

## ŠIAUDŲ MINERALIZAVIMO, AZOTO TRĄŠŲ IR INOKULIAVIMO VEIKSMINGUMAS RAUDONŲJŲ DOBILŲ SIMBIOTINIO AZOTO FIKSACIJAI

Edmundas LAPINSKAS, Loreta PIAULOKAITĖ-MOTUZIENĖ

Lietuvos žemdirbystės instituto Vėžaičių filialas

Vėžaičiai, Klaipėdos r.

El. paštas edmundas@vezaiciai.lzi.lt

### Santrauka

Lietuvos žemdirbystės instituto Vėžaičių filiale 2005–2007 m. daryti laboratoriniai ir vegetaciniai bandymai, siekiant nustatyti šiaudų mineralizavimo, pradinės azoto normos ir inokuliavimo gumbelinėmis bakterijomis (*Rhizobium leguminosarum* bv. trifolii) veiksmingumą raudonųjų dobilų simbiotinio azoto fiksacijai, kartu įvertinant dirvožemio mikroorganizmų populiacijų pokyčius.

Bandymais nustatyta, kad nepasotintame giliau glėžiškame pakalkintame balkšvažemyje ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  6,1–6,8), be organinių trąšų, didžiausią teigiamą poveikį raudonųjų dobilų biomasei (SM masės priedas sudarė 12 %) turėjo inokuliavimas ir pradinės azoto normos ( $21 \text{ mg N kg}^{-1}$ ) derinys. Įterpiant vidutinę šiaudų normą ( $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio), inokuliavimas ir azoto trąšos, nepriklausomai nuo pastarojo normos, turėjo vienodą poveikį. Tręšiant didele šiaudų norma ( $3,0 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio), dobilams buvo veiksmingas tik inokuliavimas ar vidutinė azoto trąšų norma ( $42 \text{ mg N kg}^{-1}$ ).

Be tręšimo šiaudais, daugiausia gumbelių sudarė inokuliuoti, bet azotu netręšti augalai. Pradinė azoto norma palankiai veikė tik neinokuliuotų dobilų gumbelių formavimąsi. Šiaudų įterpimas be inokuliavimo ar azoto trąšų neturėjo jokio poveikio augalo gumbeliams.

Daugiausia biologinio azoto (38 % daugiau nei kontroliniai augalai) fiksavo dobilai, derinant inokuliavimą su didele ( $3,0 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio) šiaudų norma. Tręšimo šiaudais ( $1,5$  ir  $3,0 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio) ir inokuliavimo derinimas azotą fiksuojantį fermentą nitrogenazę suaktyvino 41–60 %.

Šiaudų normos ( $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio) ir inokuliavimo derinimas labiausiai stimuliuavo judriųjų sacharidų susikaupimą augalų antžeminėje dalyje. Cukrų pagausėjo nuo  $406 \text{ mg indo}^{-1}$  (kontroliniame variante) iki  $909 \text{ mg indo}^{-1}$ . Šiaudų normos didinimas daugiau nei  $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio nepadėjo papildomai sukaupti judriųjų sacharidų.

Didinant šiaudų normą, dirvožemio amonifikuojančių ir mineraliniu azotu mintančių mikroorganizmų santykis didėjo nuo 1,20 iki 1,71, t. y. šiaudų įterpimas skatino organinės medžiagos mineralizacijos procesus. Mikromicetai labiau išplito netręšiant augalų šiaudais, bet tręšiant azoto trąšomis arba tręšiant didele jų norma ir derinant su inokuliuoimu.

Reikšminiai žodžiai: *Rhizobium*, šiaudų mineralizacija, azoto trąšos, azoto fiksacija, raudonieji dobilai.

## Ivadas

Iš visų biologinių azotą fiksuojančių mikroorganizmų daugiausia azoto sukaupia ankštinių augalų ir gumbelinių bakterijų simbiozė. Vidutinio klimato zonoje simbiotinės sistemos fiksuoja nuo 25 iki 250 kg N ha<sup>-1</sup> per metus /Lapinskas, 1998; Hartwig, Soussana, 2001; Maikštėnienė, Arlauskienė, 2005/. Ankštinių augalų simbiozės efektyvumą ir sukaupto azoto kiekį lemia gumbelinių bakterijų gebėjimas fiksuoti atmosferos azotą ir jų paplitimas dirvožemyje. Ypač gumbelinių bakterijų maža bei nepakankamas jų simbiotinis efektyvumas rūgščiuose ir maisto medžiagų požiūriu neturtinguose dirvožemiuose /Patyka et al., 1995; Ambrazaitienė, 2003/.

Dėl to ankštinių augalų inokuliacija laikoma veiksminga agrobiologine priemone, aktyvinant ankštinių simbiozę. JAV mokslininko T. Stalio tyrimais, ankštinių augalų inokuliacija kalkintuose dirvožemiuose gali būti veiksminga, kai dirvožemyje spontaninių gumbelinių bakterijų efektyvumas atsilieka nuo nitragininių, nepriklausomai nuo pirmųjų skaičiaus dirvožemyje /Staley, Voigt, 2000/. Be teigiamos įtakos ankštinių augalų augimui ir derliui, inokuliacija didina simbiotinio azoto fiksaciją: ankštinių javų – 24–95 kg N ha<sup>-1</sup> ir ankštinių žolių – 19–135 kg N ha<sup>-1</sup>.

Azotui fiksuoti gumbelinės bakterijos kaip elektronų šaltinį gali panaudoti įvairias energetines medžiagas: tirpius angliavandenius, organines rūgštis ir kitus junginius, turinčius vandenilio /Vasiljeva, Kostov, 2001/.

Mineralinio azoto normos, viršijančios 20–30 kg N ha<sup>-1</sup>, pradeda slopinti simbiotinio azoto fiksacijos procesą ar visiškai jį nuslopina, priklausomai nuo augalo rūšies ir gumbelinių bakterijų štamo, 120–180 kg N ha<sup>-1</sup>. O organinio azoto 210 kg N ha<sup>-1</sup> norma, arba 40 t ha<sup>-1</sup> galvijų mėšlo, padidino liucernų sausųjų medžiagų derlių vidutiniškai 42 % ir nesumažino azoto fiksacijos /Vassileva, Ignatov, 1999/. Vis tik reikia pažymėti, kad baltųjų dobilų ir daugiamečių svidrių ganykloje, ganant karves (4–6 karvės ha<sup>-1</sup>), simbiotinio azoto fiksuota 10–15 % mažiau, negu tokį pat žolyną šienaujant /Vasiljeva, Kostov, 2001/. Tokiu būdu mėšlo ir gyvulių ekskrementų poveikis azoto fiksacijai yra skirtingas.

Nustatyta, kad šiaudų įterpimas palankiai veikia gumbelinių bakterijų paplitimą dirvožemyje. Prieš įrengiant bandymą sojų gumbelinių bakterijų buvo skaičiuojama vos kelios dešimtys tūkst. g<sup>-1</sup> dirvožemio, o bandymą baigiant šiaudais apartame dirvožemyje jų kiekis išaugo iki 10<sup>5</sup> ląstelių g<sup>-1</sup>; kontroliniame (be šiaudų) dirvožemyje gumbelinių bakterijų skaičius iš esmės nepakito /Лисичкина, Кожевин, 1984/. Šiaudų įterpimas teigiamai veikia ne tik javų, bet ir liucernų derlių. J. Grišino tyrimų duomenimis, visuose šiaudų ir įvairių trąšų variantuose žieminių kviečių derliaus priedai sudarė 14–27 %, o liucernų – 18–36 %. Tačiau didžiausias pirmųjų naudojimo metų liucernų žaliosios masės derlius (96,6 t ha<sup>-1</sup>) buvo gautas šiaudus (10 t ha<sup>-1</sup>) naudojant su mėšlo srutomis (20 t ha<sup>-1</sup>). Liucernų derlius be organinių trąšų sudarė 71,0 t ha<sup>-1</sup> /Гришин, 1997/.

