

---

# Simbiotinio azoto fiksavimo skirtinguose dirvožemiuose galimybių tyrimas

---

**Dalia Ambrazaitienė**

*Lietuvos žemdirbystės instituto*

*Vėžaičių filialas,*

*Vėžaičiai, LT-5845 Klaipėdos rajonas*

*El.paštas: filialas@gargzdai.omnitel.net*

Dirvožemis, kaip mikroorganizmų mitybinė terpė, iki šiol yra daugelio mokslininkų tyrimo objektas. 1997–1999 m. Lietuvos žemdirbystės instituto Vėžaičių filiale įrengtuose lizimetruose 10 skirtingos genezės ir aprūpinimo maisto medžiagomis dirvožemių buvo atlikta natūraliai paplitusių gumbelinių bakterijų fermento nitrogenazės aktyvumo bei jo priklausomumo nuo bakterijų virulentiškumo ir augalų išsivystymo analizė. Skirtingos granulometrinės sudėties, aeracijos, reakcijos, aprūpinimo maisto medžiagomis dirvožemiai yra pakankamai skirtinga aplinka, kurioje gumbelinės bakterijos turi išsilaikyti virulentiškos ir aktyvios, o simbiozėje su ankštiniais augalais efektyviai fiksuoti oro azotą.

Tyrimų rezultatai rodo, kad fermento nitrogenazės aktyvumui per vegetaciją dirvožemio judrieji  $P_2O_5$  ir  $K_2O$  junginiai bei organinė medžiaga turėjo skirtingą įtaką: fosforo ir kalio junginių gausėjimas doobilų vegetacijos pradžioje slopino fermento aktyvumą, o organinės medžiagos kiekis aktyvumo neveikė. Vegetacijos pabaigoje judriųjų fosforo ir kalio junginių neigiama įtaka sumažėjo, tačiau mineralizavusi organinė medžiaga slopino nitrogenazės aktyvumą.

Gausus mineralinių medžiagų kiekis dirvožemiuose skatino augalų šaknų ir antžeminės dalies vystymąsi, tačiau turėjo gana nežymią įtaką gumbelinių bakterijų virulentiškumui. Organinės medžiagos kiekis dirvožemyje esmingai lėmė doobilų antžeminės dalies išsivystymą ( $r = 0,67$ ).

Dėl mineralinio bei mineralinio ir organinio dirvožemių tręšimo mažėjo gumbelinių bakterijų fermento nitrogenazės aktyvumas, tačiau neturėjo didesnės reikšmės gumbelinių bakterijų virulentiškumui.

**Raktažodžiai:** gumbelinės bakterijos, nitrogenazė, aktyvumas, virulentiškumas, dirvožemio agrocheminės savybės, simbiotinis azoto fiksavimas

---

## ĮVADAS

Azoto fiksavimas – procesas, kuris natūraliomis dirvožemio sąlygomis yra paremtas daugelio dirvožemio mikroorganizmų azoto fiksavimo aktyvumu, neišskiriant ir įvairių rūšių gumbelinių bakterijų. Kiekviena rūšis fiksuoja nedidelį kiekį azoto, tačiau bendras biologinio azoto fiksavimas sudaro kelis šimtus kilogramų hektare per metus. Papildomų azotą fiksuojančių mikroorganizmų įterpimas į dirvožemį, sudarantis galimybę proceso intensyvumą palaikyti tik šiems mikroorganizmams, gali baigtis nesėkme. Lietuvos žemdirbystės instituto Vėžaičių filiale atlikti kai kurie tyrimai rodo, kad palyginti aktyvūs gumbelinių bakterijų kamienai neduoda laukto efektyvumo [1, 2]. Tai rodo, kad bandymas pertvarkyti dirvožemio mikroorganizmų kompleksą ne visada būna sėkmingas. Mėginimas išlaikyti bakterijų populiaciją aukštame lygyje ( $10^{10}$  ląstelių /1 g dirvožemio) daro

si negalimas, nes, pasiekus populiacijai daugiau negu  $10^6$  ląstelių /1 g dirvožemio, pradeda veikti antibiotikų mechanizmas (prasideda bakteriofagų ir vibrionų veikla, ima plisti parazitai) [16]. Vadinasi, norint padidinti intensyvumą, neužtenka padidinti fiksuojančių mikroorganizmų skaičių, bet labai svarbu įvertinti spontaninių azoto fiksatorių aktyvumą natūraliomis sąlygomis ir pabandyti jį sureguliuoti keičiant dirvožemio, kaip mitybinės terpės, sąlygas. Dirvožemis yra ne tiek mikroorganizmų dauginimosi aplinka, bet labiau aplinka, kurioje mikroorganizmai gali išsilaikyti. Todėl būtina atsižvelgti į dvi dirvožemio mikroorganizmų savybes – sugebėjimą ypač greitai daugintis bei išnaudoti palankias sąlygas ir sugebėjimą pakankamai ilgai išsilaikyti dauginimuisi nepalankiomis sąlygomis. Ilgą laiką egzistavo nuomonė, kad gumbelinės bakterijos dirvožemyje sėkmingai gali vystytis tik esant ankštiniais augalams, tačiau Gurevo, Zviagincevo, Koževino ir kitų autorių atlikti

tyrimai rodė, kad gumbelinės bakterijos dauginasi ir be augalų, todėl jų skaičius, reaguodamas į aplinkos pokyčius (organines, mineralines trąšas, dirvožemio pH ir kt.), gali kisti [16]. Ypač teigiamai gumbelinės bakterijos reaguoja į organinę medžiagą. Nors jos ir nepasižymi celiuliozę skaidančiomis savybėmis, bet gyvena metabiozėje su ją skaidančiais mikroorganizmais. Kad papildomas organinės medžiagos kiekis dirvožemiuose padidina aktyvių gumbelių skaičių bei nitrogenazės aktyvumą, literatūroje nurodyta gana seniai [14]. Žinoma, kad dirvožemiuose, kuriuose gausu organinės medžiagos, sumažėja neigiamas azoto vaidmuo nitrogenazės aktyvumui, nes jo dalį sunaudoja organinę medžiagą skaidantys mikroorganizmai, išskirdami augalų aplinkoje papildomą CO<sub>2</sub>. Dirvožemio granulimetrinė sudėtis, o tiksliau deguonies kiekis jame, turi labai svarbią reikšmę fiksuojant biologinį azotą. Nors gumbelinės bakterijos yra aerobiniai mikroorganizmai, tačiau tam tikras deguonies kiekis fiksavimo aplinkoje sukelia stresinę situaciją [18]. Susidarius nepalankioms sąlygoms, augalas mobilizuoja visas jėgas, kad apsisaugotų. Tinkamam O<sub>2</sub> kiekiui gumbeliuose palaikyti yra naudojamas hemoproteidas leghemoglobinas, kuris suriša deguonį. Deguonies perteklius sulaukia nitrogenazės aktyvumą [5, 12]. Minėto baltymo – leghemoglobino – apsauginės funkcijos gali sutrikti veikiant įvairiems išoriniams veiksniams [18].

