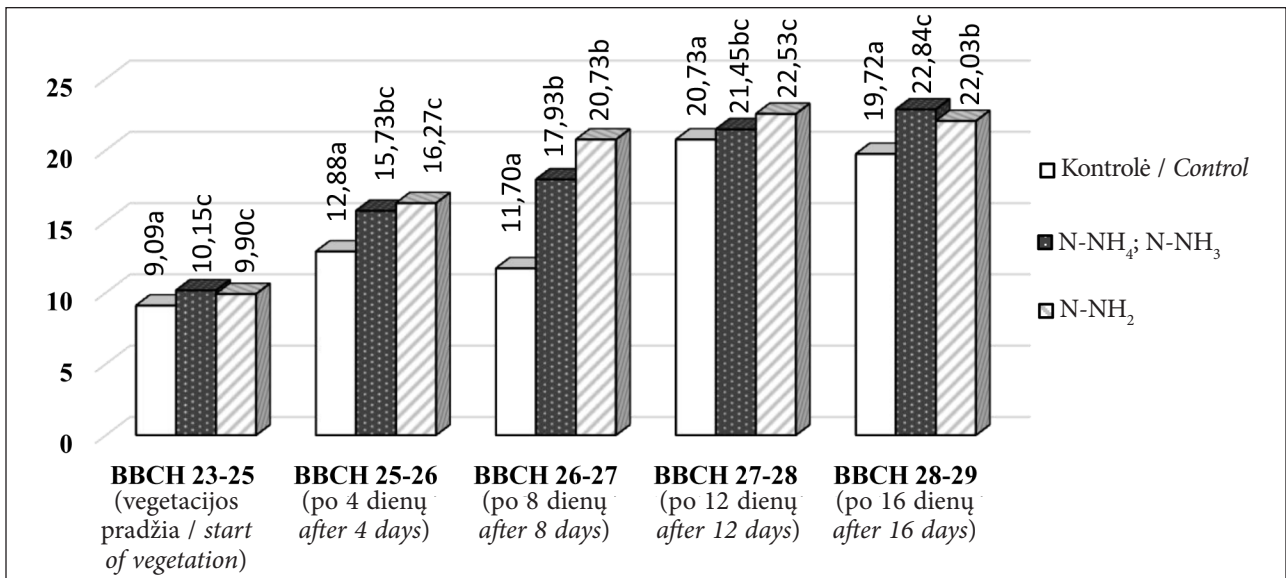
Nustatyta, kad žieminius kviečius tręšiant BBCH 23–29 tarpsniais amonio ir nitratinę formas turinčiomis trąšomis dirvožemyje mineralinio azoto kiekis po tręšimo praėjus 7 dienoms buvo 25–71 % (vidutiniškai 41 %) didesnis, negu tręšiant amidinėmis trąšomis.

Žieminių kviečių chlorofilo indekso pokyčiams amonio ir nitratinę formas turinčios trąšos buvo šiek tiek efektyvesnės už amidinę formą turinčias trąšas, išskyrus augalų tręšimą praėjus 16 dienų nuo vegetacijos pradžios (3 pav.). Šiuo atveju chlorofilo indeksas buvo esmingai didesnis, palyginti su amidinę formą turinčiomis trąšomis. Tam, tikėtina, įtakos turėjo aplinkos temperatūra, dieną pakylanti per 10°C. Tai sustiprino amidinio azoto transformaciją, kurios metu dalis azoto amoniako forma galėjo išgaruoti į atmosferą, nes trąšos buvo išbertos ant dirvos paviršiaus. Amidinio azoto transformacijos priklausomumą ir nuo temperatūros patvirtina P. Wali su bendraautoriais (2003), taip pat M. Alpslano (2000) tyrimai.