Organinių trąšų poveikis ankštinių augalų simbiozei ir biologinio azoto fiksacijai Lietuvoje mažai tyrinėtas, o apie šiaudų įtaką azoto fiksacijos procesams iš viso nebuvo darbų. D. Ambrazaitienė išsamiau tyrinėjo dobilų gumbelinių bakterijų nitrogenazės aktyvumą mineralinėmis bei organinėmis trąšomis tręštuose įvairaus rūgštumo (nuo pH<sub>KCl</sub><4,75 iki pH<sub>KCl</sub>>6,75) dirvožemiuose /Ambrazaitienė, 2003/. Nustatyta, kad dėl organinių trąšų (40 t ha<sup>-1</sup> mėšlo) azotą fiksuojančio fermento nitrogenazės aktyvumas

padidėjo vidutiniškai nuo 8,88 iki 12,66  $\mu\text{MN}_2 \text{ g}^{-1}\text{h}^{-1}$  arba 42 % netęšiant mineralinėmis trąšomis. Tręšiant  $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$  trąšomis, nitrogenazės aktyvumas sumažėjo iki 33 %.

Daugelis autorių pažymi, kad organinės trąšos teigiamai veikia gumbelinių bakterijų paplitimą ir jų efektyvumą dirvožemyje /Wiater, 2002/. Tačiau iki šiol tęsiasi diskusija dėl pradinį azoto normų, arba vadinamojo „startinio“ azoto, reikalingumo simbiotinio azoto fiksacijai. Vienu mokslininkų nuomone, azoto neturtinguose dirvožemiuose, iki susidarant gumbeliams ankštinių augalų šaknyse, nedidelės (20–40  $\text{kg N ha}^{-1}$ ) normos ne tik nekenkia azoto fiksacijai, bet netgi stimuliuoja augalų augimą ir šį unikalų procesą /Беспалова, Кудряшцева, 1985/. Kiti tyrinėtojai mano, kad ne visų augalų simbiozę stimuliuoja pradinė azoto norma /Lapinskas, 2006/ ar kad apskritai azoto trąšos, net ir mažos jų normos, slopina simbiotinio azoto fiksaciją, kuri jau nebeatsistato vėlesniais ankštinių augimo tarpsniais, kai mineralinis azotas dirvožemyje augalų jau būna sunaudotas /Vasiljeva, Kostov, 2001; Yashima et al., 2003/. Beveik nežinoma apie šiaudų ir pradinės azoto normos derinimo įtaką ankštinių augalų simbiozei.

**Darbo tikslas** – nustatyti šiaudų mineralizacijos, pradinės azoto normos ir raudonųjų dobilų inokuliacijos reikšmę simbiotinio azoto fiksacijai vidutinio rūgštumo kalkintame balkšvažemyje.

**Hipotezė.** Manoma, kad tręšiant nedidele šiaudų norma (1,5  $\text{g kg}^{-1}$  dirvožemio), suaktyvės biologinio azoto fiksacijos procesai, kurie dėl azoto imobilizacijos kompensuos dirvožemyje susidariusį mineralinio azoto deficitą. Tręšiant dvigubai didesne šiaudų norma (3  $\text{g kg}^{-1}$  dirvožemio), dobilų gumbelinės bakterijos gali nebepatenkinti augalų azoto poreikių, o dirvožemyje visos mineralinio azoto atsargos būtų mobilizuotos, todėl mineralinis azotas gali būti veiksmingas simbiozei.

### Tyrimų metodai ir sąlygos

Tyrimų schema pateikiama lentelėse. Iš rudens Mitčerlicho tipo vegetaciniai indai buvo prikraunami dirvožemio ir patręšiami žieminių kviečių šiaudais bei pakalkinami 1 kalkių (kreidos) norma pagal dirvožemio hidrolizinį rūgštumą. Parinktos dvi šiaudų normos: 1,5  $\text{g kg}^{-1}$  dirvožemio – vidutinė (atitinka 4,5  $\text{t ha}^{-1}$ ) ir 3,0  $\text{g kg}^{-1}$  dirvožemio – didelė (atitinka 9,0  $\text{t ha}^{-1}$ ). Prieš prikraunant indus šiaudai buvo susmulkinti iki 10 mm ilgio atkarpėlių ir sumaišomi su visa dirvožemio mase. Rugsėjo mėnesį paruošti vegetaciniai indai be dangčių vegetaciniame namelyje buvo laikomi per žiemą. Pavasarį (gegužės mėn.) 2 ir 3 variantų dirvožemis buvo tręšiamas pagal D. Prianišnikovą – 21 ir 42  $\text{mg N kg}^{-1}$  dirvožemio, arba atitinkamai 0,25 ir 0,5 normos tirpalo pavidalu, išlaistant dirvos paviršiuje. Remiantis kitų autorių/mokslininkų ir savųjų tyrimų duomenimis, tai atitinka pradinę ir vidutinę azoto normas. Atitinkamų variantų sėkloms inokuliuoti buvo naudojamas veiksmingas dobilų gumbelinių bakterijų (*Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii*) štamai R 99. Bakterijų kultūros (ne senesnė kaip 10 d.) vandens suspensija buvo paruošta, atsižvelgiant į vegetacinio indo talpą. Vegetaciniam 6,5  $\text{kg}$  talpos indui buvo suvartojama 5 ml paruoštos bakterijų suspensijos, skaičiuojant  $10^6$  ksv  $\text{ml}^{-1}$ . Simbiotinio azoto fiksacijai nustatyti lygiagrečiuose induose buvo auginamos daugiametės svidrės, iš viso 9 variantai.

Vegetaciniams bandymams buvo imamas dirvožemis – nepasotintasis giliau glėjiškas balkšvažemis (Jlg 4-n), lengvas priemolis, kurio  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  iki kalkinimo buvo 4,2–4,8, pakalkinus viena norma kalkių pagal dirvožemio hidrolizinį rūgštumą, –  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  6,1–

6.8. Visais atvejais dirvožemis po kalkinimo buvo bazingas ir bazėmis pasotintas, mažai azotingas. Judriųjų fosforo ir kalio junginių požiūriu dirvožemis buvo vidutiniško fosforingumo ir kalingumo bei vidutiniškai humusingas. Tokiu būdu raudonųjų dobilų simbiozei dirvožemis buvo vidutiniškai aprūpintas maisto medžiagomis.

Prieš kraunant į indus dirvožemis buvo persijotas per 10×10 mm dydžio akutes turintį sietą ir tręšiamas pagal A. Sokolovą PK trąšomis ( $K_2HPO_4$  ir  $KH_2PO_4$ ) po 0,10 g  $P_2O_5$  ir  $K_2O$   $kg^{-1}$  dirvožemio tirpalų pavidalu, sumaišant su visu vegetaciniam indui skirtu dirvožemio kiekiu.

Į kiekvieną indą buvo sėjama po 33 sėklas: raudonųjų dobilų (*Trifolium pratense* L.) 'Vyliai' arba daugiamečių svidrių (*Lolium perene* L.) 'Žvilgė' ar 'Sodré'. Prieš sėją sėkla buvo dezinfekuojama švitinant 5 min. UV spinduliais baktericidine lempa BUV-15. Augalai buvo retinami, vegetaciniame inde paliekant 15 vienodo vešlumo augalų. Bandymo raudonųjų dobilų variantai buvo vykdomi 6, daugiamečių svidrių – 4 pakartojimais.

*Augalų biomasė* buvo nustatoma raudonųjų dobilų visiško žydėjimo metu, pasveriant vegetaciniame inde išaugintų augalų (15 vnt.) antžeminės dalies ir šaknų SM masę.

*Augalų gumbelių* analizei tuoj po derliaus nuėmimo buvo imamos visos kiekvieno varianto šaknys ir atsitiktine tvarka atrenkama po 10 šaknų (pakartojimų).

*Dirvožemio agrocheminė analizė.* Rudenį vegetacinių indų krovimo metu (prieš kalkinimą ir tręšimą) sudarytame jungtiniame mėginyje ir kitais metais baigiant bandymą, visų variantų dirvožemio mėginiuose buvo nustatoma:  $pH_{KCl}$  – elektropotencialometrinio metodu, hidrolizinis rūgštumas – Kapeno, sorbuotų bazių suma – Kapeno–Hilkovico, organinė anglis – sausojo deginimo, bendras azotas – Kjeldalio, judrieji  $P_2O_5$  ir  $K_2O$  – Egnerio–Rimo–Domingo (A-L) metodu.