Literatūroje nurodoma, kad mažas molio dalelių kiekis dirvožemyje reikalauja didesnės dirvožemio drėgmės, kad palaikytų tinkamą azoto fiksavimui deguonies kiekį. Dirvožemiuose, kuriuose molio dalelių kiekis didelis, nitrogenazės aktyvumui palaikyti pakanka perpus mažesnio drėgmės kiekio [9]. Dirvožemyje ne tik drėgmės kiekis reguliuoja O<sub>2</sub> koncentraciją, bet ir vandens srautai dirvožemio profilyje lemia pasyvų gumbelinių bakterijų judėjimą, o tai užtikrina greitesnį bakterijų patekimą prie augalo šaknų [11]. Aktyvus gumbelinių bakterijų judėjimas yra sąlygojamas chemotaksio, t. y. nespecifinių ir specifinių ankštinių augalų šaknų išskyrų.

Svarbus veiksnys, reguliuojantis biologinį azoto fiksavimą ir gumbelių susidarymą, yra azoto kiekis dirvožemyje [10]. Ne kartą pažymėti azoto teigiami ir neigiami aspektai azoto fiksavimui. Viena iš neigiamų priežasčių – dirvožemyje esantys nitratai sudaro fiziologiškai neaktyvų nitrozileghemoglobina, kuris, kaip manoma, ir yra pagrindinis nitratų veikimo nitrogenazės aktyvumui stabdys [7]. Tačiau, jei azoto trūksta augalų vystymosi pradžioje, kol dar tarp augalų ir gumbelinių bakterijų simbiotiniai santykiai nesusiformavę, jaučiamas azoto badas, ir dėl to augaluose formuojasi mažo aktyvumo fotosintezės aparatas, pakinta C:N santykis ankštinių biomasėje [15].

Šis santykis, priklausomai nuo augimo tarpsnio, atskirose augalų dalyse gali labai skirtis. Nurodoma, kad, esant efektyviai simbiozei, C:N yra 8,9–12,2, o neefektyviai – 13,0–20,3. Daugelio autorių nuomone, „startinis azotas“ dirvožemyje yra būtinas [8, 14, 17]. Didelis judriojo fosforo kiekio iš dirvožemio naudojimas pirmiausia siejamas su tuo, kad azoto fiksavimas yra labai energijai imlus procesas, be to, esant dirvožemyje pakankamai fosforo, augalų šaknys sudaro daugiau šakniaplaukių, sudarydamos palankesnes sąlygas augalų infekcijai gumbelinėmis bakterijomis [10, 15, 16]. Judriojo kalio kiekis dirvožemio mikroorganizmams svarbesnis negu metalų jonas, esantis fermentų sudėtyje ar sudarantis metalų kompleksus [19].

Kaip rodo ankstesni tyrimai, dirvožemyje esančio judriojo kalio kiekio ir žaliųjų proteinų susikaupimo dobitų bei vikių biomasėje koreliacinis ryšys buvo neigiamas [1, 2]. Tokiems ryšiams tiesioginio paaiškinimo nerasta, tačiau manoma, kad galėjo turėti įtakos dirvožemyje susikaupę chloridai, patekę kartu su kalio trąšomis [13]. Todėl didelio kalingumo dirvožemiai dėl azoto fiksavimo aktyvumo gali turėti skirtingą įtaką.

Antropogeninė veikla nuolat išbalansuoja natūraliai dirvožemyje vykstančius procesus. Biologinis azoto fiksavimas daugelio mokslininkų laikomas vienu iš indikatorinių, todėl jo aktyvumo suregulavimas padėtų atstatyti biologinę pusiausvyrą įvairiuose dirvožemiuose.

Šio darbo tikslas – skirtingos genezės, reakcijos ir aprūpinimo maisto medžiagomis dirvožemiuose, įvertinant natūraliai paplitusių gumbelinių bakterijų virulentiškumą bei fermento nitrogenazės aktyvumą, nustatyti ir palyginti potencialias azoto simbiotinio fiksavimo galimybes.

## TYRIMO SĄLYGOS IR METODAI

Laboratoriniai natūraliai dirvožemiuose paplitusių, gumbelinių bakterijų *Rhizobium leguminosarum* *bv. trifolii* fermento nitrogenazės (1.18.6.1) aktyvumo tyrimai buvo atliekami 1997–1998 m., kai Lietuvos žemdirbystės instituto Vėžaičių filiale įrengtuose lizimetruose buvo auginami raudonieji dobilai ‘Liespna’ (vykdytojas dr. V. Ežerinskas). Lizimetruose buvo surinkta 10 skirtingos genezės dirvožemių:

1. Menkai pajaurėjęs velėninis jaurinis J<sub>1</sub><sup>v</sup> (smėlžemis / arenosols);
2. Vidutiniškai pajaurėjęs velėninis jaurinis J<sub>2</sub><sup>Vg</sup> (balkšvažemis / albeluvisols);
3. Glėjiškias velėninis jaurinis JP<sub>1</sub><sup>v</sup> (išplautžemis / luvisols);