Augalų produktyvumas dažniausiai siejamas su asimiliaciniu lapų plotu, nors be lapų fotosintezę vykdo žiedų, stiebų, lapamakščių, lapkočių, ūglių



2 pav. Mineralinio azoto kiekio dirvožemyje (y , %) priklausomumas nuo tręšimo laiko (x , %) / Fig. 2. The relationship between the mineral nitrogen of soil (y , %) and the application time (x , %)



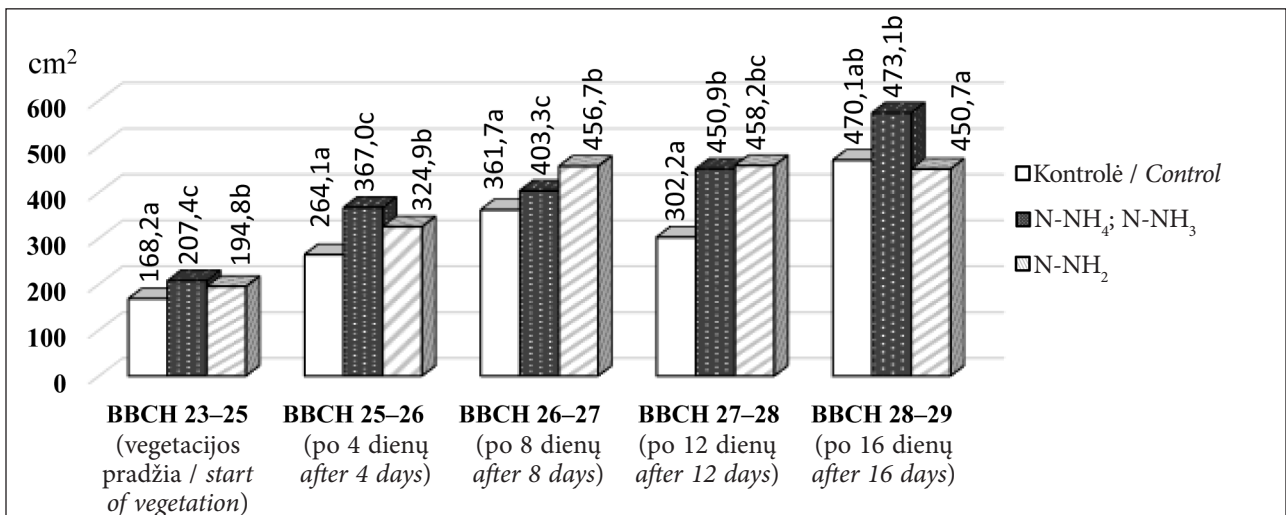
3 pav. Skirtingų azoto formų (N-NH₂, N-NH₄ ir N-NO₃) ir tręšimo laiko įtaka žieminių kviečių chlorofilo indeksui BBCH 23–29 tarpsniu

Fig. 3. The influence of different nitrogen forms and application time on the chlorophyll index of winter wheat at BBCH 23–29 stage

Pastaba / Note: tarp lyginamųjų variantų vidurkių, nesant vienodų raidžių, skirtumai esminiai ($P < 0,05$) / Values followed by the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

bei kitos fotosintetines sistemas turinčios augalo dalys. Žieminių kviečių asimiliacinis lapų plotas dėl skirtingų azoto formų įtakos kito netendencingai: augalai, patręšti vegetacijos pradžioje, 4 ir

16 dienomis nuo vegetacijos pradžios amonio ir nitratinę formas turinčiomis trąšomis, suformavo esmingai didesnę plotą, palyginti su amidinę azoto formą turinčiomis trąšomis (4 pav.). Pirmais



4 pav. Skirtingų azoto formų (N-NH₂; N-NH₄ ir N-NO₃) ir tręšimo laiko įtaka žieminių kviečių asimiliaciniam lapų plotui BBCH 23–29 tarpsniu

Fig. 4. The influence of different nitrogen forms and application time on the assimilating leaf area of winter wheat at BBCH 23–29 stage