*Dirvožemio mikrobiologinė analizė.* Dirvožemio mėginiai buvo imami kasmet prieš įrengiant bandymą ir nuėmus derlių iš kiekvieno varianto trijų pakartojimų (indų). Praskiedimo metodu buvo nustatoma: amonifikuojančių bakterijų ir aktinobakterijų skaičius, išauginant kolonijas ant sintetinės baltyminės terpės, mineraliniu azotu mintančių (asimiluojančių) mikroorganizmų – ant krakmolo amoniako agarų terpės, mikromicetų – ant rūgštaus alaus misos ( $3,5^\circ$  pagal Balingą) mišinio, sudaryto lygiomis dalimis.

Celiuliozę skaidantys mikroorganizmai buvo nustatomi Hetčinsono mitybinėje terpėje.

*Augalų analizė.* Kiekvieno varianto mėginiuose antžeminėje dalyje ir šaknyse buvo nustatomas suminis azotas Kjeldalio, judrieji sacharidai – Bertrano metodais.

*Biologinio azoto fiksacija* buvo nustatoma visuose raudonųjų dobilų variantuose ankštinių ir varpinių augalų palyginamuoju (tiesioginiu) /Yanping et al., 1998; Carranca et al., 1999/ bei dujų chromatografijos metodais /Ambrazaitienė, 2003/. Tuo tikslu daugiametės svidrės buvo auginamos raudoniesiems dobilams adekvačiomis tręšimo sąlygomis.

Tyrimų duomenys apdoroti pagal statistines programas ANOVA ir STAT /Tarakanovas, Raudonius, 2003/. Žymėjimai \* ir \*\* reiškia, kad duomenys statistiškai patikimi, esant 95 ir 99 % tikimybės lygiams.

## Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Raudonųjų dobilų inokuliacijos, šiaudų ir mineralinio azoto poveikis buvo vertinamas augalų antžeminės dalies ir šaknų masei, t. y. augalo biomasei.

*Augalo biomasa.* Auginant neinokuliuotus ir mineraliniu azotu netreštus raudonosios dobilų, antžeminės dalies derlių palankiai veikė tik didelė šiaudų norma (1 lentelė). Be šiaudų, teigiamą poveikį dobilams turėjo augalų inokuliacijos efektyviomis gumbelinėmis bakterijomis. Azoto trąšos nei trešiant startine (toliau – *pradinė*) norma (21 mg N kg<sup>-1</sup> dirvožemio), nei vidutine (42 mg N kg<sup>-1</sup>) norma neturėjo įtakos augalų derliui.

Kitokie rezultatai gauti į dirvožemį įterpus šiaudus (1,5 g kg<sup>-1</sup> dirvožemio). Dėl to ir inokuliacijos, ir azoto trąšos, nepriklausomai nuo pastarojo normos, turėjo vienodą poveikį dobilų derliui. Vis dėlto kiek didesniu poveikiu išsiskyrė dobilų inokuliacijos, derinant su pradine azoto norma (21 mg N kg<sup>-1</sup>). Šiaudų įterpimas be inokuliacijos ar trešimo azotu neturėjo įtakos augalų derliui.

Trešiant dideliu kiekiu (3,0 g kg<sup>-1</sup> dirvožemio) šiaudų, augalų derlius gerokai padidėjo tik inokuliuojant arba trešiant vidutine mineralinio azoto norma.

**1 lentelė.** Šiaudų mineralizavimo, azoto trąšų ir inokuliacijos poveikis raudonųjų dobilų biomasei

**Table 1.** The influence of straw mineralization, nitrogen fertilisers and inoculation on red clover biomass

Vėžaičiai, 2005–2007 m.

Variantas <i>Treatment</i>	Augalų SM biomasa / <i>Biomass of plant DM</i>			
	antžem. dalis <i>overground part</i>	šaknys <i>root</i>	biomasa / <i>biomass</i>	
	g indo <sup>-1</sup> / g pot <sup>-1</sup>			sant. skaič. <i>rel. values</i>
1	2	3	4	5
	Be šiaudų / <i>Without straw</i>			
Be N, neinokuliuota <i>Without N, noninoculated</i>	17,02	5,17	22,19	100
N <sub>21</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	17,50	5,27	22,78	103
N <sub>42</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	15,85	4,58	20,43	92
Be N, inokuliuota <i>Without N, inoculated</i>	18,05	5,60	23,65	106
N <sub>21</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>	19,56	5,40	24,96	112
N <sub>42</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>	18,37	5,00	23,38	105
	Šiaudai 1,5 g kg <sup>-1</sup> dirvožemio / <i>Straw 1.5 g kg<sup>-1</sup> soil</i>			
Be N, neinokuliuota <i>Without N, noninoculated</i>	17,72	5,01	23,07	100

**1 lentelės tęsinys**  
**Table 1 continued**

1	2	3	4	5
N <sub>21</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	20,11	4,97	25,08	109
N <sub>42</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	20,87	5,78	26,65	116
Be N, inokuliuota <i>Without N inoculated</i>	20,48	5,40	25,88	112
N <sub>21</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>	21,92	5,26	25,85	112
N <sub>42</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>	20,63	5,70	26,33	114
Šiaudai 3,0 g kg <sup>-1</sup> dirvožemio / <i>Straw 3.0 g kg<sup>-1</sup> soil</i>				
Be N, neinokuliuota <i>Without N noninoculated</i>	19,25	4,97	25,22	100
N <sub>21</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	20,18	5,24	25,42	101
N <sub>42</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	21,17	5,53	26,37	101
Be N, inokuliuota <i>Without N inoculated</i>	21,19	5,16	26,34	104
N <sub>21</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>	20,03	5,55	25,58	101
N <sub>42</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>	18,73	5,37	24,10	96
R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	1,65	0,49	1,67	

Kontroliniame bandyme (be šiaudų) iš visų tiriamų priemonių tik inokuliacija stimulavo dobilų šaknų augimą. Tręšiant nedideliu šiaudų kiekiu ir vidutine azoto norma, dobilų šaknų masė statistiškai patikimai padidėjo 15 %. Toks pat efektas gautas ir derinant inokuliaciją su mineraliniu azotu.

Vertinant viso augalo biomasės pokyčius, šiaudais netręštame dirvožemyje dobilų biomasė padidėjo (12 %) tik nuo inokuliacijos ir pradinės azoto normos derinio. Kiti inokuliacijos ir mineralinio azoto deriniai augalo biomasei nebuvo veiksmingi. Įterpus mažą šiaudų normą visi inokuliacijos ir didelės mineralinio azoto normos deriniai buvo veiksmingi; raudonųjų dobilų biomasė padidėjo 12–16 %, palyginti su neinokuliuotais ir netręštais dobilais.

Didelė šiaudų norma efektyviai veikė augalų biomasę: gautas 14 % SM masės priedas. Tačiau ja tręšiant inokuliacija ir azoto trąšos prarado veiksmingumą. Tai rodo, kad didelio neazotinių medžiagų (šiaudų) kiekio įterpimas suaktyvina mineralinio azoto imobilizavimo procesus dirvožemyje ir paskatino spontaninių gumbelinių bakterijų veiksmingumą /Wiater, 2002/.

Dėl tręšimo šiaudais raudonųjų dobilų šaknų masė, palyginti su viso augalo biomase, mažėjo arba turėjo tendenciją mažėti. Netręšiant šiaudais santykinė šiaudų masė (procentais) mažėjo ir inokuliuojant bei tręšiant mineraliniu azotu. Įterpiant nedidelį kiekį šiaudų, santykinė šaknų masė dėl azoto trąšų nepakito. Tręšiant didele šiaudų norma, tręšimo deriniai su azoto trąšomis buvo veiksmingi. Reikia pažymėti, kad dėl inokuliacijos šaknų masės procentas visoje augalo biomasėje nepakito.

**Suminis azotas.** Tręšimas šiaudais, nepriklausomai nuo normos, neturėjo kiek didesnės įtakos suminio azoto susikaupimui (procentui) raudonųjų dobilų antžeminėje dalyje (2 lentelė). Azoto procentas daug labiau priklausė nuo dobilų mitybos biologiniu ar mineraliniu azotu. Netręšus šiaudais didžiausias suminio azoto procentas nustatytas inokuliuojant augalus arba derinant inokuliaciją su pradine ( $N\ 21\ mg\ N\ kg^{-1}$  dirvožemio) mineralinio azoto norma.