4. Pajaurėjęs velėninis glėjiškasis VG<sub>1</sub><sup>j</sup> (rudžemis / cambisols);

5. Glėjiškasis velėninis jaurinis J<sub>1</sub><sup>v</sup> (smėlžemis / arenosols);

6. Menkai pajaurėjęs velėninis jaurinis J<sub>1</sub><sup>v</sup> (išplautžemis / luvisols);

7. Menkai pajaurėjęs velėninis jaurinis J<sub>1</sub><sup>v</sup> (išplautžemis / luvisols);

8. Glėjiškasis velėninis jaurinis JP<sub>1</sub><sup>v</sup> (išplautžemis / luvisols);

9. Velėninis karbonatinis VK (rudžemis / cambisols);

10. Velėninis glėjiškasis VG<sub>1</sub> (rudžemis / cambisols).

Fermento nitrogenazės aktyvumo tyrimams lizimetruose surinkti dirvožemiai, atsižvelgiant į trešimą, autorės buvo sugrupuoti į 3 bandymus su skirtingu variantų (dirvožemių) skaičiumi. Gumbelinių bakterijų fermento nitrogenazės aktyvumui nustatyti iš lizimetrų kiekvieno indo buvo iškasta po 3 dobilų augalus su šaknimis. Po 1 šaknų su gumbeliais gramą buvo įdėta į 20 ml talpos indą ir hermetiškai uždaryta guminiu kamščiu. Per guminį kamštį medicininiu švirškštu įleista acetileno dujų 10% pagal indo tūrį (2 ml) ir inkubuojama 1 valandą termostate, esant 27°C temperatūrai. Po inkubavimo indai buvo išimti ir atlikta dujų chromatografija. Iš kiekvieno indo buvo paimta 1 ml susidariusių dujų mišinio ir įleista į chromatografą. Dujos nešėjos – azotas (30 ml/min), kaip oksidatorius buvo naudojamas oras (250 ml/min), o kaip reduktorius – vandenilio dujos (30 ml/min). Chromatografinė kolonėlė buvo užpildyta silikageliu. Chromatografo darbo parametrai: termostato temperatūra 80°C, įvedimo kameros – 150°C, detektoriaus – 220°C.

Tyrimo metu nitrogenazės redukuoto iš acetileno etileno kiekis užrašytas chromatogramoje ir palygintas su 0,1 ml etaloninių dujų (švarus etilenas). Nitrogenazės aktyvumas išreikštas μM N<sub>2</sub> 1 g šaknų / h.

Skirtingus etileno kiekius parodo nevienodo aukščio chromatogramos pikai. Fermento nitrogenazės aktyvumas buvo nustatytas dobilų sėjos metų rudenį (1997 09 24) ir 2 kartus antrais žolių auginimo metais (1998 06 18 ir 1998 09 24).

Dobilų sėjos metais, dobilų butonizacijos metu kiekviename lizimetrų inde buvo nustatytas dobilų žalios masės svoris kg/indo. Antrais žolių augimo metais dobilų išsivystymas buvo nustatytas 2 kartus. Kiekvieną kartą, imant šaknų mėginius nitrogenazės aktyvumo analizei, iš tų pačių augalų buvo nustatytas antžeminės dalies bei šaknų žalios masės svoris ir suskaičiuoti gumbeliai virulentiškumui įvertinti.

**Meteorologinės sąlygos.** 1997–1998 m. dobilų augimui ir simbiotiniam azoto fiksavimui jos buvo nevienodos. 1997 m. kritulių kiekis beveik nesiskyrė nuo daugiamečio vidutinio, tačiau 1998 m. iškrito 207,2 mm kritulių daugiau negu daugiamečio vidurkis. Vidutinė metinė oro temperatūra buvo aukštesnė 0,8°C 1997 m. ir 0,2°C 1998 m., palyginus su daugiamečio vidutine temperatūra. Hidroterminiai koeficientai, apskaičiuoti abiejų metų vegetacijos (gegužės–rugsėjo mėn.) periodams, buvo panašūs – atitinkamai 2,72 ir 2,83 – ir vertinami kaip perteklinio drėkinimo gamtinės sąlygos [4]. Buvo įvertintos drėkinimo sąlygos kiekvieną mėnesį augalų augimo periodu. Paaiškėjo, kad dobilams (1997 m.) dygti ir išsiskirti drėgmės buvo pakankamai – HTK = 4,75, jos pakako ir birželio mėn., tačiau vėliau dobilams augti sąlygos labai pablogėjo: liepos mėnesį HTK = 0,9, o rugpjūtyje HTK = 0,30. Tokios meteorologinės sąlygos vertinamos kaip nedidelė sausra (HTK – 0,8–0,9) ir labai didelė sausra (HTK < 0,4), kai derlius gali sumažėti daugiau kaip 50% [4]. Esant tokioms ekstremalioms sąlygoms, gumbelinių bakterijų virulentiškumas ir azoto fiksavimas buvo slopinami. Tik rugsėjo mėnesį iškritus didesniai, negu daugiamečio šio mėnesio vidurkis, kritulių kiekiui ir esant pakankamai aukštai temperatūrai, dobilų ir gumbelinių bakterijų simbiozė galėjo tapti efektyvia.

Antrais dobilų augimo metais visais vegetacijos mėnesiais kritulių pakako. Tai reiškia, kad drėgmės trūkumas šiais metais negalėjo būti simbiotinio azoto fiksavimą reguliuojančiu veiksniu.

**Dirvožemio sąlygos.** Joms apibūdinti pasinaudota agrocheminių tyrimų duomenimis, surinktais lizimetrų tyrimuose 1999 metais.

Pirmam bandymui pasirinkti dirvožemiai lizimetruose buvo netrešiami. Mitybinę aplinką gumbelinėms bakterijoms ir ankštiniams augalams suformavo augalų kaita bei natūraliai vykstantys mikrobiologiniai procesai ir maisto medžiagų plovimasis.

Iš Perlojos atvežtas menkai pajaurėjęs velėninis jaurinis smėlis J<sub>1</sub><sup>v</sup> pagal pH<sub>KCl</sub> rodiklį priskiriamas rūgštųjų dirvožemių grupei. Judriojo aliuminio nebuvo arba buvo tik pėdsakai. Bazėmis pasotinito laipsnis rodė jį esant vidutiniškai pasotintą. Aprūpinimas judriuoju P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> skirtinguose lizimetrų induose kito nuo 128 iki 219 mg/kg, o K<sub>2</sub>O kiekis pakankamai tolygus: dirvožemis buvo vidutinio kalingumo, bendrojo azoto – 0,13%, organinės medžiagos – 2,53%.

Remiantis pH<sub>KCl</sub> rodikliu, vidutiniškai pajaurėjęs velėninis jaurinis priemolio dirvožemis J<sub>2</sub><sup>v</sup> (Samališkė) priskirtinas mažo rūgštingumo dirvožemių grupei. Be to, šiame dirvožemyje esantis judrusis ali-

minis siekė 1,9–7,4 mg/kg. Pagal bazėmis pasotini-  
mo laipsnį, tai buvo nepakankamai pasotintas ar vi-  
dutiniškai pasotintas dirvožemis. Dirvožemio aprūpi-  
nimas judriaisiais  $P_2O_5$  ir  $K_2O$  visuose induose buvo  
panašus: fosforingas ir kalingas, azoto – 0,14%, or-  
ganinės medžiagos – 3,18%.

