

Azoto trąšų su klinoptilolitu įtaka mineralinio azoto išplovimui iš armens

Audronė MAŠAUSKIENĖ, Vytautas MAŠAUSKAS

Lietuvos žemdirbystės institutas

Instituto al. 1, Akademija, Kėdainių r. sav.

El. paštas: audrone.masauskiene@lzi.lt, vytautas.masauskas@lzi.lt

Santrauka

Bandymai Lietuvos žemdirbystės institute vegetaciniuose induose daryti 2006 ir 2007 m., lauko sąlygomis – 2005, 2006 ir 2007 m. karbonatingame glėjiškame lengvo priemolio rudžemyje (RDg4-k2), *Endocalcari-Endohypogleyic Cambisol (CMg-n-w-can)*. Į vegetacinius indus buvo įterpta N₂₄₀ norma azoto trąšų su klinoptilolitu, trąšų KAN-27 ir amonio salietros. Kontrolinių indų dirvožemis netreštas azoto trąšomis. Laistyta 21 dieną. Per dieną supilto vandens kiekis atitiko 6,9 mm kritulių. N-NH₄, N-NO₃, suminio mineralinio azoto ir katijonų (išreikštų KCl) mažiausiai buvo išplauta iš dirvožemio, trešto azoto trąšomis su klinoptilolitu, daugiau – iš trąšomis KAN-27 ir daugiausia – iš amonio salietra. Po išplovimo į indus pasėtų, iki bambulėjimo tarpsnio augintų ir su šaknimis išrautų vasarinių miežių orasausės masės mažiausiai buvo induose be azoto trąšų, daugiau – treštuose amonio salietra, dar daugiau – trąšomis KAN-27 ir daugiausia – azoto trąšomis su klinoptilolitu.

Lauko bandymai daryti žieminių kviečių lauke. Azoto trąšas su klinoptilolitu (N₁₂₀) panaudojus vegetacijai atsinaujinus, dirvožemio armenyje N-NH₄, N-NO₃ ir suminio mineralinio azoto koncentracija žieminių kviečių paskutiniojo lapo tarpsniu ir grūdams subrendus buvo didesnė, palyginti su trąšomis KAN-27 treštais laukeliais.

Reikšminiai žodžiai: azoto trąšos, vegetacinis bandymas, lauko bandymas, vasariniai miežiai, žieminiai kviečiai.

Įvadas

Vykdamas ES Tarybos direktyvą 91/676/EEB dėl vandenių apsaugos nuo žemės ūkyje naudojamų nitratų taršos (Nitratų direktyva), ieškoma galimybių tobulinti azoto trąšas. Iškeltas uždavinys pagaminti trąšas, gerinančias augalų mitybos sąlygas, mažinančias vandenių taršą nitratais. R. H. Rines ir kt.¹, apžvelgę paskelbtus duomenis, pažymi, kad ceolitai yra tinkama priemonė siekiant augalams sudaryti sąlygas tenkintis mažesniu vandens ir maisto elementų iš trąšų kiekiu. Ceolitai yra ekologiški gamtiniai mineralai, kuriems būdinga jonų kaita. Jie sorbuoja ir į dirvožemio tirpalą palaipsniui atiduoda amonio bei kitus katijonus ir taip mažina maisto elementų išplovimą bei gerina augalų mitybos sąlygas /Шапацев, 1999; Кудяев и др., 2000; Li et al., 2001; Liu, Lo,

¹ Rines R. H., Toth L., Rines-Toth S. Method of and products for promoting improved growth of plants and more water-efficient growing soil or other media and the like with zeolite crystals treated with preferably water-based plant-derived nutrient extractions and the like / US Patent 7056865. US Patent Issued on June 6, 2006.

2001; He et al., 2002/. Klinoptilolitas yra vienas iš ceolitų. Vienas gramas klinoptilolito gali absorbuoti apie 2,2 mg amonio formos azoto /Watanabe et al., 2003/. Lauko bandymo metu ryžiams įterpus 260 kg karbamido ir tiek pat ceolito, mineralinio azoto patekimas į drenažo vandenį augalų vegetacijos metu sumažėjo 46–56 % /Шеуджен и др., 2002/. Iki <0,25 mm frakcijos susmulkintas klinoptilolitas geriau sorbuoja amonį, palyginti su stambesnių frakcijų klinoptilolitu /Perin et al., 1998/. Lietuvoje darytų nuotekų dumblo apdorojimo mineraliniu ceolitu (prekinis ženklas „ZeoVit sorbentas“²) bandymų metu ceolitas sumažino amoniako garavimą, absorbavo nemalonų dumblo skleidžiamą kvapą, sumažino bakterijų amonifikatorių veiklos intensyvumą /Eitminavičiūtė, 2005/. Mikromicetų veiklai ir mikrofaunos dauginimosi aktyvumui neigiamo poveikio neturėjo.

Sukurtos eksperimentinės azoto trąšos, kurių sudėtyje yra klinoptilolito /Mažeika ir kt., 2008/. Šių trąšų poveikis augalams, maisto elementų migracijai dirvožemyje, palyginti su kitomis azoto trąšomis, nėra ištirtas. Tikimasi, kad azoto trąšos su klinoptilolitu sumažins mineralinio azoto išplovimą su kritulių vandeniu iš armens ir vegetacijos laikotarpiu tolygiai aprūpins augalus azotu.

Tyrimų tikslas – vegetaciniuose induose ištirti mineralinio azoto (N-NH₄ ir N-NO₃) išplovimo iš dirvožemio intensyvumą bei filtracinio vandens konduktyvumą ir mineralinio azoto kiekį armenyje žieminių kviečių vegetacijos metu karbonatingame glėjiškame rudžemyje, patrešius azoto trąšomis su klinoptilolitu.

Sąlygos ir metodai

Eksperimentinių azoto trąšų su klinoptilolitu poveikis mineralinio azoto kiekiui dirvožemio armenyje bei augalų aprūpinimui maisto elementais tirtas vegetaciniuose induose ir lauko bandyme Lietuvos žemdirbystės institute Dotnuvoje. Vegetaciniai bandymai daryti 2006 ir 2007 m. Iš LŽI Bandymų skyriaus paimtas lengvo priemolio karbonatingas rudžemis (RDg4-k2), *Endocalcari-Endohypogleyic Cambisol (CMg-n-w-can)*, vegetaciniams bandymams buvo paruoštas 2006 m. (1 lentelė). Vegetacinių Mičerlicho indų skersmuo – 215 mm, aukštis – 190 mm. Kad induose dirvožemis susislėgtų ir būtų pašalinta didžioji dalis dirvožemyje natūraliai susikaupusio mineralinio azoto, indai be trąšų kasdien laistyti distiliuotu vandeniu. Prasisunkęs vanduo buvo pašalintas. Po 21 dienos į indus pagal bandymo schemą įterpta azoto trąšų. Į vieną indą įterpto su trąšomis azoto kiekis atitiko N₂₄₀ kg ha⁻¹ azoto normą. Bandymo variantai: azoto trąšos su klinoptilolitu, azoto trąšos KAN-27, amonio salietra (NH₄NO₃) ir kontrolinis variantas, kai azoto trąšų nenaudota. Indui teko atitinkamai 3,677 g trąšų su klinoptilolitu, 3,400 g trąšų KAN-27 ir 2,710 g amonio salietros. Eksperimentinės azoto trąšos su klinoptilolitu pagamintos pagal AB „Achema“ IST 156667399-70:2004 „Azoto trąšos su ceolitu“ reikalavimus. Trąšose azoto (N) masės dalis – 25,0 %, amoniakinio (N-NH₄) ir nitratinio (N-NO₃) – lygiomis dalimis, kalcio (CaO) – 6,0 %, magnio (MgO) – 4,0 %. Ceolito masės dalis – 8,0 %, drėgnis – 0,3 %. Trąšų gamybai naudotas Lietuvoje UAB „Elega“ platinamas klinoptilolito ceolitas, turintis kalio bei natrio (K₂O + Na₂O) – 5,03 %, MgO – 1,07 %, CaO – 2,1 %, nedidelį kiekį mikroelementų Mn, Zn ir kt. Taigi į indą su trąšomis įterpto klinoptilolito kiekis atitiko 76,8 kg ha⁻¹ normą.