Pastaba / Note: tarp lyginamųjų variantų vidurkių, nesant vienodų raidžių, skirtumai esminiai ($P < 0,05$) / Values followed by the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

dvim atvejais geresni rezultatai gauti, tikėtina, dėl greitesnio amoniakinio ir nitratinio azoto įsisavinimo, palyginti su amidiniu azotu, kuris prieš augalams pasisavinant turi transformuotis į amoniakinį ir nitratinį azotą, o transformacijos greitis tiesiogiai susijęs su aplinkos temperatūra. 16 dieną patręšti augalai amonio ir nitratinę formas turinčiomis trąšomis suformavo didesnę asimiliacinę lapų plotą galbūt dėl to, kad šiuo laikotarpiu dalis amidinės formos azoto galėjo išgaruoti amoniako forma dėl aukštesnės nei 10°C temperatūros dienos metu. Žieminiai kviečiai, tręšti 12 dieną nuo vegetacijos pradžios skirtingomis azoto formomis, suformavo esmingai neskirtingą asimiliacinę lapų plotą.

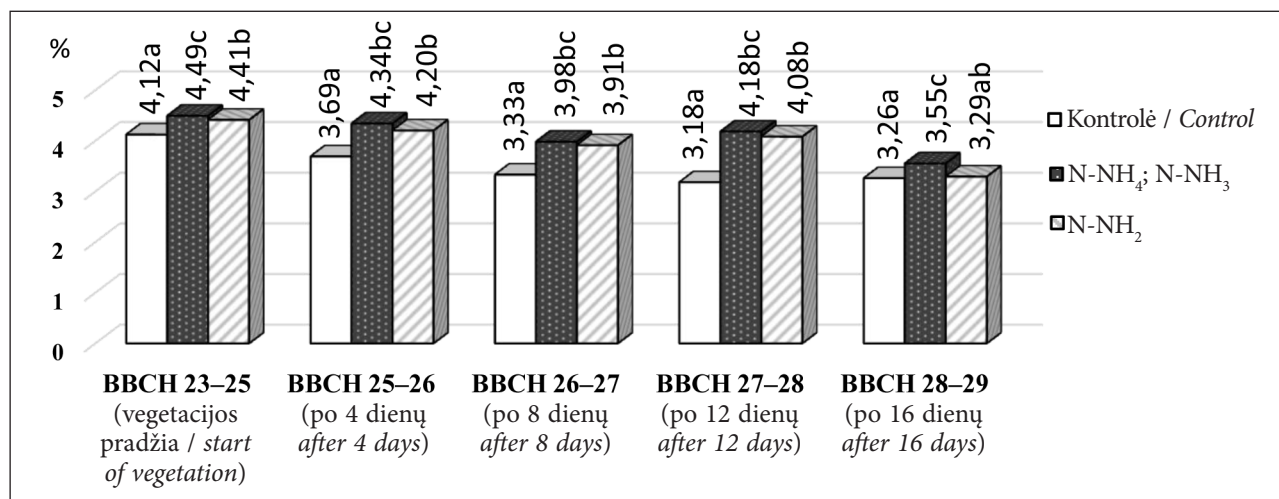
Atlikus koreliacinę regresinę analizę tarp asimiliacinio lapų ploto ir chlorofilo indekso, nustatyta stipri priklausomybė ($r = 0,875^{**}$; $P < 0,01$), kurią aprašė tiesinė lygtis: $y = 14,367 + 20,622x$.

Dėl įvairių veiksnių dirvožemyje esantis mineralinis azotas ne visada vienodai intensyviai patenka į augalą, todėl kai kurie autoriai siūlo tirti azoto kiekį augale ir jį sieti su augalų derlingumu (Feizienė, 2001). Atliktų tyrimų duomenimis, azoto įsisavinimas iš dirvožemio po tręšimo praėjus 7 dienoms buvo intensyvesnis žieminius kviečius tręšiant amonio ir nitratinę formas turinčiomis trąšomis, palyginti su amidinėmis trąšomis. Žie-

miniai kviečiai, patręšti amidinėmis trąšomis, sukaupe tendencingai, tačiau ne visais atvejais esmingai, mažesnę azoto kiekį augale, palyginti su amonio ir nitratinę formas turinčiomis trąšomis (5 pav.). Esmingai mažesnis (0,09 proc. vnt.) azoto kiekis antžeminėje dalyje nustatytas žieminių kviečių, tręštų šiomis trąšomis prasidėjus vegetacijai (BBCH 23–25) ir krūmijimosi tarpsnio pabaigoje (BBCH 28–29). Mažesnę azoto kiekį augaluose galėjo lemti tai, kad amidinė azoto forma nebuvo transformuota į augalų lengvai pasisavinamas formas – NH_4 ir NO_3 . Priežastis – lėta *Uro*, *Nitrosomonas* ir *Nitrobacter* bakterijų veikla esant žemai temperatūrai (Miller, Cramer, 2004; Zaman, Chang, 2004).