Glėjiškas velėninis jaurinis priemolio dirvožemis  
 $JP_1^v$  (Vėžaičiai) priskirtinas mažo rūgštumo dirvože-  
miams, turintis iki 2,8 mg/kg judriojo aliuminio, vi-  
dutinio pasotinimo bazėmis. Judriojo fosforo kiekis  
visuose induose įvairavo nuo vidutinio iki didelio fos-  
foringumo, kalio kiekis kito nuo vidutinio kalingu-  
mo iki kalingiems dirvožemiams būdingo kiekio, ben-  
drojo azoto – 0,09%, organinės medžiagos – 3,88%.

Pajaurėjęs velėninis glėjiškas priemolis (Dotnu-  
va)  $VG_1^j$  buvo artimas neutraliai reakcijai, Al nerasta,  
bazėmis pasotinimo laipsnis buvo labai didelis,  
judriojo  $P_2O_5$  dirvožemyje kiekis rodė jį esant dide-  
lio fosforingumo, o pagal judriojo kalio kiekį jis bu-  
vo ties vidutinio ir kalingo dirvožemio riba, azoto –  
0,12%, organinės medžiagos – 3,22%.

Antrajam bandymui buvo surinkti įvairios genezės  
minimaliai tręšiami lizimetrų dirvožemiai ( $N_{25}P_{40}K_{20}$ ).  
Šiam bandymui buvo parinkti 7 dirvožemiai.

Glėjiškas velėninis jaurinis priemolio (Šilutė)  $JP_1^v$   
dirvožemis priskirtinas mažo rūgštumo dirvožemių  
grupei, judriojo aliuminio randama 1,9–3,7 mg/kg,  
vidutiniškai pasotintas bazėmis, didelio arba labai di-  
delio fosforingumo dirvožemis. Judriojo kalio kiekis  
ši dirvožemį rodo esant kalingą, bendrojo azoto –  
0,16%, organinės medžiagos – 6,31%.

Glėjiškas velėninis jaurinis priemolio dirvožemis  
 $JP_1^v$  (Vėžaičiai) nuo aprašytojo skiriasi karbonatų gy-  
liu (0,8 m).  $pH_{KCl}$  5,2–5,4 rodikliai jį rodo esant mažo  
rūgštumo, turintį nežymų kiekį aliuminio, vidutiniš-  
kai pasotintą bazėmis. Pagal  $P_2O_5$  kiekį priskiriamas  
didelio ar labai didelio fosforingumo dirvožemių gru-  
pei, pagal  $K_2O$  kiekį – kalingų dirvožemių grupei,  
azoto – 0,16%, organinės medžiagos – 4,58%.

Velėninis karbonatinis priemolio dirvožemis (Upy-  
tė) VK yra neutralios reakcijos, judriojo aliuminio  
nėra, vidutiniškai prisotintas bazėmis, judriojo fosfo-  
ro labai daug, kalio – daug, bendrojo azoto – 0,12%,  
organinės medžiagos – 3,65%.

Velėniniu glėjišku moliu  $VG_1$  (Rumokai) užpil-  
dytų lizimetrinių indų agrocheminiai rodikliai buvo  
labai skirtingi.  $pH_{KCl}$  rodiklis kiekvieną indą rodo  
esant skirtingo rūgštumo grupės, randama ir judrio-  
jo aliuminio. Nevienodas bazėmis pasotinimo laips-  
nis. Tačiau pagal fosforo kiekį šis dirvožemis yra la-  
bai didelio fosforingumo, o kalio kiekis mažesnis –  
dirvožemis kalingas ar didelio kalingumo, bendrojo  
azoto kiekis – 0,16%, organinės medžiagos – 4,38%.

Pajaurėjęs velėninis glėjiško priemolio  $VG_1^j$   
(Dotnuva)  $pH_{KCl}$  buvo nuo 6,0 iki 6,9, aliuminio ne-  
rasta. Dirvožemis pasotintas bazėmis, labai didelio  
fosforingumo ir didelio kalingumo, bendrojo azoto –  
0,11%, organinės medžiagos – 3,22%.

Iš Dubingių atgabentas menkai pajaurėjęs velėni-  
nis jaurinis priemolis ant žvyro  $J_1^v$  buvo mažo rūgštu-  
mo, tačiau judriojo aliuminio rasta 3,73–5,6 mg/kg,  
vidutiniškai pasotintas bazėmis, judriojo fosforo bu-  
vo labai daug, o kalio – daug, azoto – 0,13%, or-  
ganinės medžiagos – 3,09%.

Menkai pajaurėjęs velėninis jaurinis priemolis ant  
priemolio  $J_1^v$  (Vokė). Šis dirvožemis pagal  $pH_{KCl}$  pri-  
skirtinas rūgštokiems dirvožemiams, judriojo aliumi-  
nio šiek tiek rasta tik viename inde iš 3. Bazėmis  
pasotinimo laipsnis buvo vidutinis,  $P_2O_5$  buvo labai  
daug,  $K_2O$  – daug, bendrojo azoto – 0,14%, or-  
ganinės medžiagos – 3,07%.

Trečiajam bandymui pasirinkti 3 dirvožemiai, ku-  
rie buvo pakalkinti, įterpiant 750 g Ca į indą bei  
tręšti arba mineralinėmis, arba mineralinėmis ir or-  
ganinėmis trąšomis.

Vien kalkinimas menkai pajaurėjusiame velėni-  
niame jauriniame smėlyje  $J_1^v$  (Perloja) beveik visuose  
lizimetrų induose suformavo neutralią reakciją.  
Patręšus mineralinėmis trąšomis ( $N_{50}P_{80}K_{40}$ ), dirvo-  
žemis parūgštėjo –  $pH_{KCl}$  rodiklis svyravo tarp 5,4–  
6,1, t. y. dirvožemis gali būti priskiriamas rūgštokų  
grupei. Lizimetruose auginamus kaupiamuosius au-  
galus patręšus mėšlu, šiame dirvožemyje vėl susi-  
darė neutraloka reakcija. Visuose 3 šio dirvožemio  
variantuose judriojo Al nerasta, o pagal bazėmis pa-  
sotinimo laipsnį daugiausia priskiriami vidutiniškai  
pasotintų dirvožemių grupei. Judriųjų fosforo ir ka-  
lio kiekį labiausiai lėmė tręšimas: tik pakalkinti dir-  
vožemiai buvo vidutinio fosforingumo (kalingumo)  
ar fosforingi (kalingi), tuo tarpu patręšus minerali-  
nėmis trąšomis, judriojo fosforo juose pagausėjo iki  
labai didelio fosforingumo, o kalio – iki didelio ka-  
lingumo. Bendrojo azoto skirtinguose variantuose nu-  
statyta nuo 0,12 iki 0,14% ir daugiausia buvo patrę-  
šus mineralinėmis trąšomis.