² Pagrindinės ZeoVit naudojimo sritys. – Elega, 2002. – 4 p.

Trąšos įterptos 2 cm gyliu. Ant paviršiaus užpiltas 1 cm storio kvarcinio smėlio sluoksnis, uždengta filtriniu popieriumi. Bandymas darytas keturiais pakartojimais. Įterpus trąšas, laistyta kiekvieną dieną, į vegetacinį indą supilant ryte 100, vakare 150 ml distiliuoto vandens. Dienos vandens norma atitiko 6,9 mm kritulių. Per 7 dienas buvo surinkta apie 400–500 ml prisisunkusio per dirvožemio profilį vandens. Išmatuotas prisisunkusio vandens tūris ir vandenyje nustatytas amonio, nitratų bei katijonų kiekis. Plovimas kartotas tris kartus po 7 dienas. Po trąšų įterpimo per 21 dieną iš viso prisisunkė 1,2–1,3 litro vandens, o tai sudarytų 33,12–35,88 mm kritulių. Tai atitinka vidutinį kovo–gegužės mėnesiais per glėjiško rudžemio priemolį prisisunkusių kritulių (10–60 mm per mėnesį) kiekį /Tyla ir kt., 1997/.

Po dirvožemio plovimo 2007 m. į kiekvieną vegetacinį indą buvo pasėta po 28 vasarinių miežių veislės 'Luokė' sėklas. Miežiai auginti iki bambėjimo tarpsnio ir išrauti su šaknimis. Šaknys nuplautos. Augalai išdžiovinti ir orasausiai pasverti.

Žieminių kviečių lauko bandymai daryti 2005, 2006 ir 2007 m. Straipsnyje pateikti duomenys variantų, kuriuose naudota N₁₂₀ norma azoto trąšų su klinoptilolitu ir trąšų KAN-27 pavasari, atsinaujinus vegetacijai. Azoto trąšų su klinoptilolitu poveikis azoto migracijai vertintas pagal N-NH₄, N-NO₃ ir suminio mineralinio azoto (N-NH₄ + N-NO₃) kiekį dirvožemio 0–10, 10–20 ir 20–30 cm sluoksniuose. Lauko bandymai daryti keturiais pakartojimais. Dirvožemio ėminiai iš kiekvieno laukelio imti kviečiams pasiekus paskutiniojo lapo (BBCH 39) ir grūdų pilnosios brandos (BBCH 89) tarpsnius. 2005–2007 m. balandžio mėnesį iškrito 42,5–63,4 %, 2005 ir 2006 m. gegužės mėnesį – 86,5–88,5 %, o 2007 m. – 188,8 % daugiamečių normos kritulių. Birželio bei liepos mėnesiais kritulių mažiau už daugiamečių vidurkį buvo 2005 ir 2006 m., daugiau už vidurkį – 2007 m. Taigi 2007 m. augalų augimo ir vystymosi laikotarpiu maisto elementai iš dirvožemio žieminių kviečių lauke migracinio vandens buvo išplaunami labiau, palyginti su 2005 ir 2006 m.

1 lentelė. Dirvožemio agrocheminės savybės

Table 1. Soil agrochemical properties

Dotnuva, 2005–2007 m.

| Rodiklis <i>Variable</i> | Vegetacinis bandymas | Žieminių kviečių lauko bandymas | | |
|---|--|------------------------------------|------|------|
| | <i>Pot trial</i> | <i>Winter wheat field trial</i> | | |
| | Bandymų metai / <i>Experimental year</i> | | | |
| | 2006, 2007 | 2005 | 2006 | 2007 |
| pH _{KCl} | 7,1 | 6,8 | 6,6 | 6,7 |
| Organinė anglis / <i>Organic carbon %</i> | 1,51 | 0,96 | 1,19 | 1,20 |
| Judrusis / <i>Available P₂O₅ mg kg⁻¹</i> | 178 | 191 | 124 | 201 |
| Judrusis / <i>Available K₂O mg kg⁻¹</i> | 115 | 150 | 130 | 180 |
| N _{min.} (N-NH ₄ + N-NO ₃) kg ha ⁻¹ (0–40 cm sluoksnyje lauko bandyme <i>at 0–40 cm layer in field trial</i>) | 52,0–64,1 | 61,0 | 47,8 | 49,1 |

LŽI Cheminių tyrimų laboratorijoje N-NO₃ kiekis vandenyje nustatytas jonometriškai, N-NH₄ – spektrofotometriškai su natrio hipochloritu ir natrio salicilatu. Pagal vandens elektros konduktyvumo rodiklį, nustatytą konduktometru, katijonų kiekis išreikštas KCl. Iš indo išplautų junginių kiekis pateiktas miligramais. Dirvožemyje nustatyta N-NO₃ – vandens tirpale jonometriškai, N-NH₄ – 1 M KCl ištraukoje spektrofotometriškai. Išraiška – mg kg⁻¹ sauso dirvožemio. Suminis mineralinio azoto kiekis yra amonio ir nitratų formos azoto suma (N-NH₄ + N-NO₃). Dirvožemio agrocheminės savybės ištirtos LŽI Agrocheminių tyrimų centre.

Duomenys apdoroti programa *Anova* pagal Fišerio kriterijų /Tarakanovas, Raudonius, 2003/. Per vegetacinį bandymą iš dirvožemio išplautų elementų kiekio priklausomumas nuo tirtų priemonių apskaičiuotas dviem būdais: naudojant keturių variantų (3 rūšių azoto trąšos ir variantas be azoto trąšų) ir trijų variantų (3 rūšių azoto trąšos) duomenis. Veiksniai: dirvožemio savybės bandymų metais (A), tręšimas (B) ir išplovimo tarpsnis (C). Žieminių kviečių lauko bandymų duomenys naudoti tų variantų, kurie kartojosi visus trejus bandymų metus: variantas be azoto trąšų ir variantai, kai panaudota N₁₂₀ norma azoto trąšų su klinoptilolitu bei trąšų KAN-27, trąšas išberiant pavasarį, atsinaujinus vegetacijai. Veiksniai: metai (A), tręšimas (B) ir augalų augimo tarpsnis (C). Mineralinio azoto kiekio kitimo armens sluoksniuose kviečių paskutiniojo lapo bei grūdų pilnosios brandos tarpsniu vertinimo veiksniai buvo metai (A), tręšimas (B) ir armens sluoksniai (C). Esmingumas žymėtas: ** – atitinka 99 %, * – atitinka 95 % tikimybės lygį. Kai tikimybė mažesnė nei 95 %, nurodyta *P*. Pateikta mažiausio esminio skirtumo riba R₀₅.