Vėlesniu laikotarpiu esmingai (0,26 proc. vnt.) mažesnis azoto kiekis žieminiuose kviečiuose susikaupe dėl didesnio azoto kiekio išgaravimo iš amidinių trąšų (esant aukštesnei temperatūrai suintensyvėja azoto išgaravimas iš trąšų, turinčių amidinę formą).

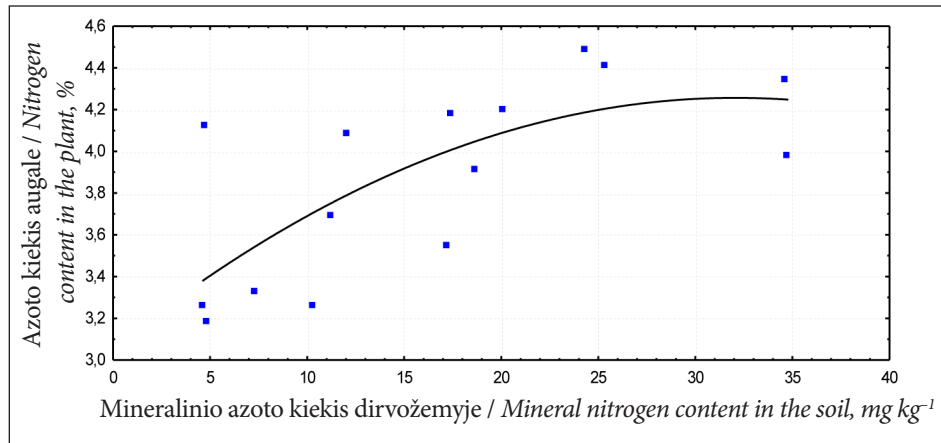
Koreliacinės regresinės duomenų analizės duomenimis, azoto kiekis augale koreliavo su mineralinio azoto kiekiu dirvožemyje. Šį priklausomumą statistiškai patikimai aprašė antro laipsnio regresijos lygtis $y = 3,0596 + 0,0747x - 0,0012x^2$ (6 pav.). Koreliacinis ryšys tarp šių rodiklių buvo stiprus ir statistiškai patikimas esant 95 % tikimybės lygiui.



5 pav. Skirtingų azoto formų (N-NH_2 ; N-NH_4 ir N-NO_3) ir tręšimo laiko įtaka azoto kiekiui žieminiuose kviečiuose BBCH 23–29 tarpsniu

Fig. 5. The influence of different nitrogen forms and application time on the nitrogen content in winter wheat at BBCH 23–29 stage

Pastaba / Note: tarp lyginamųjų variantų vidurkių, nesant vienodų raidžių, skirtumai esminiai esant 95 % tikimybės lygiui / Values followed by the same letters are not significantly different ($P < 0,05$).



6 pav. Mineralinio azoto kiekio (y , %) augale priklausomumas nuo mineralinio azoto kiekio (x , mg kg^{-1}) dirvožemyje

Fig. 6. The relationship between the nitrogen content in the plant (y , %) and the mineral nitrogen content in the soil (x , mg kg^{-1})