Vidutiniškai pajaurėjęs velėninis jaurinis priemo-  
lio dirvožemis iš Samališkės ( $J_2^{vs}$ ) tik pakalkinus pri-  
skirtinas neutralokų grupei, patręšus jį mineralinė-  
mis trąšomis, patenka į rūgštokų dirvožemių grupę,  
o nuo mėšlo šio dirvožemio rūgštumas vėl nežymiai  
sumažėja. Judriojo aliuminio taip pat beveik nerasta.  
Bazėmis pasotinimo laipsnis kiekviename to pa-  
ties varianto inde gerokai skiriasi, tačiau daugiausia  
priklauso vidutiniškai pasotintų dirvožemių grupei.  
Tik kalkintame variante fosforo kiekis kiekviename  
inde labai skiriasi (143–428 mg/kg), o pagal kalio

kiekį – didelio kalingumo. Tręšiant mineralinėmis trąšomis, fosforo kiekis induose suvienodėjo ir dirvožemis visur buvo labai didelio fosforingumo. Kalis irgi pasiekė tokį pat lygį. Patręšus mėšlu, fosforingumas dar labiau padidėjo, t. y. net iki 2 kartų, palyginus su labai didelio fosforingumo žemutine riba, kalio kiekis šiame variante šiek tiek sumažėjo, tačiau dirvožemis išliko labai didelio kalingumo. Intensyvinant tręšimą bendrojo azoto dirvožemyje, padaugėjo nuo 0,11 iki 0,16%.

Glėjiškas velėninis jaurinis priemolio  $JP_1^v$  dirvožemis (Vėžaičiai), jį tik praturtinus Ca, buvo mažo rūgštumo ( $pH_{KCl}$  5,9–6,2). Dėl mineralinio tręšimo, kaip ir prieš tai aprašytuose dirvožemiuose, dirvožemis parūgštėjo iki rūgštoko, o dėl organinio tręšimo  $pH_{KCl}$  rodikliai taip pat beveik nepakito. Judriojo aliuminio nebuvo. Didžiausias bazėmis pasotinimo laipsnis, daugiau negu 90%, nustatytas pirmajame variante. Dėl mineralinio tręšimo dirvožemio pasotinimas bazėmis sumažėjo, o patręšus mėšlu, buvo matyti didėjimo tendencija, nors nepasiekė pirmo varianto lygio. Tik kalkintame dirvožemyje judriųjų fosforo buvo 133–193, kalio – 201–215 mg/kg. Patręšus mineralinėmis trąšomis, fosforo padaugėjo daugiau negu 2 kartus, o kalio kiekis didėjo tos pačios kalingumo grupės ribose. Patręšus mėšlu, dar labiau padidėjo dirvožemio fosforingumas ir kalingumas. Gerokai platesnėse ribose kito judriojo fosforo kiekis dirvožemyje. Bendrojo azoto taip pat daugėjo proporcingai tręšimui – 0,08–0,15%.

## TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Įvertinus gumbelių bakterijų fermento nitrogenazės aktyvumą skirtinguose netręštuose dirvožemiuose auginamuose doviluose pirmiausia buvo įvertintas raudonųjų dovilų derlingumas, išsivystymas ir gumbelių bakterijų virulentiškumas. Duomenys ro-

do, kad dovilų derlių pirmajame bandyme pirmais augimo metais lėmė dirvožemio granulimetrinė sudėtis. Esant sausrai, lengvos granulimetrinės sudėties dirvožemyje išaugusių dovilų masė buvo 5 kartus mažesnė negu likusiuose dirvožemiuose, nors visuose dirvožemiuose maisto medžiagų buvo panašus kiekis.

Tais pačiais metais buvo nustatytas gumbelių bakterijų virulentiškumas. Daugiausia gumbelių ant augalų šaknų buvo rasta dirvožemiuose, kurių  $pH_{KCl} > 6,0$ . Dirvožemiuose  $J_2^{Vg}$  ir  $JP_1^v$  gumbelių skaičius buvo mažesnis. Šiuose dirvožemiuose gumbelių bakterijų virulentiškumui galėjo turėti įtakos ne tik rūgštesnė dirvožemio reakcija, bet ir judrusis Al, esantis juose.

Antrais žolių augimo metais, atliekant chromatografinę gumbelių analizę, buvo kartu nustatytas dovilų išsivystymas. Nustatyta, kad bendras dovilų išsivystymas geriausias buvo  $JP_1^v$  dirvožemyje, o šaknų sistemos –  $VG_1^j$  dirvožemyje. Gumbelių ant augalų šaknų įvairiuose dirvožemiuose buvo skirtingai ir tą skaičių susieti su augalų išsivystymu sunku. Tačiau galima manyti, kad dovilų šaknų išsivystymui galėjo turėti neigiamos įtakos kai kuriuose lizimetrų induose rastas judriojo Al kiekis (7,4 mg/kg), toksiškas dovilams.

Pirmais augalų augimo metais chromatografiniu metodu fermentinio nitrogenazės aktyvumo nustatyti nepavyko. Gumbelių bakterijų fermento nitrogenazės aktyvumas antrais dovilų augimo metais buvo nustatytas 2 kartus (1 lentelė). Tyrimų duomenimis, didžiausias fermento aktyvumas nustatytas dirvožemyje  $JP_1^v$ : 16,89  $\mu M N_2$  1 g šaknų / h. Šiame dirvožemyje buvo taip pat didžiausia augalų masė. Mažiausias nitrogenazės aktyvumas augalų žydėjimo pradžioje buvo nustatytas dirvožemyje  $J_1^v$ : tik 3,09  $\mu M N_2$  1 g šaknų / h. Tų pačių metų rudenį nitrogenazės aktyvumas sumažėjo ir tebuvo 2,0–6,4  $\mu M N_2$  1 g šaknų / h. Nitrogenazės aktyvumas ypač sumažėjo  $JP_1^v$  dirvožemyje (8 kartus).