**2 lentelė.** Šiaudų mineralizavimo, azoto trąšų ir inokuliacijos poveikis suminio azoto ir judriųjų sacharidų susikaupimui raudonųjų dobilų biomasėje

**Table 2.** The influence of straw mineralization, nitrogen fertilisers and inoculation on the accumulation of total nitrogen and mobile saccharides in red clover biomass  
Vėžaičiai, 2005–2007 m.

Variantas <i>Treatment</i>	Suminis N augaluose $mg\ ind^{-1}$ <i>Total N in plants <math>mg\ pot^{-1}</math></i>			Judrieji sacharidai $mg\ ind^{-1}$ <i>Mobile saccharides <math>mg\ pot^{-1}</math></i>	* $C_3:N$
	antžem. dalis (N) <i>overground part</i>	šaknys <i>root</i>	biomasė <i>biomass</i>		
1	2	3	4	5	6
<i>Be šiaudų / Without straw</i>					
Be N, neinokuliuota <i>Without N, noninoculated</i>	409	108	517	406	0,99
N <sub>21</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	412	103	515	615	1,49
N <sub>42</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	386	91	477	467	1,21
Be N, inokuliuota <i>Without N, inoculated</i>	482	120	602	605	1,25
N <sub>21</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>	525	116	641	601	1,14
N <sub>42</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>	456	107	563	604	1,32
<i>Šiaudai 1,5 g ind<sup>-1</sup> / Straw 1.5 g kg<sup>-1</sup> soil</i>					
Be N, neinokuliuota <i>Without N, noninoculated</i>	431	101	532	401	0,93
N <sub>21</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	496	96	592	690	1,39
N <sub>42</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	519	123	642	717	1,38

**2 lentelės tęsinys**  
**Table 2 continued**

	1	2	3	4	5	6
Be N, inokuliuota <i>Without N inoculated</i>		545	123	668	909	1,67
N <sub>21</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>		535	117	652	896	1,67
N <sub>42</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>		521	119	640	771	1,48
Šiaudai 3,0 g indo <sup>-1</sup> / <i>Straw 3.0 g kg<sup>-1</sup> soil</i>						
Be N, neinokuliuota <i>Without N, noninoculated</i>		479	104	583	578	1,21
N <sub>21</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>		478	109	587	653	1,37
N <sub>42</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>		498	119	617	713	1,43
Be N, inokuliuota <i>Without N, inoculated</i>		575	110	685	754	1,31
N <sub>21</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>		487	127	614	677	1,39
N <sub>42</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>		448	109	557	689	1,54
	R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	35,6	8,43	36,6	47,0	

Pastaba / Note. \*C<sub>s</sub>:N – judriųjų sacharidų ir bendrojo azoto santykis augalų antžeminėje dalyje / \*C<sub>s</sub>:N – the ratio of mobile saccharides to total nitrogen in the overground plant part.

Tręšiant dobilus šiaudais, augalų derliaus azotingumui didesnę poveikį turėjo inokuliacija. Inokuliuotų augalų tręšimas azotu nepadėjo padidinti suminio azoto kiekio derliuje, nepriklausomai nuo šiaudų normos.

Dėl šiaudų ir mineralinio azoto normų suminio azoto procentas dobilų šaknyse mažai kito. Tačiau augalų inokuliacija stimulavo azoto susikaupimą šaknyse. Netręšus šiaudais suminio azoto kiekis šaknyse gerokai padidėjo, inokuliuojant dobilus ir derinant inokuliaciją su pradine azoto norma. Tręšiant vidutine šiaudų norma šaknyse buvo sukaupta daugiau azoto dėl didelės azoto normos ir inokuliacijos bei azoto derinių. Įterpiant didelę šiaudų normą veiksmingas buvo tik gausus tręšimas azoto trąšomis arba jo derinys su inokuliacija. Tręšiant didele (3,0 g kg<sup>-1</sup>) šiaudų norma inokuliacija su tręšimu 42 mg N kg<sup>-1</sup> dirvožemio buvo veiksmingesnis nei vien inokuliacija. Dirvožemyje mineralizuojantis dideliame šiaudų kiekiui, imobilizuojama daug mineralinių azoto junginių ir susidaro palankios sąlygos atmosferos azoto fiksacijai (Wiater, 2002/).

Raudonųjų dobilų tręšimas šiaudais ir azoto trąšomis turėjo didelę įtaką suminio azoto pokyčiams viso augalo biomasėje. Suminio azoto procentas labiausiai padidėjo inokuliuojant dobilus ir tręšiant nedidele (1,5 g kg<sup>-1</sup> dirvožemio) šiaudų norma arba visiškai jais netręšiant. Azoto trąšos neturėjo jokio poveikio inokuliuotų dobilų suminio azoto susikaupimui (procentui) augalų biomasėje ir atvirkščiai – neinokuliuoti dobilai



palankiai reagavo ir į tręšimą šiaudais, ir į mineralinį azotą. Tręšiant didele ( $3,0 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio) šiaudų norma, dėl inokuliavimo suminio azoto procentas didėjo tik visiškai neįterpant azoto trąšų.

Auginant neinokuliuotus dobilus, šiaudai buvo veiksminga priemonė, didinanti suminio azoto kiekį visoje augalo biomasėje iki 13 % (2 lentelė). Derinant inokuliavimą su tręšimu nedidele ( $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio) šiaudų norma, augalai savo biomasėje padidino suminio azoto kiekį 29 %. Šiaudų normos didinimas nebuvo naudingas azoto susikaupimui biomasėje.

Mineralinės azoto trąšos visais šiaudų naudojimo atvejais palankiai veikė suminio azoto kiekį dobilų biomasėje. Neinokuliuotiems dobilams buvo ypač veiksmingi šiaudų ir mineralinių azoto trąšų deriniai, dėl kurių bendrojo azoto kiekis padidėjo iki 24 %, palyginti su netręštais augalais. Kartu reikia pažymėti, kad raudoniesiems dobilams biomasėje kaupiant azotą augalų inokuliavimo neatstojo jokie azoto trąšų ir šiaudų deriniai.

**Judrieji sacharidai.** Priemonės, padedančios aktyvinti fotosintezės procesus, didina judriųjų sacharidų kaupimąsi ankštiniuose augaluose, o pastarieji kaip energetinė medžiaga stimuliuoja biologinio azoto fiksacijos procesus. Todėl azoto fiksacijos aktyvinimas yra susijęs ir su judriųjų sacharidų koncentracija augale /Starling et al., 1998/. Vertinant raudonųjų dobilų derliuje sukauptą sacharidų kiekį nustatyta, kad augalų inokuliavimas labiausiai stimuliuo šių medžiagų susikaupimą (kiekį) augalų antžeminėje dalyje (2 lentelė). Derinant inokuliavimą su nedidele šiaudų norma, judriųjų sacharidų rasta  $909 \text{ mg indo}^{-1}$ , o esant neinokuliuotiems ir netręštiems augalams –  $406 \text{ mg indo}^{-1}$ . Šiaudų normos didinimas iki  $3,0 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio nepadėjo sukaupti daugiau judriųjų sacharidų.

Nors mineralinis azotas palankiai veikė cukrų kaupimąsi augaluose, tačiau neatstojo inokuliavimo ir tręšimo šiaudais. Vadinasi, inokuliavimo ir šiaudų derinimas padeda dobilams sukaupti daugiau judriųjų sacharidų, reikalingų biologinio azoto fiksacijai. Trūkstant judriųjų sacharidų, kaip dažnai atsitinka antroje ankštinių augalų vegetacijos pusėje, ankštinių augalų simbiozė gali nebefiksuoti atmosferos azoto /Zhiznevskaja et al., 1997/.