Rezultatai ir jų aptarimas

Azoto išplovimas iš dirvožemio vegetaciniuose induose. 2006 ir 2007 m. iš vegetacinių indų išplautų maisto elementų kiekis skyrėsi (2 lentelė). Tai aiškintina dirvožemio, kurio buvo pripildyti indai, judriųjų elementų rezorbcijos skirtumais. Dirvožemis, kurio indai buvo pripildyti 2006 m., buvo paimtas iš lauko tais pačias metais. 2007 m. prieš metus paimtam dirvožemiui po išdžiūvimo sudrėkus, buvo rezorbuota daugiau maisto elementų, ir vanduo išplovė didesnę kiekį mineralinio azoto. Bandymo metu naudoto dirvožemio paruošimo skirtumai suteikė galimybę išsamiai ištirti azoto trąšų su klinoptilolitu poveikį išplaunant maisto elementus.

Su filtraciniu vandeniui išplauto amonio kiekis iš esmės priklausė nuo azoto trąšų rūšies. Nitratų ir katijonų, perskaičiuotų į KCl, kiekio esminiai skirtumai tarp tręšimo variantų nustatyti tada, kai lyginti keturi variantai (laisvės laipsnių skaičius – 3), t. y. trijų pavadinimų azoto trąšų veikimas ir kontrolinis variantas (be azoto trąšų). Lyginant skirtingomis azoto trąšomis tręštus variantus (laisvės laipsnių skaičius – 2), nitratinio azoto ir katijonų išplovimo skirtumai įvertinti mažesniu nei 95 % tikimybės lygiu.

2 lentelė. Dirvožemio savybių, azoto trąšų rūšies ir išplovimo tarpsnio poveikis iš vegetacinio indo išplautų N-NH₄, N-NO₃, suminio mineralinio azoto bei katijonų kiekiui
Table 2. The influence of the soil properties, nitrogen fertiliser type and leaching period on the amount of N-NH₄, N-NO₃, total mineral nitrogen and cation content leached per pot
 Dotnuva, 2006–2007 m.

| Kintamieji ¹ Variable ¹ | P | | | | | P | | | | |
|---|---|-------------------|-------------------|--|--|--|-------------------|-------------------|--|--|
| | DDF | N-NH ₄ | N-NO ₃ | N-NH ₄ + N-NO ₃ | Kati- jonai (KCl) Cati- ons (KCl) | DF | N-NH ₄ | N-NO ₃ | N-NH ₄ + N-NO ₃ | Kati- jonai (KCl) Cati- ons (KCl) |
| | Netręštiems ir tręštiems variantams For treatments with and without nitrogen fertiliser | | | | | Tręštiems variantams For treatments with nitrogen fertiliser | | | | |
| Variantai Treatments | 23 | ** | ** | ** | ** | 17 | ** | ** | ** | ** |
| Metai (A) Year (A) | 1 | ** | ** | ** | ** | 1 | ** | ** | ** | ** |
| N trąšos (B) N fertilizers (B) | 3 | ** | ** | ** | ** | 2 | ** | 0,494 | 0,350 | 0,517 |
| Išplovimo tarpsnis (C) Leaching period (C) | 2 | ** | ** | ** | ** | 2 | ** | ** | ** | ** |
| B x C | 6 | * | ** | ** | ** | 4 | ** | 0,562 | 0,469 | 0,770 |
| A x B x C | 6 | 0,252 | ** | ** | ** | 4 | 0,312 | 0,112 | 0,118 | 0,191 |

Pastaba. ¹ – A veiksnys – dirvožemio savybių poveikis 2006 ir 2007 m.; B veiksnys – N trąšos su klinoptilolitu, trąšos KAN-27, amonio salietra ir be N trąšų; C veiksnys – išplovimo tarpsnis (pirmas (I), antras (II) ir trečias (III) 7 dienų tarpsnis). **, * – esminis, esant 99 ir 95 % tikimybės lygiui. DF – laisvės laipsnių skaičius, P – tikimybės dydis.

Note. ¹ – factor A – influence of 2006 and 2007 years' soil properties; factor B – N fertiliser with clinoptilolite, fertiliser KAN-27, ammonium nitrate and without N fertiliser; factor C – leaching period (the first (I), the second (II) and the third (III) 7-day interval). **, * – level of significance (99 and 95 %). DF – degree of freedom, P – probability.

Maisto elementų kiekis, patenkantis į filtracinį vandenį, išplovimo metu kito (3 lentelė).

Per pirmąsias 7 dienas po trąšų įterpimo, t. y. pirmuoju plovimo tarpsniu, ir amonio, ir nitratų formos mineralinio azoto, taip pat katijonų, perskaičiuotų į kalio chloridą (KCl), buvo išplauta mažiau nei per antrąjį išplovimo laikotarpį. Mažiausiai maisto elementų išplauta trečiojo išplovimo metu. Kiekvienu išplovimo laikotarpiu išplauto mineralinio azoto ir katijonų kiekis priklausė nuo azoto trąšų rūšies. Panaudojus azoto trąšas su klinoptilolitu, visais išplovimo tarpsniais prasisunkusiame vandenyje amonio formos azoto kiekis buvo mažesnis, nei panaudojus kitas azoto trąšas. Skirtumas atitiko 95 % tikimybės lygį. Buvo išplauta vienodas kiekis nitratų iš dirvožemio, tręšto ir azoto trąšomis su klinoptilolitu, ir trąšomis KAN-27, esant 95 % tikimybės lygiui.

Tačiau išryškėjo tendencija, kad iš dirvožemio, tręšto azoto trąšomis su klinoptilolitu, nitratų buvo išplauta mažiau nei iš tręšto trąšomis KAN-27. Panaši tendencija pastebėta vertinant katijonų išplovimą: su filtraciniu vandeniu iš azoto trąšomis su klinoptilolitu tręšto dirvožemio išplauta mažiau katijonų, palyginti su kiekiu, išplautu iš trąšomis KAN-27 tręštų vegetacinių indų. Taigi, vertinant įvairiais plovimo tarpsniais išplautų elementų kieki, matyti ryški tendencija, kad iš azoto trąšomis su klinoptilolitu tręštų indų išplauta mažiau maisto elementų, palyginti su trąšomis KAN-27 ir amonio salietra tręštais indais.

3 lentelė. Įvairiais laikotarpiais iš vegetacinio indo dirvožemio išplautų N-NH₄, N-NO₃, suminio mineralinio azoto bei katijonų kiekis

Table 3. The amount of N-NH₄, N-NO₃, total mineral nitrogen and cation content leached per pot during different periods

Dotnuva, 2006 ir 2007 m. vidutiniai duomenys

| Tręšimas (B) | Išplovimo tarpsnis (C) / Leaching period (C) | | | | | | | | | Katijonai (KCl) Cations (KCl) | | |
|--|--|-------|-------|-------------------|-------|-------|---------------------------------------|-------|-------|----------------------------------|-------|-------|
| | I | II | III | I | II | III | I | II | III | | | |
| Fertilisation (B) | N-NH ₄ | | | N-NO ₃ | | | N-NH ₄ + N-NO ₃ | | | | | |
| | mg iš indo / mg pot ⁻¹ | | | | | | | | | | | |
| 1. N netręšta (kontrolinis variantas) <i>Without N fertiliser (control)</i> | 0,213 | 0,366 | 0,037 | 10,45 | 7,64 | 3,31 | 10,66 | 8,00 | 3,35 | 167,8 | 148,9 | 107,9 |
| 2. N su klinoptilolitu <i>N with clinoptilolite</i> | 0,204 | 0,371 | 0,061 | 20,35 | 51,76 | 55,28 | 20,55 | 52,13 | 55,34 | 186,3 | 301,5 | 278,1 |
| 3. KAN-27 | 0,295 | 0,427 | 0,105 | 22,05 | 51,82 | 56,31 | 22,35 | 52,25 | 56,42 | 188,5 | 305,8 | 293,7 |
| 4. NH ₄ NO ₃ | 0,430 | 0,445 | 0,102 | 29,0 | 49,51 | 58,54 | 29,39 | 49,96 | 58,64 | 204,8 | 296,2 | 301,8 |
| R ₀₅ / LSD ₀₅ B x C | 0,0324 | | | 3,701 | | | 3,706 | | | 15,71 | | |