Tyrimo rezultatai rodo, kad azoto trąšos naudotos tiek vegetacijai prasidėjus, tiek praėjus 16 dienų nuo vegetacijos pradžios ženkliai didino žieminių kviečių derlingumą. Didžiausias ($8,87 \text{ t ha}^{-1}$) žieminių kviečių derlingumas gautas augalus tręšiant amonio ir nitratinio azoto trąšomis 4 dieną nuo vegetacijos pradžios (lentelė). Žieminiai kviečiai, tręšti šiomis trąšomis pačioje vegetacijos pradžioje, išaugino neesmingai mažesnę ($0,04 \text{ t ha}^{-1}$) derlingumą, palyginti su gausiausiu. Žieminių kviečių tręšimas amonio ir nitratinio azoto turinčiomis trąšomis 8 dieną nuo vegetacijos pradžios lėmė

irgi neesmingai besiskiriantį grūdų derlingumą. Tačiau augalai tręšti azoto trąšomis 12 ir 16 dienų nuo vegetacijos pradžios subrandino esmingai mažesnę derlingumą, palyginti su derlingumais, kurie buvo gauti žieminius kviečius tręšiant vegetacijos pradžioje, 4 ir 8 dieną nuo vegetacijos pradžios.

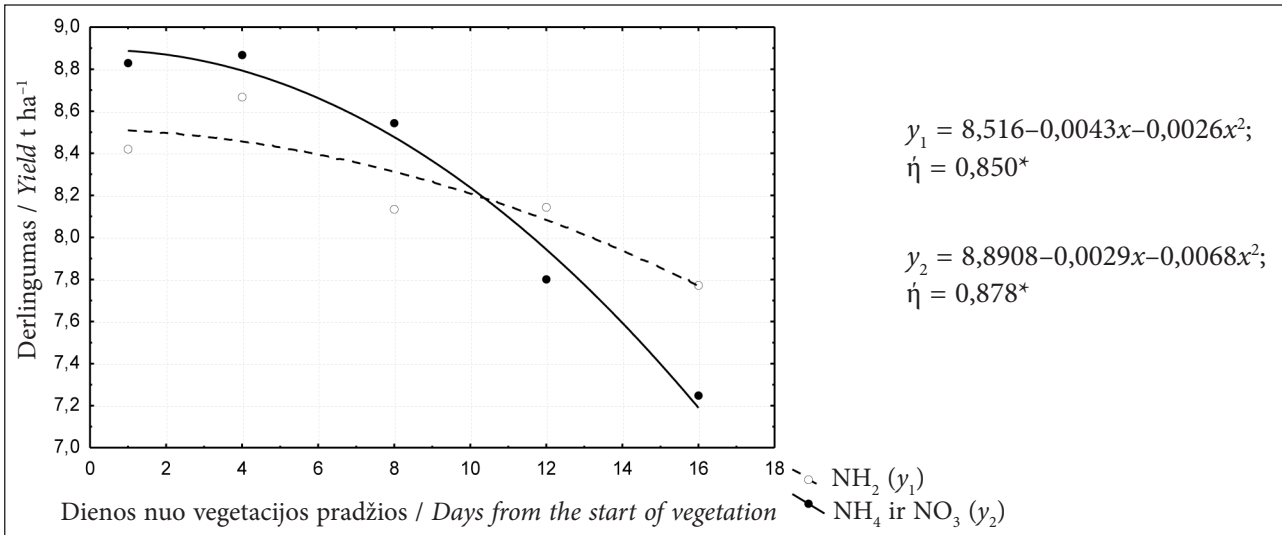
Tyrimo duomenimis, neesminiai mažesni grūdų derlingumo priedai gauti žieminius kviečius tręšiant amidinio azoto trąšomis vegetacijos pradžioje ($0,04 \text{ t ha}^{-1}$) ir 4 dieną nuo vegetacijos pradžios ($0,20 \text{ t ha}^{-1}$), palyginti su gautu gausiausiu derlingumu (lentelė). Žieminius kviečius tręšiant

Lentelė. Skirtingų azoto formų (N-NH_2 , N-NH_4 ir N-NO_3) ir tręšimo laiko įtaka žieminių kviečių grūdų derlingumui

Table. The influence of different nitrogen forms and application time on the grain yield of winter wheat