Judriųjų sacharidų ir bendrojo azoto santykis (sutrumpintai  $C_s:N$ ) augalo biomasėje parodo sacharidų pakankumą ar deficitą simbiotinio azoto fiksacijos procesams. Veiksmingos simbiozės atveju  $C_s:N$  būna didesnis nei 1,5. Tyrimų rezultatai rodo, kad dėl inokuliavimo ir vidutinės ( $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio) šiaudų normos arba inokuliavimo, šiaudų ir pradinės azoto normos  $C_s:N$  santykis antžeminėje dobilų dalyje buvo didžiausias ir pasiekė 1,67, o netręštų ir neinokuliuotų dobilų buvo tik 0,99. Apskritai šiaudų įterpimas į raudonuosius dobilus palankiai veikė  $C_s:N$  santykį ir azoto fiksacijos procesus. Tačiau didelės ( $3,0 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio) šiaudų normos įterpimas nebuvo pranašesnis, palyginti su vidutine norma.

**Gumbelių susiformavimas.** Efektyviai raudonųjų dobilų simbiozei didelę įtaką turi šaknų gumbelių susiformavimo sąlygos. Pastarųjų skaičiaus pokyčiai parodo simbiozė sudarančių gumbelinių bakterijų virulentiškumo pokyčius, taip pat ir simbiozės sąlygas /Killham, Foster, 1992/.

Tyrimų rezultatai parodė, kad dobilai daugiausia gumbelių (73 % daugiau, palyginti su kontroliniais augalais) sudarė derinant didelę ( $3,0 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio) šiaudų

normą su inokuliacija (3 lentelė). Inokuliuoti augalai į azoto trąšas reagavo neigiamai, nepriklausomai nuo trąšų normos. Dobilus auginant be inokuliacijos, pradinė azoto norma stimuliuojo gumbelių formavimąsi.

Panašios gumbelių formavimosi tendencijos išliko ir patrešus šiaudais. Tačiau reikia pažymėti, kad vienas šiaudų įterpimas be inokuliacijos ar azoto trąšų neturėjo jokio poveikio gumbelių susidarymui. Tai rodo, kad gumbelių formavimąsi kontroliuoja ne tik gumbelinės bakterijos, kurioms mineralinis azotas nereikalingas, netgi kenksmingas, bet ir augalas šeimininkas, palankiai reaguojantis į nedideles mineralinio azoto normas /Vasiljeva, Kostov, 2001; Yashima et al., 2003/.

**Fermento nitrogenazės aktyvumas.** Raudonųjų dobilų gumbelių azotą fiksuojančio fermento dujų chromatografinių tyrimų duomenys rodo, kad mažai azoto junginių turinti organinė medžiaga šiaudai ir azoto trąšos bei jų deriniai turėjo lemiamos įtakos simbiotinio azoto fiksacijai (3 lentelė). Dirvožemio netrešiant organinėmis medžiagomis (be šiaudų), aktyviausia nitrogenazė ( $16,73 \mu\text{M N g}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) nustatyta inokuliuojant dobilus aktyviomis gumbelinėmis bakterijomis. Nedaug, tačiau statistiškai patikimai nitrogenazę prislopino inokuliuotus dobilus trešiant pradine azoto norma ( $\text{N}_{21} \text{ mg kg}^{-1}$  dirvožemio). Dėl vidutinės azoto trąšų normos ( $42 \text{ mg N kg}^{-1}$  dirvožemio) neinokuliuotų dobilų azoto fiksacija sumažėjo, palyginti su inokuliuotais augalais, o inokuliuotų augalų – prilygo kontroliniams /Vasiljeva, Kostov, 2001; Yashima et al., 2003/. Tai rodo, kad dėl mineralinio azoto pagausėjimo dirvožemyje labiausiai slopinama spontaninių gumbelinių bakterijų azoto fiksacija.

Trešiant vidutine organinių trąšų norma ( $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio arba  $4,5 \text{ t ha}^{-1}$  šiaudų), visi inokuliacijos deriniai buvo veiksmingi simbiotinio azoto fiksacijai, o fermento nitrogenazės aktyvumas padidėjo nuo 41 iki 70 %, palyginti su neinokuliuotais ir be azoto trąšų augalais. Trešimas vien šiaudais taip pat suaktyvino fermentą 16 %. Trešiant didele šiaudų norma ( $3,0 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio arba  $9,0 \text{ t ha}^{-1}$ ) veiksmingiausiai simbiotinis azotas fiksuotas dobilus trešiant pradine azoto norma arba inokuliuojant ir visiškai netrešiant azoto trąšomis. Beazotė organinė medžiaga šiaudai nepanaikino slopinamojo vidutinės azoto normos poveikio nitrogenazės aktyvumui.

**Biologinio azoto fiksacija.** Biologinio azoto fiksacijai lemiamą įtaką turėjo dobilų inokuliacija. Netrešiant šiaudais, veiksmingiausia priemonė buvo inokuliacijos derinimas su pradine azoto norma; raudonieji dobilai fiksavo 20 % daugiau atmosferos azoto nei kontroliniai augalai. Vis dėlto daugiausia azoto ( $568 \text{ mg N indo}$ , arba 38 % daugiau) dobilai sukauptė trešiant didele šiaudų norma ir be mineralinio azoto (3 lentelė). D. Zviagincevo tyrimų duomenimis, varpinių augalų šiauduose esančius polimerus (celiuliozę, hemiceliuliozę ir ligniną) gerai skaido dirvožemio mikroorganizmai, kurie šiuos junginius paverčia tirpiaisiais monomerais, kuriuos puikiai įsisavina gumbelinės bakterijos, panaudodamos azoto fiksacijos procesui /Звягинцев и др., 1986/.

Tokiu būdu dėl gausaus trešimo šiaudais –  $3,0 \text{ g šiaudų kg}^{-1}$  dirvožemio – ir inokuliacijos iš atmosferos sukaupta  $103 \text{ mg}$  azoto. Ne ką mažiau atmosferos azoto sukauptė ir inokuliuoti dobilai, trešiami vidutine šiaudų norma be azoto trąšų arba beriant pradinę jo normą. Į šiaudų įterpimą gana palankiai reagavo neinokuliuoti dobilai: fiksuoto azoto kiekis padidėjo nuo  $411 \text{ mg N indo}^{-1}$  (kontrolinis variantas) iki  $465 \text{ mg N indo}^{-1}$  (didelė šiaudų norma), arba 13 % daugiau.

**3 lentelė.** Šiaudų mineralizavimo, azoto trąšų ir inokuliavimo poveikis raudonųjų dobilų gumbelių susiformavimui ir simbiotinio azoto fiksacijai

**Table 3.** The influence of straw mineralization, nitrogen fertilisers and inoculation on red clover nodule formation and symbiotic nitrogen fixation  
Vėžaičiai, 2005–2007 m.

Variantas <i>Treatment</i>	Augalo gumbelių skaičius <i>Number of nodules per plant</i>	Nitrogenazė $\mu\text{M N g}^{-1}\text{šaknų h}^{-1}$ <i>Nitrogenase activity <math>\mu\text{M N g}^{-1}\text{h}^{-1}</math></i>	Fiksuota N / <i>Fixed N</i>	
			mg indo <sup>-1</sup> <i>mg pot<sup>-1</sup></i>	santykinis skaičius <i>relative values</i>
<i>Be šiaudų / Without straw</i>				
Be N, neinokuliuota <i>Without N, noninoculated</i>	45,0	9,08	411	100
N <sub>21</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	56,8	10,07	405	98
N <sub>42</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	42,0	7,78	368	90
Be N, inokuliuota <i>Without N, inoculated</i>	62,0	16,73	496	121
N <sub>21</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>	50,4	14,88	531	129
N <sub>42</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>	51,8	8,92	455	111
<i>Šiaudai 1,5 g indo<sup>-1</sup> / Straw 1.5 g kg<sup>-1</sup> soil</i>				
Be N, neinokuliuota <i>Without N, noninoculated</i>	49,5	10,57	415	100
N <sub>21</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	58,8	8,57	471	113
N <sub>42</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	42,8	8,63	523	126
Be N, inokuliuota <i>Without N inoculated</i>	58,3	14,87	551	133
N <sub>21</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>	56,7	17,04	531	128
N <sub>42</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>	52,3	17,95	520	125
<i>Šiaudai 3,0 g indo<sup>-1</sup> / Straw 3.0 g kg<sup>-1</sup> soil</i>				
Be N, neinokuliuota <i>Without N, noninoculated</i>	47,1	6,85	465	100
N <sub>21</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	59,0	11,87	454	98
N <sub>42</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	46,9	5,46	481	103
Be N, inokuliuota <i>Without N inoculated</i>	78,0	10,95	568	122
N <sub>21</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>	59,0	9,36	480	103
N <sub>42</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>	59,1	8,19	421	91
R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	7,63	0,79	35,6	

Vertinant azoto struktūrą pažymėtina, kad biologinio azoto procentas suminio azoto masėje buvo gana stabilus ir dėl tiriamųjų priemonių kito palyginti nedaug. Tačiau biologinio azoto didėjimas buvo pastebimas inokuliuotų, bet azotu netręštų doobilų masėje, nepriklausomai nuo tręšimo šiaudais: nuo 77,1 % (be šiaudų, N<sub>42</sub> mg kg<sup>-1</sup>, neinokuliuota) iki 82,9 % (šiaudai 3,0 g kg<sup>-1</sup> dirvožemio, be N, inokuliuota).