Įvairiais vegetacinių bandymų metais iš azoto trąšomis netręštų indų dirvožemio (kontrolinis variantas) per tris išplovimo tarpsnius išplauto amonio bei nitratų formos azoto ir bendras katijonų, perskaičiuotų į KCl, kiekis buvo panašus (4 lentelė). Iš azoto trąšomis tręštų indų dirvožemio išplautų maisto elementų kiekis priklausė nuo trąšų rūšies. Pirmaisiais bandymų metais iš azoto trąšomis su klinoptilolitu tręštų vegetacinių indų dirvožemio išplauto amonio formos azoto buvo 55,9 % mažiau, palyginti su kiekiu, išplautu iš trąšomis KAN-27 tręštų indų. Įvairiais bandymų metais iš dirvožemio išplautų nitratų ir katijonų kiekis iš esmės nepriklausė nuo to, ar buvo tręšta azoto trąšomis su klinoptilolitu, ar trąšomis KAN-27, tačiau buvo mažesnis, palyginti su iš amonio salietra tręšto dirvožemio išplautu kiekiu.

4 lentelė. Iš vegetacinio indo dirvožemio per 21 dieną išplautų N-NH₄, N-NO₃, suminio mineralinio azoto bei katijonų kiekis

Table 4. The amount of N-NH₄, N-NO₃, total mineral nitrogen and cation content leached per pot

Dotnuva, 2006–2007 m.

| Tręšimas (B) <i>Fertilisation</i> (B) | Metai (A) / Year (A) | | | | | | | |
|--|---|-------|-------------------|--------|---|--------|---|--------|
| | 2006 | 2007 | 2006 | 2007 | 2006 | 2007 | 2006 | 2007 |
| | per 21 dieną išplauta mg iš indo / mg pot ⁻¹ leached per 21-day period | | | | | | | |
| | N-NH ₄ | | N-NO ₃ | | N-NH ₄ + N-NO ₃ | | Katijonai (KCl) <i>Cations</i> (KCl) | |
| 1. N netręšta (kontrolinis variantas) <i>Without</i> <i>N fertiliser</i> <i>(control)</i> | 0,683 | 0,549 | 21,76 | 21,03 | 22,44 | 21,58 | 319,3 | 530,1 |
| 3. N su klinoptilolitu <i>N with</i> <i>clinoptilolite</i> | 0,737 | 0,536 | 70,66 | 184,10 | 71,40 | 184,64 | 472,2 | 1059,5 |
| 3. KAN-27 | 1,143 | 0,512 | 62,15 | 197,97 | 63,29 | 198,48 | 463,9 | 1115,1 |
| 4. NH ₄ NO ₃ | 1,363 | 0,589 | 92,87 | 181,23 | 94,23 | 181,79 | 592,3 | 1013,3 |
| R ₀₅ / LSD ₀₅ (A x B) | 0,1778 | | 14,198 | | 14,553 | | 67,04 | |

Vidutiniais dvejų metų duomenimis, per 21 dieną iš trąšų išplautų maisto elementų kiekis priklausė nuo azoto trąšų rūšies: mažiausias buvo patręšus eksperimentinėmis azoto trąšomis su klinoptilolitu, didesnis – trąšomis KAN-27 ir didžiausias – amonio salietra (5 lentelė). Suskaičiavus hektaro plotui, iš tręšto amonio salietra dirvožemio išplauta 0,269 kg amonio formos bei 37,77 kg nitratų formos azoto, iš tręšto trąšomis KAN-27 – atitinkamai 0,228 bei 35,84 kg, iš tręšto azoto trąšomis su klinoptilolitu – 0,175 bei 35,10 kg azoto. Iš netręšto dirvožemio išplauta 0,170 kg amonio formos ir 5,90 kg nitratų formos azoto.

Į vegetacinius indus per 21 dieną supilto vandens kiekis atitiko 144,9 mm kritulių. Tai 2–4 kartus daugiau, palyginti su 1991–2005 m. per vieną balandžio, gegužės ar birželio mėnesį Kaune iškritusiu vidutiniu kritulių kiekiu (38–62 mm), bet artima absoliučiam šių mėnesių kritulių maksimumui /Lietuvos klimatas, 2007/. Mitybos elementų išplovimas iš vegetacinių indų atitiko sąlygas, kurios susidaro pavasarių mineralinėmis azoto trąšomis patręštame dirvožemyje, po augalų sėjos iškritus maksimaliam kiekiui kritulių. Įvertinus dvejų metų bandymo vegetaciniuose induose duomenis, pastebėta ryški tendencija, kad rezorbuoto ir per 21 dieną išplauto mineralinio azoto, ypač amonio formos, kiekis, patręšus azoto trąšomis su klinoptilolitu, filtraciniame vandenyje buvo mažesnis, palyginti su išplautu iš trąšomis KAN-27 tręšto dirvožemio. Tokia pati tendencija pastebėta įvertinus elektros konduktyvumą: per azoto trąšomis

su klinoptilolitu tręštą dirvožemį prasisunkęs vanduo išplovė šiek tiek mažiau katijonų (mažesnis elektros konduktyvumas), palyginti su kiekiu, išplautu iš trąšomis KAN-27 tręšto dirvožemio. Taigi iš azoto trąšomis su klinoptilolitu tręšto dirvožemio su migruojančiu vandeniu maisto elementai išplaunami lėčiau nei iš tręšto azoto trąšomis KAN-27.

5 lentelė. Iš mineralinėmis azoto trąšomis tręštų vegetacinių indų dirvožemio išplautų N-NH₄, N-NO₃, suminio mineralinio azoto bei katijonų vidutinis kiekis ir miežių vegetatyvinės masės svoris

Table 5. The amount of leached N-NH₄, N-NO₃, total mineral nitrogen and cation content and barely biomass weight per pot

Dotnuva, 2006–2007 m.

| Tręšimas <i>Fertilisation</i> | Vidutiniškai išplauta 2006–2007 m. <i>Averaged (2006–2007) means of leached products</i> | | | | Miežių orasausė biomasė <i>Air-dry biomass of barley 2007</i> | |
|---|---|-------------------|--|--|---|--|
| | N-NH ₄ | N-NO ₃ | N-NH ₄ + N-NO ₃ | Katijonai (KCl) <i>Cations (KCl)</i> | | |
| | | | | | mg iš indo <i>mg pot⁻¹</i> | mg iš indo <i>mg pot⁻¹</i> % |
| 1. N netręšta (kontrolinis variantas) <i>Without N fertiliser (control)</i> | 0,616 | 21,40 | 22,01 | 424,7 | 3,40 | 67,3 |
| 3. N su klinoptilolitu <i>N with clinoptilolite</i> | 0,637 | 127,38 | 128,02 | 765,8 | 5,05 | 100 |
| 3. KAN-27 | 0,828 | 130,06 | 130,89 | 789,5 | 4,95 | 96,2 |
| 4. NH ₄ NO ₃ | 0,976 | 137,05 | 138,03 | 802,8 | 4,14 | 81,9 |
| R ₀₅ / LSD ₀₅ | 0,1164 | 9,295 | 9,527 | 43,89 | 0,323 | 8,93 |