Tręšimo laikas / Fertilization time (A veiksnys / factor A)	Azoto forma / Nitrogen form (B veiksnys / factor B)	
	N-NH_2	N-NH_4 ; N-NO_3
Netręšta / without fertilizers	6,69ab	6,69a
BBCH 23–25 (vegetacijos pradžia / start of vegetation)	8,42cd	8,83d
BBCH 25–26 (po 4 dienų / after 4 days)	8,67c	8,87d
BBCH 26–27 (po 8 dienų / after 8 days)	7,36b	8,54cd
BBCH 27–28 (po 12 dienų / after 12 days)	8,14c	7,80bc
BBCH 28–29 (po 16 dienų / after 16 days)	7,77bc	7,25ab

Pastaba / Note: tarp lyginamųjų variantų vidurkių, nesant vienodų raidžių, skirtumai esminiai esant 95 % tikimybės lygiui / Values followed by the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).



7 pav. Grūdų derlingumo (y , t ha⁻¹) priklausomumas nuo tręšimo laiko (x , dienų skaičius)

Fig. 7. The relationship between the grain yield (y , t ha⁻¹) and the fertilizer application time (x , number of days)

amidinio azoto trąšomis 8 ir 16 dieną nuo vegetacijos pradžios gauti esmingai mažesni derlingumo priedai, palyginti su derlingumais, gautais augalus tręšiant vegetacijos pradžioje ir 4 dieną nuo vegetacijos pradžios.

Žieminių kviečių derlingumo mažėjimą, vėlinant tręšimą azoto trąšomis krūmijimosi tarpsniu, įrodo ir koreliacinė regresinė derlingumo analizė (7 pav.).

Nustatyti statistškai patikimi ir stiprūs koreliaciniai ryšiai tarp tręšimo laiko ir žieminių kviečių grūdų derlingumo, kuriuos geriausiai apibūdino antro laipsnio regresijos lygtis.

IŠVADOS

1. Mineralinio azoto kiekis dirvožemyje, praėjus 7 dienoms po žieminių kviečių tręšimo amonio ir nitratinę formas turinčiomis trąšomis, buvo vidutiniškai 23,9 % didesnis, negu tręšiant amidinėmis trąšomis.

2. Asimiliacinis lapų plotas buvo esmingai didesnis žieminių kviečių, tręštų amonio ir nitratinę formas turinčiomis trąšomis vegetacijos pradžioje, 4 ir 16 dienomis nuo vegetacijos pradžios, palyginti su amidine forma, o žieminius kviečius tręšiant 8 dieną nuo vegetacijos pradžios efektyvesnis buvo amidinės formos azotas.

3. Chlorofilo indeksas esmingai sumažėjo žieminius kviečius tręšiant amidinės formos azotu 16 dieną nuo vegetacijos pradžios, kitais atvejais skirtingos azoto formos įtakos šiam rodikliui neturėjo.

4. Azoto kiekis žieminiuose kviečiuose nepriklausė nuo tręšimui naudotų azoto formų augalus tręšiant 4–12 dieną nuo vegetacijos pradžios, o augalus tręšiant vegetacijos pradžioje ir 16 dieną nuo vegetacijos pradžios efektyvesnės buvo amonio ir nitratinę formas turinčios azoto trąšos.

5. Didžiausias (8,87 t ha⁻¹) žieminių kviečių grūdų derlingumas gautas augalus tręšiant amonio ir nitratinio azoto trąšomis 4 dieną nuo vegetacijos pradžios. Šiek tiek mažesnius (0,2 t ha⁻¹) grūdų derlingumo priedus išaugino žieminiai kviečiai tręšti šiuo laikotarpiu amidinio azoto trąšomis. Neesminiai derlingumo skirtumai, palyginti su gausiausiu, gauti ir žieminius kviečius tręšiant šiomis trąšomis vegetacijos pradžioje.

6. Nustatyti statistškai patikimi ir stiprūs koreliaciniai ryšiai tarp žieminių kviečių grūdų derlingumo ir tręšimo azoto trąšomis BBCH 23–29 tarpsniu ($\hat{\eta}_{\text{amidinio azoto trąšos}} = 0,850^*$ ir $\hat{\eta}_{\text{amonio ir nitratinio azoto trąšos}} = 0,878^*$).