**Augalo fiziologinių rodiklių ir azoto fiksacijos ryšys.** Raudonųjų doobilų fiziologinės savybės, arba augalo ir gumbelių bakterijų simbiozės rodikliai, turi didelę įtaką simbiotinio azoto fiksacijai. Kaip rodo koreliacinės regresinės analizės rezultatai, tarp augalo antžeminės dalies, visos biomasės ir antžeminėje dalyje sukauptų judriųjų sacharidų kiekio bei azoto fiksacijos aktyvumo nustatytas stiprus ryšys (4 lentelė). Kiek silpnesnė, tačiau statistiškai patikima priklausomybė nustatyta tarp augalo šaknų masės, gumbelių nitrogenazės aktyvumo ir azoto fiksacijos. Tačiau augalo gumbelių skaičius bei judriųjų sacharidų ir bendrojo azoto santykis augalo antžeminėje dalyje ne visada parodo patikimą ryšį su simbiotinio azoto fiksacija. Paprastai esant efektyviai simbiozei gumbelių gali būti mažiau, tačiau stambesnių, ir dauguma jų išsidėstę ant pagrindinės šaknies /Hamdi, 1982; Paul, Clark, 1989/.

**4 lentelė.** Raudonųjų doobilų simbiozės parametrų (x) ir azoto fiksacijos (y) ryšys

**Table 4.** The parameters (x) of red clover symbiosis in relation to nitrogen fixation (y)

Simbiozės rodikliai <i>Parameters of symbiosis</i>	Regresijos lygtys <i>Equation of regression</i>	R	Kriterijus t <i>Criterion t</i>
Augalo antžeminė dalis <i>Plant overground part</i>	$-65,932+27,917x$	0,829	35,09**
Šaknys / <i>Roots</i>	$-67,927+102,872x$	0,556	7,17*
Augalo biomasė / <i>Biomass per plant</i>	$624,08-43,488x+1,517x^2$	0,856	41,02**
Augalo gumbelių skaičius <i>Number of nodules per plant</i>	$337,04+1,0062x$	0,463	4,37
Nitrogenazės aktyvumas <i>Nitrogenase activity</i>	$386,67+8,019x$	0,535	6,42*
Judrieji sacharidai / <i>Mobile saccharides</i>	$309,29+1,0006x$	0,763	22,3**
Judriųjų sacharidų ir bendrojo azoto santykis / <i>Ratio of mobile saccharides to total nitrogen</i>	$304,96+140,7x-10,535x^2$	0,403	2,91

**Dirvožemio mikroorganizmų paplitimas.** Vertinant pradinį (prieš įrengiant bandymus) dirvožemio mikroorganizmų paplitimą, reikia pažymėti, kad cenozeje vyravo amonifikuojantys arba organinę medžiagą mineralizuojantys mikroorganizmai, kurių buvo pakankamai daug – 8,26 milijono ksv g<sup>-1</sup>, arba net 4 kartus daugiau negu mineraliniu azotu mintančių mikroorganizmų (5 lentelė). Pastarieji aktyviai dalyvauja organinės medžiagos sintezės, arba humifikacijos, procesuose. Šių skirtingų fiziologinių grupių mikroorganizmų santykis rodo, kad dirvožemyje vyksta intensyvūs humuso ir apskritai organinės medžiagos destrukcijos procesai, kurie gerokai viršija humuso sintezę /Paul, Clark, 1989; Звягинцев и др., 1986/.

*Amonifikuojantieji mikroorganizmai* nepatręšus šiaudais labiausiai buvo paplitę inokuliuotų, bet azoto trąšomis netręštų raudonųjų dobilų rizosferos dirvožemyje. Tręšiant pradine ( $N_{21}$  mg  $kg^{-1}$  dirvožemio) azoto norma šių mikroorganizmų sumažėjo 10 %, o tręšiant vidutine azoto norma – sumažėjo 20 %.

Tręšiant vidutine šiaudų norma ( $1,5$  g  $kg^{-1}$  dirvožemio), šios grupės mikroorganizmų skaičius smarkiai išaugo nuo 5,62 iki 7,97 mln. ksv  $g^{-1}$  dirvožemio, arba 42 % daugiau. Labiausiai jų pagausėjo tręšiant pradine azoto trąšų norma auginant neinokuliuotus dobilus ir tręšiant vidutine trąšų norma – inokuliuotus. Inokuliacija be azoto trąšų nepadėjo gausiau paplisti amonifikuojantiems mikroorganizmams.

Tręšiant didele šiaudų norma amonifikuojančius mikroorganizmus palankiausiai veikė dobilų inokuliacija ir pradinės azoto trąšų normos derinys. Šiaudų normos dydis –  $1,5$  ar  $3,0$  g  $kg^{-1}$  dirvožemio – šių mikroorganizmų paplitimui didelės įtakos neturėjo.

**5 lentelė.** Šiaudų mineralizavimo, azoto trąšų ir inokuliacijos poveikis dirvožemio mikroorganizmų populiacijai

**Table 5.** The influence of straw mineralization, nitrogen fertilisers and inoculation on the distribution of soil microorganisms

Vėžaičiai, 2005–2007 m.					
Variantas <i>Treatment</i>	Amonif. mikroorg. skaičius <i>Number of ammonific. microorg. <math>\times 10^6</math> cfu <math>g^{-1}</math></i>	Mineralinį N asimil. mikroorg. skaičius <i>Number of mineral N assimil. microorg. <math>\times 10^6</math> cfu <math>g^{-1}</math></i>	Sporinių bakterijų skaičius <i>Number of spore forming bacteria <math>\times 10^3</math> cfu <math>g^{-1}</math></i>	Mikromicetų skaičius <i>Number of mycomicetes <math>\times 10^3</math> cfu <math>g^{-1}</math></i>	Aerob. celiuliozę skaidančių mikroorg. skaičius <i>Number of cellulose decomposing microorg. cfu <math>g^{-1}</math></i>
1	2	3	4	5	6
<i>Be šiaudų / Without straw</i>					
Be N, neinokuliuota <i>Without N, noninoculated</i>	5,72±0,65	3,10± 0,50	79,8± 11,0	50,8± 7,7	895± 238
$N_{21}$ , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	4,37± 1,16	3,26± 1,07	84,8± 7,8	53,4± 12,2	929± 291
$N_{42}$ , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	5,87± 1,72	9,45± 3,64	93,8± 11,3	53,8± 12,4	458± 114
Be N, inokuliuota <i>Without N inoculated</i>	6,56± 2,42	4,51± 0,95	97,1± 10,8	66,0± 6,1	647± 138
$N_{21}$ , inokuliuota <i>Inoculated</i>	5,91± 0,96	3,05± 0,47	69,5± 12,9	50,8± 8,5	530± 247
$N_{42}$ , inokuliuota <i>Inoculated</i>	5,28± 1,38	4,75± 0,75	84,5± 9,6	57,7± 7,1	468± 111
<i>Šiaudai 1,5 g <math>kg^{-1}</math> dirvožemio / Straw 1.5 g <math>kg^{-1}</math> soil</i>					
Be N, neinokuliuota <i>Without N, noninoculated</i>	7,30± 1,82	4,66± 0,64	79,8± 8,1	52,8± 9,7	805± 316