Po maksimalų kritulių kiekį imitavusio augalų mitybos elementų išplovimo į vegetacinius indus pasėtu vasarinių miežių daigai pirmiausia pasirodė induose, kuriuose buvo naudotos trąšos su klinoptilolitu. Po 9 dienų augalai buvo sudygę visuose bandymų induose. Miežiai, augę dirvožemyje, tręstame azoto trąšomis su klinoptilolitu, krūmijimosi tarpsniu sukaupe iki 4,8 % daugiau orasausės masės, palyginti su miežiais, augusiais induose, kuriuose naudotos trąšos KAN-27. Azoto trąšų rūšių skirtingas poveikis augalams išliko net po dirvožemio gausaus plovimo vandeniu. Taigi po 21 dieną trukusio intensyvaus plovimo vandeniu dirvožemyje, tręstame azoto trąšomis su klinoptilolitu, sąlygos miežiams augti buvo geresnės (tendencija), palyginti su tręštu trąšomis KAN-27. Vegetaciniuose induose augintų miežių orasausės masės svoris didėjo taip: tręšti amonio salietra, trąšomis KAN-27 ir azoto trąšomis su klinoptilolitu. Tirpių azoto junginių šalinimo plaunant vandeniu bandymų duomenys parodė, kad augalai iš trąšų azoto pasisavina tuo daugiau, kuo vėliau po jų įterpimo pradedamas išplovimas /Zotarelli et al., 2008/. Šių bandymų metu azoto trąšose su klinoptilolitu buvę amonio ir nitratų jonai dirvožemyje intensyvaus plovimo sąlygomis, matyt, išliko ilgiau ir augalų buvo pasisavinami tolygiau, palyginti su kitų azoto trąšų poveikiu.

Azoto trąšų su klinoptilolitu poveikis mineralinio azoto kiekiui dirvožemyje žieminių kviečių lauko bandymo metu. Mineralinio azoto kiekis lauko, kuriame augo žieminiai kviečiai, dirvožemyje priklausė nuo metų sąlygų, tręšimo ir augalų augimo tarpsnio, kuriuo buvo imti ėminiai (6 lentelė). Mineralinio azoto kiekis dirvožemyje įvairiais žieminių kviečių augimo tarpsniais priklausė nuo to, kokios azoto trąšos buvo naudotos: B x C sąveika buvo esminė.

6 lentelė. Dirvožemio N-NH₄, N-NO₃ ir suminio mineralinio azoto kiekio priklausomumas nuo metų oro sąlygų, azoto trąšų rūšies bei žieminių kviečių augimo tarpsnio

Table 6. The dependence of soil N-NH₄, N-NO₃ and total mineral nitrogen content on the year's weather conditions, nitrogen fertiliser type and winter wheat growth stage

Dotnuva, 2005–2007 m.

| Kintamieji ¹ / Variance ¹ | DF | MS | P | MS | P | MS | P |
|---|--|-------------------|-------|-------------------|-------|---------------------------------------|-------|
| | 0–30 cm sluoksnyje mg kg ⁻¹ at 0–30 cm layer mg kg ⁻¹ | | | | | | |
| | | N-NH ₄ | | N-NO ₃ | | N-NH ₄ + N-NO ₃ | |
| Variantai / Treatments | 17 | 31,14 | ** | 246,78 | ** | 276,58 | ** |
| Metai (A) / Year (A) | 2 | 108,52 | ** | 1193,87 | ** | 951,65 | ** |
| N trąšos (B) N fertiliser (B) | 2 | 32,70 | ** | 434,04 | ** | 674,70 | ** |
| Augimo tarpsnis (C) Growth stage (C) | 1 | 162,58 | ** | 80,40 | ** | 471,64 | ** |
| A x B | 4 | 3,67 | 0,456 | 135,78 | ** | 127,46 | ** |
| A x C | 4 | 7,01 | 0,191 | 44,75 | * | 16,76 | 0,333 |
| B x C | 4 | 25,22 | ** | 77,29 | ** | 127,46 | ** |
| A x B x C | 8 | 1,29 | 0,849 | 17,97 | 0,112 | 21,18 | 0,252 |
| Paklaida / Error | 17 | 3,83 | | 8,38 | | 14,30 | |

Pastaba. ¹ – A veiksnys – 2005, 2006 ir 2007 m.; B veiksnys – N trąšos su klinoptilolitu, trąšos KAN-27 ir kontrolinis variantas (be N trąšų); C veiksnys – žieminių kviečių augimo tarpsnis (BBCH 39 ir BBCH 89). **, * – esminis, esant 99 % ir 95 % tikimybės lygiui. DF – laisvės laipsnių skaičius, MS – kvadratų vidurkis, P – tikimybės dydis.

Note. ¹ – factor A – 2005, 2006 and 2007 year; factor B – N fertiliser with clinoptilolite, fertiliser KAN-27, and control (without N fertiliser); factor C – winter wheat growth stage (BBCH 39 and BBCH 89). **, * – level of significance (99 and 95 %). DF – degree of freedom, MS – mean square, P – probability.

Mineralinio azoto kiekis armenyje paskutiniojo lapo tarpsniu yra svarbus augalų aprūpinimo mitybos elementais rodiklis. Pastebėta tendencija, kad laukeliuose, kuriuose naudotos azoto trąšos su klinoptilolitu, žieminių kviečių paskutiniojo lapo tarpsniu amoniako formos azoto buvo daugiau nei dirvožemyje, tręštame trąšomis KAN-27 (7 lentelė). Taigi trąšomis su klinoptilolitu tręštas dirvožemis absorbavo daugiau amonio, palyginti su dirvožemiu laukelių, kuriuose naudotos trąšos KAN-27. Visais bandymų metais trąšomis su klinoptilolitu tręštų laukelių dirvožemyje nitrato formos azoto buvo daugiau, palyginti su trąšomis KAN-27 tręštais laukeliais. Vidutiniais trejų metų duomenimis, žieminių kviečių paskutiniojo lapo tarpsniu laukelių, kuriuose naudotos azoto trąšos su klinoptilolitu, dirvožemyje N-NH₄ buvo 78,60 %, N-NO₃ – 24,8 % daugiau nei tręštuose trąšomis KAN-27. Todėl žieminių kviečių paskutiniojo lapo

tarpsniu mitybos azotu sąlygos buvo geresnės trąšomis su klinoptilolitu tręštuose laukeliuose, palyginti su tręštais trąšomis KAN-27.

7 lentelė. Azoto trąšų su klinoptilolitu poveikis N-NH₄, N-NO₃ ir suminio mineralinio azoto kiekiui armenyje žieminių kviečių paskutiniojo lapo bei grūdų pilnosios brandos tarpsniais