Gauta 2017 06 22

Priimta 2017 10 23

LITERATŪRA

- Adomaitis T., Vaišvila Z., Mažvila J., Grickevičienė S., Eitminavičius L. 2004. Azoto junginių (NO₃⁻, NH₄⁺, NO₂⁻) koncentracija lizimetų vandenyje skirtingai tręštuose smėlingų priemolių dirvožemiuose. *Žemdirbystė–Agriculture*. T. 15. Nr. 3. P. 59–66.
- Alpaslan M. 2000. The effect of urea application on the urease activity, nitrate and ammonium

- transformation in soils. *Journal of Agricultural Sciences*. Vol. 4. P. 49–56.
3. Asadi M. E., Clemente R. S. 2003. Evaluation of CERES-Maize of DSSAT model to simulate nitrate leaching, yield and soil moisture content under tropical conditions. *Food, Agriculture & Environment*. Vol. 1(3–4). P. 270–276.
 4. Auyeung D. S. N., Suseela V., Dukes J. S. 2013. Warming and drought reduce temperature sensitivity of nitrogen transformations. *Global Change Biology*. Vol. 19. P. 662–676.
 5. Butler S. M., Melillo J. M., Johnson J. E., Mohan J., Steudler P. A., Lux H., Burrows E., Smith R. M., Vario C. L., Scott L., Hill T. D., Aponte N., Bowles F. 2012. Soil warming alters nitrogen cycling in a New England forest: implications for ecosystem function and structure. *Oecologia*. Vol. 168. P. 819–828.
 6. Goloran J. B., Chen C. R., Phillips I. R. 2017. Forms of nitrogen alter plant phosphorus uptake and pathways in rehabilitated highly alkaline bauxite processing residue sand. *Land Degradation & Development*. Vol. 28. P. 628–637.
 7. Espinoza L., Norman R., Slaton N., Daniels M. 2013. *The nitrogen and phosphorous cycle in soils* [žiūrėta 2014-05-14]. Prieiga per internetą: http://search.uaex.edu/search?q=FSA2148-2M-10-05N&site=default_collection&client=uaex&proxystylesheet=uaex
 8. Feizienė D. 2001. Tręšimo mineralinėmis NPK trąšomis skirtingose žemės dirbimo sistemose įtaka javų derliui, bendro N kiekiui ir jo koncentracijai produkcijoje. *Vagos*. Nr. 49(2). P. 15–25.
 9. Füleky G. 2009. Downward movement of fertilizer nitrogen in Hungarian soils. *Fertilizers and Fertilization*. Vol. 37. P. 39–89.
 10. Hill T., Levicki P. 2005. *Statistics: Methods and Applications*. USA. 800 p.
 11. Lapinskas E. 2008. *Azoto pokyčiai dirvožemyje ir jo reikšmė augalams*. Lietuvos žemdirbystės institutas. 320 p.
 12. Lie Ch., Farahbakhshazad N., Jaynes D. B., Dinnes D. L., Salas W., McLaughlin D. 2006. Modeling nitrate leaching with a biogeochemical model modified based on observations in a row-crop field in Iowa. *Ecological Modelling*. Vol. 196. P. 116–130.
 13. Masclaux-Daubresse C., Daniel-Vedele F., Dechorgnat J., Chardon F., Gaufichon L., Suzuki A. 2010. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. *Annals of Botany*. Vol. 105. P. 1141–1157.
 14. Melillo J. M., Butler S., Johnson J., Mohan J., Steudler P., Lux H., Burrows E., Bowles F., Smith R., Scott L. 2011. Soil warming, carbon–nitrogen interactions, and forest carbon budgets. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Vol. 108. P. 9508–9512.
 15. Miller A. J., Cramer M. D. 2004. Root nitrogen acquisition and assimilation. *Plant and Soil*. Vol. 274. P. 1–36.
 16. Owen J. S., Wang M. K., Wang C. H., King H. B., Sun H. L. 2003. Net N mineralization and nitrification rates in a forested ecosystem in northeastern Taiwan. *Forest Ecology Management*. Vol. 176. P. 519–530.
 17. Readman R. J., Beckwith C. P., Kettlewell P. S. 2002. Effects of spray application of urea fertilizer at stem extension on winter wheat: N recovery and nitrate leaching. *The Journal of Agricultural Science*. Vol. 139. P. 11–25.
 18. Smith W. N., Grant B. B., Desjardins R. L., Kroebe R., Li C., Qian B., Worth D. E., McConkey B. G., Drury C. F. 2013. Assessing the effects of climate change on crop production and GHG emissions in Canada. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 179. P. 139–150.
 19. Tarakanovas P., Raudonius S. 2003. *Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPILT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT*. Akademija, Kėdainių r.
 20. *The Nitrates Directive*. 1991 [žiūrėta 2017-05-26]. Prieiga per internetą: http://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/index_en.html
 21. Wali P., Kumar J. P. 2003. Effect of soil type, exchangeable sodium percentage, water content, and organic amendments on urea hydrolysis in some tropical Indian soils. *Soil Research*. Vol. 41. P. 1171–1176.
 22. Wang J., Wang D., Zhang G., Wang Y., Wang C., Teng Y., Christie P. 2014. Nitrogen and phosphorus leaching losses from intensively managed paddy fields with straw retention. *Agricultural Water Management*. Vol. 141. P. 66–73.
 23. Wiesler F., Armbruster M. 2009. The application of the Nmin soil test as an element of integrated nitrogen management strategies in agriculture. *Fertilizers and Fertilization*. Vol. 37. P. 50–58.
 24. Zaman M., Chang S. X. 2004. Substrate type, temperature, and moisture content affect gross and net N mineralization and nitrification rates in agroforestry systems. *Biology and Fertility of Soils*. Vol. 39. P. 269–279.
 25. Žičkienė L., Staugaitis G., Mažvila J., Masevičienė A. 2015. Mineralinio azoto kaita kalvoto reljefo skirtingos granulometrinės sudėties dirvožemiuose. *Žemės ūkio mokslai*. T. 22. Nr. 4. P. 198–208.