**5 lentelės tęsinys**  
**Table 5 continued**

	1	2	3	4	5	6
N <sub>21</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	13,00± 5,56	5,22± 0,66	108,7± 11,0	58,3± 3,6	607± 137	
N <sub>42</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	5,87± 0,64	3,38± 0,80	113,2± 14,0	58,5± 3,4	600± 163	
Be N, inokuliuota <i>Without N inoculated</i>	6,71± 1,26	3,34± 0,83	116,5± 9,7	31,8± 5,1	490± 145	
N <sub>21</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>	6,85± 0,93	3,71± 0,84	111,7± 16,8	37,0± 5,4	950± 114	
N <sub>42</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>	8,08± 1,60	8,43± 0,87	101,6± 12,0	49,3± 5,5	657± 136	
Šiaudai 3,0 g kg <sup>-1</sup> dirvožemio / <i>Straw 3.0 g kg<sup>-1</sup> soil</i>						
Be N, neinokuliuota <i>Without N, noninoculated</i>	7,48± 0,94	4,66± 0,62	99,3± 15,3	51,7± 5,7	674± 104	
N <sub>21</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	6,92± 1,65	3,74± 0,75	152,3± 10,2	56,6± 3,8	655± 138	
N <sub>42</sub> , neinokuliuota <i>Noninoculated</i>	6,62± 0,75	5,44± 0,65	153,6± 20,0	53,9± 5,6	584± 204	
Be N, inokuliuota <i>Without N inoculated</i>	7,76± 1,94	4,79± 0,51	72,5± 13,2	63,7± 7,8	773± 178	
N <sub>21</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>	8,70± 1,24	4,10± 0,91	78,2± 7,2	62,1± 7,8	583± 282	
N <sub>42</sub> , inokuliuota <i>Inoculated</i>	7,96± 2,30	3,78± 0,76	106,1± 11,2	67,3± 5,4	479± 122	
R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	1,94	1,13	12,2	7,3	189	

*Mineraliniu azotu mintantys mikroorganizmai* į azoto trąšas reagavo visiškai kitaip nei amonifikuojantys mikroorganizmai. Daugiausia jų aptikta nepatyrus šiaudais, neinokuliuotus dobilus tręšiant vidutine azoto norma (9,45 mln. ksv g<sup>-1</sup>dirvožemio) ir inokuliuotus dobilus – didele azoto trąšų norma.

Silpniausiai organinės medžiagos sintezė vyko dirvožemio netręšiant šiaudais ir azoto trąšomis. Vertinant organinės medžiagos destrukcijos ir sintezės santykį dirvožemyje pagal amonifikuojančių ir mineraliniu azotu mintančių mikroorganizmų skaičiaus santykį, reikia pažymėti, kad didinant šiaudų normą nuo 0 iki 3,0 g kg<sup>-1</sup> dirvožemio, šių grupių mikroorganizmų santykis nuosekliai didėjo nuo 1,20 iki 1,71. Tai rodo, kad įterpti šiaudai palankiai veikė amonifikuojančių mikroorganizmų santykinį paplitimą, palyginti su mineraliniu azotu mintančiais mikroorganizmais, t. y. šiaudai skatino organinės medžiagos mineralizacijos procesus.

*Mikromicetų* paplitimą palankiausiai veikė didelės šiaudų normos derinimas su dobilų inokuliuoimu, nepriklausomai nuo normos. Be šiaudų ir gausiai tręšiant šiaudais daugiausia mikromicetų rasta inokuliuojant dobilus visuose tręšimo azotu lygiuose. O tręšiant vidutine šiaudų norma geresni rezultatai gauti auginant neinokuliuotus dobilus.

Tai rodo, kad dirvožemio netrešiant šiaudais arba intensyvaus trešimo šiaudais derinimas su dobilų inokuliacija stimuliuoja mikromicetų paplitimą.

*Celiuliozę skaidančių mikroorganizmų* skaičiaus pokyčiai buvo kiek netikėti. Vidutinės šiaudų normos įterpimas šiems mikroorganizmams neturėjo įtakos, o dėl didelės normos pastebėtas patikimas jų skaičiaus sumažėjimas. Apskritai celiuliozę skaidantys mikroorganizmai, ypač bakterijos, yra jautrūs dirvožemio rūgštumui. Šiaudų mineralizacijos metu susidarę rūgštūs metabolitai galėjo prislopinti šių mikroorganizmų paplitimą balkšvažemyje. Geriausios veiklos sąlygos šiems mikroorganizmams susidarė trešiant vidutine šiaudų norma ir derinant dobilų inokuliaciją su pradine azoto norma.

### Išvados

1. Nepasotintame giliau glėžiškame pakalkintame balkšvažemyje ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  6,1–6,8), be organinių trąšų, raudonųjų dobilų biomasei didžiausią teigiamą poveikį turėjo inokuliacija ir pradinės azoto normos ( $21 \text{ mg N kg}^{-1}$ ) derinys; SM masės priedas sudarė 12 %. Trešiant vidutine šiaudų norma ( $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio) inokuliacija ir azoto trąšos, nepriklausomai nuo pastarojo normos, turėjo vienodą poveikį. Šiaudų įterpimas be inokuliacijos ar azoto trąšų neturėjo įtakos biomasei. Trešiant didele ( $3,0 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio) šiaudų norma, dobilams buvo veiksmingas tik inokuliacija ar vidutinė azoto trąšų norma ( $42 \text{ mg N kg}^{-1}$ ).

2. Trešimas šiaudais ( $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio) suminių azoto kiekį raudonųjų dobilų biomaseje padidino 13 %, derinant su inokuliacija – 29 %. Šiaudų normos didinimas nebuvo naudingas suminio azoto susikaupimui. Mineralinės azoto trąšos palankiai veikė suminių azoto kiekį augaluose, tačiau inokuliacijos neatstojė jokie azoto trąšų ir šiaudų deriniai.

3. Netrešiant šiaudais daugiausia gumbelių sudarė inokuliacija, bet azotu netrešti augalai. Pradinė azoto norma palankiai veikė tik neinokuliacijos dobilų gumbelių formavimąsi. Šiaudų įterpimas be inokuliacijos ar azoto trąšų neturėjo jokio poveikio augalo gumbeliams.

4. Trešimas šiaudais ( $1,5$  ir  $3,0 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio) ir inokuliacija labiausiai suaktyvino gumbelių azotą fiksuojantį fermentą nitrogenazę 41–60 %.

5. Daugiausia biologinio azoto (38 % daugiau nei kontroliniai augalai) sukaupti dobilai, derinant inokuliaciją su didele ( $3,0 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio) šiaudų norma. Dobilų netrešiant šiaudais azoto fiksaciją labiausiai stimuliuavo inokuliacija ir pradinė azoto norma. Į šiaudų įterpimą palankiai reagavo ir neinokuliacijos dobilai, – fiksuoto azoto kiekis padidėjo 13 %.

6. Šiaudų normos ( $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio) ir inokuliacijos derinimas labiausiai stimuliuavo judriųjų sacharidų susikaupimą antžeminėje augalų dalyje. Cukrų pagausėjo nuo  $406 \text{ mg ind}^{-1}$  (kontrolinis variantas) iki  $909 \text{ mg ind}^{-1}$ . Šiaudų normos didinimas daugiau nei  $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  dirvožemio nepadėjo papildomai sukaupti judriųjų sacharidų, o inokuliacijos ir trešimo derinimas didino judriųjų sacharidų kaupimąsi augalų antžeminėje dalyje simbiotinio azoto fiksacijai.

7. Raudonųjų dobilų inokuliacija ir trešimas šiaudais stimuliuavo amonifikuojančių mikroorganizmų paplitimą dirvožemyje, o azoto trąšos palankiai veikė mineraliniu azotu mintančius mikroorganizmus. Didinant šiaudų normą amonifikuojančių

ir mineraliniu azotu mintančių mikroorganizmų santykis didėjo nuo 1,20 iki 1,71, t. y. šiaudų įterpimas skatino organinės medžiagos mineralizacijos procesus.

Mikromicetai labiau išplito netręšiant augalų šiaudais, bet tręšiant azoto trąšomis arba tręšiant didele jų norma ir derinant su inokuliacija.