Table 7. The impact of nitrogen fertiliser with clinoptilolite on the content of N-NH₄, N-NO₃ and total mineral nitrogen in soil arable layer at winter wheat flag leaf and grain fully ripe stages

| Tręšimas <i>Fertilisation</i> | Dotnuva, 2005–2007 m. | | | | | | | |
|--|--|-------|-------|--|-------|-------|--|---------|
| | Paskutiniojo lapo tarpsnis <i>Flag leaf stage</i> (BBCH 39) | | | Grūdų pilnosios brandos tarpsnis <i>Fully ripe grain</i> stage (BBCH 89) | | | 2005–2007 m. vidurkis <i>Mean for</i> 2005–2007 | |
| | 2005 | 2006 | 2007 | 2005 | 2006 | 2007 | BBCH 39 | BBCH 89 |
| N-NH ₄ mg kg ⁻¹ | | | | | | | | |
| 1. N netręšta (kontrolinis variantas) <i>Without N fertiliser (control)</i> | 0,42 | 3,24 | 7,90 | 0,63 | 0,01 | 5,87 | 3,85 | 2,17 |
| 2. N ₁₂₀ N su klinoptilolitu <i>N₁₂₀ N with clinoptilolite</i> | 8,44 | 7,02 | 14,07 | 2,11 | 0,02 | 5,22 | 9,84 | 2,44 |
| 3. N ₁₂₀ KAN-27 R ₀₅ / LSD ₀₅ A x B x C ¹ R ₀₅ / LSD ₀₅ B x C ¹ | 2,11 | 5,79 | 8,62 | 0,72 | 0,01 | 4,80 | 5,51 | 1,84 |
| | 4,130 | | | | | | 1,377 | |
| N-NO ₃ mg kg ⁻¹ | | | | | | | | |
| 1. N netręšta (kontrolinis variantas) <i>Without N fertiliser (control)</i> | 5,59 | 6,8 | 4,60 | 4,26 | 15,19 | 6,09 | 5,66 | 8,51 |
| 2. N ₁₂₀ N su klinoptilolitu <i>N₁₂₀ N with clinoptilolite</i> | 15,34 | 37,0 | 13,89 | 5,80 | 33,17 | 8,21 | 22,08 | 15,73 |
| 3. N ₁₂₀ KAN-27 R ₀₅ / LSD ₀₅ A x B x C ¹ R ₀₅ / LSD ₀₅ B x C ¹ | 14,83 | 32,87 | 5,36 | 3,34 | 25,93 | 7,39 | 17,69 | 12,22 |
| | 6,11 | | | | | | 2,036 | |
| N-NH ₄ + N-NO ₃ | | | | | | | | |
| 1. N netręšta (kontrolinis variantas) <i>Without N fertiliser (control)</i> | 6,01 | 10,04 | 12,50 | 4,89 | 15,20 | 11,96 | 9,51 | 10,68 |
| 2. N ₁₂₀ N su klinoptilolitu <i>N₁₂₀ N with clinoptilolite</i> | 23,78 | 44,02 | 27,96 | 7,91 | 33,19 | 13,43 | 31,92 | 18,17 |
| 3. N ₁₂₀ KAN-27 R ₀₅ / LSD ₀₅ A x B x C ¹ R ₀₅ / LSD ₀₅ B x C ¹ | 16,74 | 38,66 | 13,98 | 4,06 | 25,94 | 12,19 | 23,20 | 14,06 |
| | 7,980 | | | | | | 2,659 | |

Pastaba. ¹ – A veiksnys – 2005, 2006 ir 2007 m.; B veiksnys – N trąšos su klinoptilolitu, trąšos KAN-27 ir kontrolinis variantas (be N trąšų); C veiksnys – žieminių kviečių augimo tarpsnis (BBCH 39 ir BBCH 89).

Note. ¹ – factor A – 2005, 2006 and 2007 year; factor B – N fertiliser with clinoptilolite, fertiliser KAN-27, and control (without N fertiliser); factor C – winter wheat growth stage (BBCH 39 and BBCH 89).

Žieminių kviečių grūdų pilnosios brandos tarpsniu laukeliuose, kuriuose buvo panaudota azoto trąšų su klinoptilolitu, amonio ir nitratų formos mineralinio azoto junginių vėlgi buvo daugiau, atitinkamai 32,6 ir 28,7 %, nei trąšomis KAN-27 tręštuose laukeliuose. Taigi, vegetacijos metu panaudojus trąšas su klinoptilolitu, mineralinio azoto pasisavinimas iš dirvožemio vyko laipsniškai. Taigi mažinant pagrindiniams augalams skiriamų azoto trąšų normas, augalų derlius nesumažėtų, bet būtų sumažinta azoto junginių migracijos į gilesnius sluoksnius rizika.

Vakarų Lietuvos rūgštokame balkšvažemyje 2007 m. darytų bandymų metu azoto trąšomis su klinoptilolitu tręstame dirvožemyje mineralinio azoto koncentracija žieminių kviečių paskutiniojo lapo tarpsniu ir po pjūties buvo beveik tokia pat, kaip ir panaudojus trąšas KAN-27 /Mašauskas ir kt., 2008/. Tikėtina, kad augalų vegetacijos antroje pusėje iškritus dvigubai didesniai kiekiui kritulių, palyginti su daugiamečiu vidurkiu, mitybos elementai iš dirvožemio, tręšto ir azoto trąšomis su klinoptilolitu, ir trąšomis KAN-27, buvo intensyviai išplaunami.

Trejų metų duomenimis, žieminiams kviečiams esant paskutiniojo lapo tarpsnio, dirvožemio 0–10, 10–20 ir 20–30 cm armens sluoksniuose suminio mineralinio azoto buvo iš esmės – atitinkamai 47,0, 24,2 ir 32,10 % – daugiau patręšus azoto trąšomis su klinoptilolitu, palyginti su tręštu trąšomis KAN-27 (8 lentelė). Grūdų pilnosios brandos tarpsniu azoto trąšų rūšių skirtingas poveikis suminiam mineralinio azoto kiekiui išliko tik dirvožemio 0–10 ir 10–20 cm sluoksniuose: patręšus azoto trąšomis su klinoptilolitu, suminio mineralinio azoto buvo atitinkamai 30,3 ir 34,8 % daugiau, nei panaudojus trąšas KAN-27.

8 lentelė. Azoto trąšų su klinoptilolitu poveikis N-NH₄, N-NO₃ ir suminio mineralinio azoto kiekiui dirvožemio įvairiuose armens sluoksniuose žieminių kviečių paskutiniojo lapo bei grūdų pilnosios brandos tarpsniais

Table 8. The impact of nitrogen fertiliser with clinoptilolite on the content of N-NH₄, N-NO₃, total mineral nitrogen at various soil layers at winter wheat flag leaf and grain fully ripe stages

Dotnuva, 2005–2007 m.

| Tręšimas (B) <i>Fertilization (B)</i> | Žieminių kviečių augimo tarpsnis <i>Winter wheat growth stage</i> | | | | | |
|---|--|-------|-------|--|--------|-------|
| | Paskutiniojo lapo tarpsnis <i>Flag leaf stage</i> (BBCH 39) | | | Grūdų pilnosios brandos tarpsnis <i>Fully ripe grain stage</i> (BBCH 89) | | |
| | Armens sluoksnis cm (C) / <i>Arable layer cm (C)</i> | | | | | |
| | 0–10 | 10–20 | 20–30 | 0–10 | 10–20 | 20–30 |
| N-NH ₄ mg kg ⁻¹ | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1. N netręšta (kontrolinis variantas) <i>Without N fertiliser (control)</i> | 1,309 | 1,104 | 1,441 | 0,812 | 0,864 | 0,489 |
| 2. N ₁₂₀ N su klinoptilolitu <i>N₁₂₀ N with clinoptilolite</i> | 5,608 | 2,706 | 1,528 | 1,313 | 0,802 | 0,328 |
| 3. N ₁₂₀ KAN-27 | 2,882 | 1,392 | 1,232 | 0,645 | 0,826 | 0,371 |
| R ₀₅ / LSD ₀₅ B x C | 0,9932 | | | | 0,1227 | |