1 lentelė. Gumbelių bakterijų fermento nitrogenazės aktyvumas netręštame dirvožemyje  
Table 1. Activity of rhizobia enzyme nitrogenase in nontreated soils

Dirvožemis / Sol	Fiksuota azoto $\mu M$ 1 g šaknų / h Fixed nitrogen, $\mu M$ 1 g roots per hour			
	1998 06 18		1998 09 24	
	x $\pm$ Sx	V	x $\pm$ Sx	V
$J_1^v$ (Perloja) / Arenosols	3,09 $\pm$ 0,46	25,60	2,40 $\pm$ 0,16	11,25
$J_2^{Vg}$ (Samališkė) / Albeluvisols	8,60 $\pm$ 2,84	57,32	6,4 $\pm$ 3,63	97,83
$JP_1^v$ (Vėžaičiai) / Luvisols	16,89 $\pm$ 3,30	33,84	2,00 $\pm$ 0,10	9,00
$VG_1^j$ (Dotnuva) / Cambisols	7,39 $\pm$ 0,63	14,82	4,06 $\pm$ 1,39	59,20

x – vidurkis / average, Sx – nukrypimas nuo vidurkio / standart devination, V – variacija / variation.

Svarbiausiu azoto fiksavimą lemiančiu dirvožemio agrocheminių savybių rodikliu, matyt, reikėtų laikyti organinės medžiagos kiekį jame. Esant didesniai organinės medžiagos kiekiui dirvožemyje, dėl mikroorganizmų vykdomo jų skaidymo pagausėjęs maisto medžiagų kiekis sudarė geresnes sąlygas vystytis augalams, taip pat intensyviau buvo fiksuojamas oro azotas, nes, kaip minėta anksčiau, celiuliozės skaidytojai gyvena metabiozėje su azoto fiksatoriais [14].

Antrajam bandymui pasirinkti dirvožemiai, kurie buvo tręšti mineralinėmis trąšomis, įterpiant  $N_{25}P_{40}K_{20}$  g/indui. Pirmais dobilų augimo metais, esant ekstremalioms gamtinėms sąlygoms (HTK = 0,30–0,90), didžiausias dobilų derlius buvo VG<sub>1</sub> dirvožemyje. Dvigubai mažesniu dobilų derlingumu pasižymėjo JP<sub>1</sub><sup>v</sup> dirvožemis (Šilutė), kuriame buvo daug organinių medžiagų ir pakankamai judriųjų P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ir K<sub>2</sub>O, šiame bandyme buvo visų mažiausias bazėmis pasotinimo laipsnis. Bakterijų virulentiškumas didžiausias buvo lengvesniuose dirvožemiuose J<sub>1</sub><sup>v</sup> (Dubingiai ir Vokė). Mažiausiai gumbelių ant dobilų šaknų rasta JP<sub>1</sub><sup>v</sup> dirvožemyje.

Antrais dobilų augimo metais, nustačius augalų išsivystymą prieš žydėjimą, paaiškėjo, kad didžiausią antžeminę dalį turėjo dobilai, auginti JP<sub>1</sub><sup>v</sup> dirvožemyje, kuriame buvo daug (6,31%) organinių medžiagų. Mažai atsiliko antžeminės dalies mase dobilai, kurie augo JP<sub>1</sub><sup>v</sup> (Vėžaičiai) ir VG<sub>1</sub> (Rumokai) dirvožemiuose. Juose organinių medžiagų buvo atitinkamai 4,58 ir 4,38%. Šaknų sistemos išsivystymas visuose dirvožemiuose augintų dobilų buvo labai panašus. Gumbelių daugiau suformavo didesnę antžeminę dalį turėję augalai.

Bandymo duomenų koreliacinė-regresinė analizė patvirtino, kad dirvožemio organinės medžiagos kie-

kis lemia antžeminės dalies išsivystymą ( $r = 0,67$ ). Antžeminės dalies ir gumbelių skaičiaus koreliacinis ryšys buvo stiprus ( $r = 0,84$ ), o vidutinio glaudumo ryšiais buvo susieti šaknų svoris ir gumbelių skaičius ( $r = 0,56$ ) bei šaknų antžeminės dalies svoriai ( $r = 0,48$ ). Koreliacijos koeficientai patikimi, esant  $p < 0,05$ .

Nitrogenazės aktyvumas nustatytas sėjos metų ruo- denį, tačiau jis buvo labai menkas ir ryškesnių skirtumų tarp skirtinguose dirvožemiuose paplitusių gumbelinių bakterijų fermentinio aktyvumo nenustatyta (2 lentelė).

Antrais dobilų augimo metais fermentinis nitrogenazės aktyvumas buvo nustatytas 2 kartus. Dobilams pradėjus žydėti (1998 06 18) didžiausias nitrogenazės aktyvumas užfiksuotas JP<sub>1</sub><sup>v</sup> (Vėžaičiai) dirvožemyje. 4–5 kartus mažesnis aktyvumas buvo VK ir VG<sub>1</sub> dirvožemiuose. Šiuose dirvožemiuose, kaip nurodoma anksčiau atliktuose tyrimuose, labai paplitusios nitrifikuojančios bakterijos [3]. Tai rodo, kad dirvožemyje gausu azoto junginių, kurie galėjo slopinti nitrogenazės aktyvumą.

Nedidelis nitrogenazės aktyvumas buvo ir greitos mineralizacijos J<sub>1</sub><sup>v</sup> (Dubingiai ir Vokė) dirvožemiuose. Nedideliu nitrogenazės aktyvumu išsiskyrė dirvožemiai JP<sub>1</sub><sup>v</sup> (Šilutė) ir VG<sub>1</sub><sup>j</sup> (Dotnuva). Juose nitrogenazės aktyvumas buvo 1,82 μM N<sub>2</sub> 1 g šaknų / h. Baigiantis vegetacijai visuose dirvožemiuose, išskyrus JP<sub>1</sub><sup>v</sup> (Šilutė) dirvožemį, gumbelinių bakterijų fermento nitrogenazės aktyvumas buvo panašus.