Gauta 2007 12 22

Pasirašyta spaudai 2008 03 17

## LITERATŪRA

1. Ambrazaitienė D. Simbiotinio azoto fiksavimo priklausomumas nuo tręšimo fosforu ir kaliu // *Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU.* – 2003, t. 83 (3), p. 173–186. ISSN 1392-3196
2. Carranca C., Varrenes de A., Rolston D. Biological nitrogen fixation by faba bean, pea and chickpea under field conditions estimated by the  $^{15}\text{N}$  isotope dilution technique // *European Journal of Agronomy.* – 1999, vol. 10, iss. 1, p. 49–56
3. Evans J., Fettell N. A., O'Connor G. E. et al. Effect of soil treatment with cereal straw and method of crop establishment on field pea (*Pisum sativum* L.)  $\text{N}_2$  fixation // *Biology and Fertility of Soils.* – 1997, vol. 24, iss. 1, p. 87–95
4. Yanping Z., Sheaffer C. C., Russele M. P. Dry matter accumulation and dinitrogen fixation of annual Medicago species // *Agronomy Journal.* – 1998, vol. 90, p. 103–108
5. Yashima H., Fujikake H., Sato T. et al. Systematic and local effects of long-term application of nitrate on nodule growth and  $\text{N}_2$  fixation in soybean (*Glycine max* L., Merr.) // *Soil Science and Plant Nutrition.* – 2003, vol. 49, iss. 6, p. 825–834
6. Hamdi Y. Application of nitrogen-fixing systems in soil improvement and management // *Soils Bulletin.* – Roma, 1982, vol. 49. – 188 p.
7. Hartwig U. A., Soussana J. F. Ecophysiology of symbiotic  $\text{N}_2$  fixation in grassland legumes // *Grassland Science in Europe.* – 2001, vol. 6, p. 1–10
8. Killham K., Foster R. Soil ecology. – Cambridge, 1992. – 229 p.
9. Lapinskas E. Biologinio azoto fiksavimas ir nitraginas. – Akademija (Kėdainių r.), 1998. – 218 p.
10. Lapinskas E. Ankštinių augalų inokuliacija *Rhizobium* štamais ir startinio azoto reikšmė simbiotinio azoto fiksacijai bei dirvožemio agrocheminėms savybėms // *Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU.* – 2006, t. 93, Nr. 2, p. 3–24. ISSN 1392-3196
11. Maiksteniene S., Arlauskienė A. The influence of different crop management practices on soil fertility and crop rotation productivity // *Latvian Journal of Agronomy.* – 2005, No. 8, p. 216–220
12. Patyka V. F., Sherstobojeva E. V., Taravico A. G. Biological nitrogen in agriculture of the Ukraine // *Nitrogen Fixation: Fundamentals and Application. Proceedings of the 10 th International Congress on nitrogen fixation.* – St. Petersburg, 1995, p. 721
13. Paul E. A., Clark F. E. Soil microbiology and biochemistry. – San Diego-Toronto, 1989. – 273 p.
14. Staley T. E., Voigt P. W. Methodological considerations for elucidating low-level liming effects on white clover symbiosis establishment in an acidic soil model system // *Soil Science.* – 2000, vol. 165, iss. 7, p. 567–577
15. Starling M. E., Wood W. C., Weaver D. B. Starter nitrogen and growth habit effects on late-planted soybean // *Agronomy Journal.* – 1998, vol. 90, No. 5, p. 658–662
16. 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. – 56 p.



17. Vassileva V., Ignatov G. Polyamine-induced changes in symbiotic parameters of the *Galega orientalis* – *Rhizobium galegae* nitrogen-fixing system // Plant and Soil. – 1999, vol. 210, iss. 1, p. 83–91
18. Vasiljeva V., Kostov O. Effect of mineral and organic nitrogen on nodulation and production of lucerne (*Medicago sativa* L.) under imposed drought conditions // Grassland Science in Europe. – 2001, vol. 6, p. 23–26
19. Wiater J. Content and uptake of the macroelements by oats and chickling vetch under conditions of various reaction of light soil fertilized with the wastes // Advances of Agricultural Sciences Problem Issues. – Warsaw, 2002, iss. 482, p. 535–544
20. Zhiznevskaja G. Y., Troiskaja G. N., Dubrovo P. N., Kosenko L. V. Nitrogen-deficiency stress in *Vicia faba* L. resulting from ineffective symbiosis // Russian Journal of Plant Physiology. – 1997, vol. 44, iss. 5, p. 585–591
21. Беспалова Т. Ф., Кудрянцева И. Н. Влияние азотных удобрений и нитрагина на урожай и питательную ценность зеленой массы зернобобовых культур // Полевое кормопроизводство. – Горький, 1985, с. 62–65
22. Гришин Я. М. Последействие органических удобрений на урожайность яровой пшеницы и люцерны второго года жизни // Развитие научного наследия акад. Н. И. Вавилова. – Саратов, 1997, ч. 1, с. 56–57
23. Звягинцев Д. Г., Гусев В. С., Левин С. И. Изменения в комплексе почвенных микроорганизмов при антропогенных воздействиях // Успехи почвоведения. – Москва, 1986, с. 64–68
24. Лисичкина Г. А., Кожевин З. А. Влияние внесения соломы на динамику численности *Rhizobium japonicum* в ризосфере, ризоплане сои и в почве // Микробиология. – 1984, т. 53, №. 2, с. 345–347
25. Слесаревичюс А., Пранайтис П. Влияние стартовой дозы азота и инокуляции клубеньковыми бактериями на рост и урожайность сои // Проблемы питания растений и использование удобрений в современных условиях. – Минск, 2000, с. 492–495

## THE EFFICIENCY OF STRAW MINERALIZATION, NITROGEN FERTILISER AND INOCULATION ON SYMBIOTIC NITROGEN FIXATION BY RED CLOVER

E. Lapinskas, L. Piaulokaitė-Motuzienė

### Summary

During the period 2005–2007 laboratory and pot experiments were conducted at the Vėžaičiai Branch of the Lithuanian Institute of Agriculture.

It was established that in the limed Dystri-Endohypogleyic Albeluvisol (Abg-n-w-dy) ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  6.1–6.8) without organic fertiliser, a combination of seed inoculation and fertilising with starter nitrogen ( $21 \text{ mg N kg}^{-1}$  soil) exerted the greatest positive effect on red clover biomass (DM increase amounted to 12 %). On the background of moderate straw rate ( $1.5 \text{ g kg}^{-1}$  soil) inoculation and nitrogen fertilisation, irrespective of nitrogen rate, exerted a similar effect. When fertilising with a high straw rate ( $3.0 \text{ g kg}^{-1}$  soil), only inoculation or moderate nitrogen fertiliser rate ( $42 \text{ mg N kg}^{-1}$ ) were effective for clover.

Without straw application the highest number of nodules was formed by inoculated plants that had not received nitrogen fertilisation. The starter nitrogen rate exerted a favourable effect on the nodule formation of noninoculated clover only. Straw incorporation without inoculation or nitrogen fertiliser did not have any effect on plant nodules.

The highest content of biological nitrogen (38 % more than the control plants) was fixed by clover that received a combination of inoculation with a high ( $3.0 \text{ g kg}^{-1}$  soil) straw rate. The combination of straw application ( $1.5$  and  $3.0 \text{ g kg}^{-1}$  soil) and inoculation activated nitrogen fixing enzyme – nitrogenase by 41–60 %.

The combination of straw rate ( $1.5 \text{ g kg}^{-1}$  soil) and inoculation exerted the greatest stimulating effect on mobile saccharides accumulation in the overground plant part. The content of sugars increased from  $406 \text{ mg pot}^{-1}$  (in the control) to  $909 \text{ mg pot}^{-1}$ . Increasing of straw rate above  $1.5 \text{ g kg}^{-1}$  soil did not help additionally accumulate mobile saccharides.

With increasing straw rate the ratio of soil ammonifying microorganisms to those feeding on mineral nitrogen increased from 1.20 to 1.71, i. e. straw incorporation promoted organic matter mineralization processes. The highest fungi occurrence was identified in the treatments without straw application but with the application of nitrogen fertiliser or high rate of straw combined with inoculation.

Key words: *Rhizobium*, straw mineralization, nitrogen fertiliser, nitrogen fixation, red clover.