Vita Smalstienė, Irena Pranckietienė,
Rūta Dromantienė, Gvidas Šidlauskas

THE INFLUENCE OF DIFFERENT NITROGEN FORMS AND APPLICATION TIME ON WINTER WHEAT

Summary

The research was carried out at the Experimental Station of Aleksandras Stulginskis University during 2015–2016 on medium textured loamy carbonaceous leached soil – *Cal(ca)-ri-Epihyogleyic Luvisols*. The soil of the experimental field was the following: pH_{KCl} 6.8–7.2; phosphorus (P_2O_5) – 423–429 mg kg^{-1} ; potassium (K_2O) – 157–163 mg kg^{-1} ; humus – 2.47–2.82%. The researchers explored the winter wheat crop (*Triticum aestivum* L.) variety 'Skagen' fertilized with amide (N-NH_2), ammonium (N-NH_4) and nitrate (N-NO_3) forms of nitrogen fertilizers in different tillering stages (BBCH 21–29).

7 days after winter wheat was fertilized, the level of mineral nitrogen in the soil was on average 23.9% higher using ammonium–nitrate nitrogen form fertilizers than using amide nitrogen form ones. The index of chlorophyll and the area of leaf were essentially higher when ammonium–nitrate and amide forms of nitrogen fertilizers were used. The biggest effect on the index of chlorophyll and the area of leaf was achieved 16 days after the start of vegetation when plants were fertilized with ammonium–nitrate fertilizers. Plants fertilized with ammonium–nitrate fertilizers gave the biggest yield 4 days after the start of vegetation. Data of the experiment showed strong and statistically reliable bonds of the correlation between the grain yield and the time of fertilization with nitrogen fertilizers ($r_{\text{amide nitrogen fertilizers}} = 0.850^*$ and $r_{\text{ammonium-nitrate fertilizers}} = 0.878^*$).

Keywords: N-NH_2 , N-NH_4 , N-NO_3 , winter wheat, index of chlorophyll, assimilation area of leaves, yield