Trečiajam bandymui buvo pasirinkti 3 dirvožemiai, labiausiai besiskiriantys vienas nuo kito organinės medžiagos kiekiu, tačiau pagal kitas agrochemines savybes jie labai panašūs. Kiekviename iš jų buvo paimti 3 tręšimo variantai: kalkinimas, kalkinimas + tręšimas mineralinėmis trąšomis bei kalkinimas + tręši-

2 lentelė. Gumbelinių bakterijų fermento nitrogenazės aktyvumas skirtingose genėzės minimaliai tręštuose dirvožemiuose

Table 2. Activity of rhizobia enzyme nitrogenase in the minimal treated soils

Dirvožemis / Soil	Fiksuota azoto μM 1 g šaknų / h Fixed nitrogen, μM 1 g roots per hour					
	1997 09 24		1998 06 18		1998 09 24	
	x ± Sx	V	x ± Sx	V	x ± Sx	V
JP <sub>1</sub> <sup>v</sup> (Šilutė) / Arenosols	0,97 ± 0,16	28,34	1,82 ± 0,83	79,27	0,23 ± 0,08	56,52
JP <sub>1</sub> <sup>v</sup> (Vėžaičiai) / Luvisols	0,18 ± 0	0	23,92 ± 2,10	15,18	4,66 ± 0,32	11,91
VK (Upytė) / Cambisols	1,27 ± 0,10	14,17	5,03 ± 0,80	27,41	5,63 ± 1,52	46,95
VG <sub>1</sub> (Rumokai) / Cambisols	0,36 ± 0	0	4,42 ± 1,70	66,80	3,33 ± 0,77	40,14
VG <sub>1</sub> (Dotnuva) / Cambisols	0,12 ± 0,06	86,60	1,82 ± 0,28	26,42	2,97 ± 1,06	61,89
J <sub>1</sub> <sup>v</sup> (Dubingiai) / Luvisols	0,36 ± 0	0	3,45 ± 0,52	26,38	3,03 ± 0,32	18,31
J <sub>1</sub> <sup>v</sup> (Vokė) / Luvisols		–	3,81 ± 1,49	67,40	4,42 ± 1,37	53,75

x – vidurkis / average, Sx – nukrypimas nuo vidurkio / standart deviation, V – variacija / variation.

mas mineralinėmis ir organinėmis trąšomis. Toks tręšimas buvo taikomas tik kaupiamiesiems augalams, tačiau maisto medžiagų ( $P_2O_5$  ir  $K_2O$ ) kiekiui dirvožemyje turėjo didelę įtaką. Bandyto dirvožemiuose doabilų derlingumas priklausė ne tik nuo dirvožemio prigimties, bet ir nuo gausumo jame maisto elementų. Pirmais doabilų augimo metais  $J_1^v$  (Perloja) dirvožemyje buvo mažiausias (0,14–0,85 kg/indo) žalios masės derlius.  $J_2^{vs}$  ir  $JP_1^v$  dirvožemiuose doabilų derlingumas buvo panašus. Dobilai labiausiai reagavo į tręšimą  $J_1^v$  dirvožemyje, kai dėl mineralinio tręšimo doabilų žalia masė padidėjo beveik 4, o dėl mineralinio ir organinio – 6 kartus. Sunkesnės granulometrinės sudėties dirvožemiuose, kuriuose buvo didesnis organinės medžiagos kiekis, nuo trąšų augalų žalia masė padidėjo gerokai mažiau, nors maisto medžiagų ( $P_2O_5$  ir  $K_2O$ ) dirvožemyje pagausėjo 2–3 kartus. Suskaičiavus gumbelius ant augalų šaknų, didesnių dėsningumų tarp jų skaičiaus ir agrocheminių rodiklių nenustatyta.

Antrais doabilų augimo metais, kai augalų augimui pakako drėgmės, lengvos granulometrinės sudėties dirvožemyje  $J_1^v$  doabilai vystėsi geriausiai, ypač ten, kur buvo naudotos trąšos. Antžeminė doabilų dalis tręštuose dirvožemiuose padidėjo 2,2–2,3 karto. Dirvožemyje  $J_2^{vs}$  doabilų masė buvo mažesnė, tačiau tręšimo įtaka išliko panaši. Dirvožemyje  $JP_1^v$  tręšimo įtaka augalams nebuvo tokia ryški, tačiau augalų masė tik pakalkinus, palyginus visus 3 dirvožemius, buvo didžiausia.

Gumbelių bakterijų virulentiškumas visuose dirvožemiuose buvo didesnis tręštuose variantuose. Atlikus koreliacinę-regresinę analizę šiame bandyme, paaiškėjo, kad augalų šaknų ir antžeminės dalies ko-

reliacinis ryšys yra labai stiprus ( $r = 0,95$ ), be to, panašaus stiprumo koreliacija sieja šaknų svorį su gumbelių skaičiumi ( $r = 0,78$ ) bei antžeminės dalies svorį su gumbelių skaičiumi ( $r = 0,81$ ). Koeficientai patikimi, esant  $p < 0,05$ .

Antrais doabilų augimo metais gumbelių bakterijų fermento nitrogenazės aktyvumas per vegetaciją nustatytas 2 kartus (3 lentelė). Didesnis jis buvo vegetacijos pabaigoje. Lengvos granulometrinės sudėties dirvožemyje  $J_1^v$  (Perloja), nitrogenazės aktyvumas vegetacijos pabaigoje buvo daugiau negu 4 kartus didesnis, palyginus su aktyvumu, nustatytu doabilams pražydydus (1998 06 18). Tiek vienu, tiek kitu dirvožemio tręšimo atvejais fermento aktyvumas buvo didesnis, palyginus su netręštu, bet kalkintu dirvožemiu. Šiame dirvožemyje, vegetacijos pradžioje, matyt, dėl greitesnio organinių medžiagų skaidymo atsilaisvinusios mineralinės medžiagos (ypač azoto junginiai) slopino fermento aktyvumą. Vegetacijos antroje pusėje, sumažėjus augalams prieinamų maisto elementų, fermento aktyvumas padidėjo ir buvo imta fiksuoti daugiau biologinio azoto.  $J_2^{vs}$  dirvožemyje, kuriame mineralizacijos procesai lėtesni, fermento aktyvumas ir vegetacijos pradžioje buvo didesnis, palyginus su  $J_1^v$  dirvožemiu. Mineralinėmis ir organinėmis trąšomis tręštuose dirvožemiuose aktyvumas buvo mažesnis, negu tik kalkintame variante. Vegetacijos pabaigoje, augalams išnaudojus maisto medžiagas, arba pastarosioms išsiplovus, nitrogenazės aktyvumas vėl padidėjo, ypač variante, kuriame dirvožemiui taikytas tik mineralinis tręšimas.