8 lentelės tęsinys

Table 8 continued

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|-------|-------|------|------|-------|------|
| N-NO ₃ mg kg ⁻¹ | | | | | | |
| 1. N netręšta (kontrolinis variantas) <i>Without N fertiliser (control)</i> | 2,03 | 1,85 | 1,79 | 3,69 | 2,87 | 1,95 |
| 2. N ₁₂₀ N su klinoptilolitu <i>N₁₂₀ N with clinoptilolite</i> | 10,47 | 7,58 | 4,02 | 6,77 | 6,44 | 2,52 |
| 3. N ₁₂₀ KAN-27 | 8,06 | 6,66 | 2,97 | 5,55 | 4,54 | 2,13 |
| R ₀₅ / LSD ₀₅ B x C | | | | | 0,877 | |
| N-NH ₄ + N-NO ₃ mg kg ⁻¹ | | | | | | |
| 1. N netręšta (kontrolinis variantas) <i>Without N fertiliser (control)</i> | 3,34 | 2,95 | 3,23 | 4,50 | 3,73 | 2,44 |
| 2. N ₁₂₀ N su klinoptilolitu <i>N₁₂₀ N with clinoptilolite</i> | 16,08 | 10,29 | 5,55 | 8,08 | 7,24 | 2,85 |
| 3. N ₁₂₀ KAN-27 | 10,94 | 8,05 | 4,20 | 6,20 | 5,37 | 2,50 |
| R ₀₅ / LSD ₀₅ B x C | | | | | 0,907 | |

Pastaba. ¹ – B veiksnys – N trąšos su klinoptilolitu, trąšos KAN-27 ir kontrolinis variantas (be N trąšų); C veiksnys – armens sluoksniai. R₀₅ skaičiuota atskirai žieminių kviečių augimo tarpsniams (BBCH 39 ir BBCH 89).

Note. ¹ – factor B – N fertiliser with clinoptilolite, fertiliser KAN-27, and control (without N fertiliser); factor C – arable layers. LSD₀₅ calculated for separate winter wheat growth stages (BBCH 39 and BBCH 89).

Tai, kad azoto trąšomis su klinoptilolitu tręštame dirvožemyje mineralinio azoto buvo daugiau, palyginti su laukeliais, tręštais trąšomis KAN-27, gali būti nulemta įvairių veiksnių. Vienas jų galėjo būti tai, kad augalai pasisavino mažiau azoto, todėl jo daugiau liko dirvožemyje. Galutinis rezultatas – grūdų derlius ir hektaro grūduose sukaupto azoto kiekis – parodė, kad azoto trąšomis su klinoptilolitu tręštų žieminių kviečių grūdų derlius ir azoto kiekis hektaro grūdų derliuje buvo ne mažesnis nei azoto trąšomis KAN-27 tręštų laukelių (9 lentelė). Matyt, azoto trąšomis su klinoptilolitu tręštame dirvožemyje augalų vegetacijos metu didesnę mineralinio azoto junginių kiekį lėmė šių trąšų sudėtyje esančio klinoptilolito savybė sorbuoti ir palaipsniui rezorbuoti jonus. Tai patvirtina bandymai, kurių metu žieminių kviečių augaluose grūdams subrendus vegetaciniuose induose, į kuriuos kartu su azoto trąšomis įterpta didelis kiekis (15 t ha⁻¹) klinoptilolito, azoto kiekis padidėjo 141 % /Tsadilas, Argyropoulos, 2006/.

Vegetaciniuose induose su 1–2 % klinoptilolito priedu išaugintų sėklų savybių tyrimai parodė, kad klinoptilolitas teigiamai veikė augalų sėklų savybes /Khan et al., 2009/. Šių tyrimų metu klinoptilolito kiekis, tenkantis hektaro plotui, buvo žymiai mažesnis, palyginti su bandymais, kurių metu naudotas grynas klinoptilolitas. Todėl azoto trąšose buvusio klinoptilolito teigiamas poveikis dirvožemio ir augalų rodikliams lauko sąlygomis dėl didelės meteorologinių veiksnių įtakos augalų nebuvo visiškai išnaudotas. Tačiau nuoseklios tendencijos leidžia teigti, kad panaudojus azoto trąšas su klinoptilolitu sulėtėjo mineralinio azoto išplovimas iš augalų šaknų srities (0–30 cm dirvožemio sluoksnio), vegetacijos metu augalų mineralinio azoto pasisavinimas buvo vienodesnis, palyginti su trąšų KAN-27 veikimu. Taigi poveikio dirvožemiui, augalams ir aplinko-

saugos atžvilgiu azoto trąšos su klinoptilolitu prilygsta trąšoms KAN-27, o kartais yra už jas ir pranašesnės.

9 lentelė. Azoto trąšų su klinoptilolitu poveikis žieminių kviečių grūdų derliui ir azoto kiekiui hektaro grūdų derliuje

Table 9. The impact of nitrogen fertiliser with clinoptilolite on winter wheat grain yield and nitrogen content per hectare

Dotnuva, 2005–2007 m.

| Tręšimas Fertilisation | Metai / Year | | | 3 metų vidurkis mean for 3 years | Metai / Year | | | 3 metų vidurkis mean for 3 years |
|---|--|--------|--------|---|---|-------|-------|---|
| | 2005 | 2006 | 2007 | | 2005 | 2006 | 2007 | |
| | Grūdų / Grain yield t ha ⁻¹ | | | | N kg ha ⁻¹ grūduose / in grain | | | |
| 1. N netręšta (kontrolinis variantas) Without N fertiliser (control) | 4,750 | 4,926 | 4,592 | 4,756 | 95,8 | 109,8 | 69,6 | 91,7 |
| 2. N ₁₂₀ N su klinoptilolitu N ₁₂₀ N with clinoptilolite | 7,715 | 5,700 | 6,354 | 6,590 | 161,1 | 156,0 | 134,1 | 150,4 |
| 3. N ₁₂₀ KAN-27 | 7,610 | 5,593 | 6,355 | 6,519 | 158,9 | 156,0 | 131,6 | 148,8 |
| R ₀₅ / LSD ₀₅ | 0,4700 | 0,5488 | 0,3105 | 0,4431 | 9,73 | 14,27 | 6,02 | 10,01 |

Išvados

1. Vidutiniais dvejų metų duomenimis, iš neutraliu lengvo priemolio rudžemiu pripildytų vegetacinių indų, į kuriuos įterpta N₂₄₀ norma azoto trąšų su klinoptilolitu, intensyvaus išplovimo (atitinkamai 48,3 mm kritulių per 7 paras) metu su filtraciniu vandeniu per pirmąsias 7 paras buvo išplauta 44,6 % mažiau N-NH₄ ir 8,8 % mažiau suminio mineralinio azoto, palyginti su kiekiu, analogiškėmis sąlygomis išplautu iš dirvožemio, tręšto trąšomis KAN-27.

2. Per 21 parą (144,9 mm kritulių) iš azoto trąšomis tręštų indų dirvožemio buvo išplauta 3,4–58,4 % daugiau N-NH₄, 6,0–6,4 karto daugiau N-NO₃, 80,3–89,0 % daugiau katijonų, palyginti su dirvožemiu indų, kai azoto trąšos nenaudotos. Iš vegetacinių indų išplautų N-NH₄, N-NO₃, suminio mineralinio azoto (N-NH₄ + N-NO₃) ir katijonų (išreikštų KCl) kiekis priklausė nuo trąšų rūšies: mažiausias buvo patręšus azoto trąšomis su klinoptilolitu, didesnis – trąšomis KAN-27, didžiausias – amonio salietra.

3. Po azoto trąšomis su klinoptilolitu tręšto dirvožemio intensyvaus išplovimo vegetaciniuose induose pasėti ir iki bambėjimo tarpsnio auginti miežiai sukauė 3,8 % daugiau orasausės masės, palyginti su augusiais trąšomis KAN-27 tręštuose induose.

4. Vidurio Lietuvos neutraliame lengvo priemolio rudžemyje, kuriame žieminiai kviečiai tręšti N₁₂₀ norma azoto trąšų su klinoptilolitu pagal, trejų metų vidutiniais duomenimis, 0–30 cm sluoksnyje žieminių kviečių paskutiniojo lapo tarpsniu buvo 78,6 % daugiau N-NH₄, 24,8 % daugiau N-NO₃, 37,6 % daugiau suminio mineralinio azoto, palyginti su trąšomis KAN-27 tręštu dirvožemiu. Grūdams visiškai subrendus, azoto trąšomis su klinoptilolitu tręštame dirvožemyje mineralinio azoto buvo 28,7–32,6 % daugiau, palyginti su kiekiu, buvusiu trąšomis KAN-27 tręštame dirvožemyje.

5. Suminio mineralinio azoto žieminių kviečių paskutiniojo lapo tarpsniu azoto trąšomis su klinoptilolitu tręšto dirvožemio 0–10 cm sluoksnyje buvo 47,0 %, 20–30 cm sluoksnyje – 24,2 % daugiau, grūdams pilnai subrendus – atitinkamai 30,3 ir 34,8 % daugiau, nei tręštame trąšomis KAN-27. Mineralinio azoto kiekis abiejų rūšių trąšomis tręšto dirvožemio 20–30 cm sluoksnyje buvo iš esmės vienodas.

6. Žiemius kviečius patręšus N_{120} norma azoto trąšų su klinoptilolitu, gautas iš esmės vienodas grūdų derlius ir hektaro grūduose sukaupta tiek pat azoto, kaip ir juos patręšus trąšomis KAN-27.

Padėka

Projektą „Nitratinių trąšų tobulinimas ir naujų sukūrimas“ inicijavo AB „Achema“, parėmė Lietuvos Respublikos ūkio ministerija bei Lietuvos verslo paramos agentūra ir iš dalies finansavo Europos Sąjunga.

Gauta 2009 06 26

Pasirašyta spaudai 2009 10 21

LITERATŪRA

1. Eitminavičiūtė I. Nuotekų dumblo tvarkymo rekomendacijos naudojant „ZeoVit sorbentą“. – Vilnius, 2005. – 23 p.

2. He Z. L., Calvert D. V., Alva A. et al. Clinoptilolite zeolite and cellulose amendments to reduce ammonia volatilization in a calcareous sandy soil // *Plant and Soil*. – 2002, vol. 247, No. 2, p. 253–260

3. Khan H., Khan A. Z., Khan R. Influence of zeolite application on germination and seed quality of soybean grown on allophanic soil // *Research Journal of Seed Science*. – 2009, vol. 2, iss. 1, p. 1–8

4. Lietuvos klimatas: monografija / Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos. – Vilnius, 2007. – 207 p.

5. Li H., Li C., Zhang X. et al. Effect of natural zeolite on soil nutrient bioavailability and soil chemical properties // *Yingyong Shengtai Xuebao*. – 2001, vol. 12, No. 5, p. 743–745 (abstract)

6. Liu C. H., Lo K. V. Ammonia removal from composting leachate using zeolite. I. Characterization of the zeolite // *Journal of Environmental Science and Health. Part A: Toxic / Hazardous Substances & Environmental Engineering*. – 2001, vol. A36, No. 9, p. 1671–1688

7. Mašauskas V., Mašauskienė A., Bernotas S., Repšienė R. Azoto trąšų su klinoptilolitu (ceolitu) poveikis azoto iš dirvožemio plovimo mažinimui / Nitratinių trąšų tobulinimas, naujų sukūrimas ir jų efektyvumo įvertinimas: mokslinių straipsnių rinkinys // AB „Achema“, LŽI, LŽŪU, LSDI. – Jonava, 2008, p. 18–29

8. Mažeika R., Cigienė A., Tatariškinaitė L. Nitratinių trąšų tobulinimas ir naujų sukūrimas / Nitratinių trąšų tobulinimas, naujų sukūrimas ir jų efektyvumo įvertinimas: mokslinių straipsnių rinkinys // AB „Achema“, LŽI, LŽŪU, LSDI. – Jonava, 2008, p. 5–17

9. Perin T. S., Boettinger J. L., Drost D. T., Norton J. M. Decreasing nitrogen leaching from sandy soil with ammonium-loaded clinoptilolite // *Journal of Environment Quality*. – 1998, vol. 27, p. 656–663

10. Tarakanovas P., Raudonius S. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas *Anova*, *Stat*, *Split-Plot* iš paketo *Selekcija* ir *Irristat*. – Akademija, Kėdainių r., 2003. – 57 p.

11. Tyla A., Rimšelis J., Šleinys R. Augalų maisto medžiagų išplovimas iš įvairių dirvožemių. – Akademija, Kėdainių r., 1997. – 25 p.

12. Tsadilas C. D., Argyropoulos G. Effect of clinoptilolite addition to soil on wheat yield and nitrogen uptake // Communication in Soil Science and Plant Analysis. – 2006, vol. 37, iss. 15–20, p. 2691–2699

13. Watanabe Y., Moriyoshi Y., Yamada H. et al. Ammonium ion exchange behaviors on natural clinoptilolites // Journal of Ion Exchange. – 2003, vol. 14, p. 217–220

14. Zotarelli L., Scholberg J. M., Dukes M. D., Munoz-Carpena R. Fertilizer residence time affects nitrogen uptake efficiency and growth of sweet corn // Journal of Environment Quality. – 2008, vol. 37, p. 1271–1278

15. Кудавев М., Шхапацев А., Шеуджен А., Елисеев Н. Агрэколагическая эффективностъ применения цеолитов в рисоводстве. – Майкоп, 2000. – 86 с.

16. Шеуджен А. Х., Шхапацев А. К., Бочко Т. Ф. Влияние цеолитов на агрохимические показатели плодородия лугово-черноземной почвы и урожайность риса // Агрохимия. – 2002, № 8, с. 14–20

17. Шхапацев А. К. Перспективы использования цеолитосодержащих пород Адыгей в сельском хозяйстве // Вестник Краснодарского научного центра АМАН. – 1999, с. 57–59

ISSN 1392-3196

Zemdirbyste-Agriculture, vol. 96, No. 4 (2009), p. 32–46

UDK [633.11“324”+633.16“321”]:631.84:631.816.3

The impact of nitrogen fertiliser containing clinoptilolite on nitrogen leaching from arable layer

A. Mašauskienė, V. Mašauskas

Lithuanian Institute of Agriculture

Summary

Pot trails were conducted in 2006 and 2007 and field trails were carried out in 2005, 2006 and 2007 at the Lithuanian Institute of Agriculture on a light loamy *Endocalcariepihypogleyic Cambisol (CMg-n-w-can)*. The pots were fertilised according to N₂₄₀ rate and watered for 21 days. The daily rate of water corresponded to 6.9 mm of rainfall. According to increasing amount of leached N-NH₄, N-NO₃, total mineral nitrogen (N-NH₄ + N-NO₃) and cations (calculated as KCl) mineral fertilisers were ranked in the following order: pots without nitrogen fertiliser, nitrogen fertiliser containing clinoptilolite, nitrogen fertiliser KAN-27, and ammonium nitrate. Spring barley was sown after leaching. According to the increase in plant and root air-dry biomass per pot, at stem elongation stage treatments ranked as follows: without fertilisation, fertilised with ammonium nitrate, KAN-27 fertiliser and nitrogen fertiliser containing clinoptilolite.

Field trails were conducted with winter wheat. Nitrogen fertiliser containing clinoptilolite (N₁₂₀), applied after resumption of growth increased the amount of N-NH₄, N-NO₃ and total mineral nitrogen in the arable layer compared with the plots applied with KAN-27.

Key words: nitrogen fertiliser, pot trail, field trail, spring barley, winter wheat.