Dirvožemyje  $JP_1^v$  doabilų vegetacijos pirmoje pusėje dėl tręšimo fermentinis aktyvumas mažai kito. Labiau jis buvo slopinamas dirvožemyje, kuriame

3 lentelė. Gumbelių bakterijų fermento nitrogenazės aktyvumas įvairaus tręšimo dirvožemiuose  
Table 3. Activity of rhizobia enzyme nitrogenase in the different treated soils

Dirvožemis / Soil	Tręšimas / Fertilizing	Fiksuota azoto $\mu M$ 1 g šaknų / h Fixed nitrogen, $\mu M$ 1 g roots per hour			
		1998 06 18		1998 09 24	
		$x \pm 0,22$	V	$x \pm 0,22$	V
$J_1^v$ (Perloja) / Arenosols	Ca	0,97 $\pm$ 0,22	38,62	6,60 $\pm$ 1,42	37,33
	NPK+Ca	1,51 $\pm$ 0,16	18,53	9,69 $\pm$ 6,45	115,31
	NPK+Ca+mėšlas / manure	1,39 $\pm$ 0,26	32,84	9,03 $\pm$ 0,85	16,24
$J_2^{vs}$ (Samališkė) / Albeluvisols	Ca	4,06 $\pm$ 0,06	2,56	4,97 $\pm$ 0,26	9,21
	NPK+Ca	3,27 $\pm$ 0,48	25,52	9,81 $\pm$ 1,69	29,76
	NPK+Ca+mėšlas / manure	1,76 $\pm$ 0,06	5,90	6,60 $\pm$ 0,95	24,96
$JP_1^v$ (Vėžaičiai) / Huvisols	Ca	2,36 $\pm$ 0,86	62,81	5,75 $\pm$ 1,33	39,97
	NPK+Ca	2,85 $\pm$ 0,34	20,52	2,43 $\pm$ 0,70	49,86
	NPK+Ca+mėšlas / manure	1,70 $\pm$ 0,37	37,54	7,03 $\pm$ 1,23	30,32

x – vidurkis / average, Sx – nukrypimas nuo vidurkio / standart deviation, V – variacija / variation.

4 lentelė. Koreliacijos koeficientai tarp dirvožemio agrocheminių rodiklių ir augalų išsivystymo, gumbelių bakterijų virulentiškumo bei nitrogenazės aktyvumo  
 Table 4. Coefficients of correlation between agrochemical characteristics and plants development, rhizobia virulence as well as activity of nitrogenase

Augalų išsivystymo rodiklis Characteristic of plant development	Koreliacijos koeficientas $r$ / Coefficient of correlation $r$				
	dobilų žalia masė / natural matter of clover		gumbelių skaičius / nodules number	nitrogenazės aktyvumas / activity of nitrogenase	
	antžeminės dalies / overground part	šaknų / roots		vasarą / in summer	rudeni / in autumn
Agrocheminiai rodikliai / Agrochemical indicators					
pH <sub>KCl</sub>	0,02	0,23	-0,25	-0,30	0,19
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,27	0,76*	0,27	-0,43	-0,12
K <sub>2</sub> O	0,09	0,33	-0,24	-0,25	0,34
Bazėmis pasotinimo laipsnis / Degree of base saturation, %	-0,01	0,17	-0,50	-0,05	0,11
Organinė medžiaga % / Organic mater, %	0,67*	0,40	0,37	0,16	-0,47

\*Patikima, esant  $p < 0,050$  / significant at  $p < 0,050$ .

naudotas mineralinis ir organinis tręšimas. Vegetacijos pabaigoje šio dirvožemio kalkintame variante nitrogenazės aktyvumas padidėjo daugiau kaip 2 kartus, palyginus su vasaros laikotarpiu, beveik nekito variante su mineraliniu tręšimu, o mineralinio ir organinio tręšimo suformuotoje dirvožemio aplinkoje jie siekė 7,03  $\mu\text{M N}_2$  1 g šaknų / h.

Įvertinus šio bandymo duomenis, galima teigti, kad fermento aktyvumas nepriklausė nuo gumbelių bakterijų virulentiškumo ( $r = 0,21$ ), tačiau matyti, kad gausus maisto medžiagų kiekis dirvožemyje slopino fermento aktyvumą. Nitrogenazės aktyvumui įtakos neturėjo nei šaknų, nei antžeminės dalies išsivystymas.

Dėl nepakankamo duomenų skaičiaus nenustatyta agrocheminių rodiklių įtaka augalų išsivystymui, bakterijų virulentiškumui bei nitrogenazės aktyvumui. Tokia analizė atlikta, tik panaudojant netręštų ir minimaliai tręštų dirvožemių tyrimų duomenis (1 ir 2 bandymai).

Atliktos koreliacinės-regresinės analizės tarp dirvožemio agrocheminių rodiklių ir augalų išsivystymo, virulentiškumo bei nitrogenazės aktyvumo rezultatai pateikti 4 lentelėje. Nustatyta, kad pH<sub>KCl</sub> tarp 5,0 ir 7,5 neturėjo įtakos augalų išsivystymui, bakterijų virulentiškumui bei nitrogenazės aktyvumui augalams pražyodus vasarą ir baigiantis vegetacijai. Dirvožemyje esantis judriojo P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kiekis skatino dobilų šaknų vystymąsi ( $r = 0,76$ ), tačiau patikimo ryšio su augalų vystymąsi apibūdinančiais rodikliais nenustatyta. Judriojo kalio kiekis taip pat neturėjo esminės įtakos augalų vystymuisi. Augalų antžeminės dalies

išsivystymą esminiai lėmė ( $r = 0,67$ ) organinės medžiagos kiekis dirvožemyje. Be to, šis rodiklis rodė teigiamą tendenciją šaknų vystymuisi bei gumbelių bakterijų virulentiškumui.

Komentuojant dirvožemio agrocheminių rodiklių įtaką nitrogenazės aktyvumui tenka pripažinti, kad patikimų rezultatų negauta. Dobilų žydėjimo pradžioje antraisiais augalų augimo metais dirvožemio reakcijos mažėjimas, bazėmis pasotinimo laipsnio, judriųjų P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ir K<sub>2</sub>O kiekių didėjimas slopino nitrogenazės aktyvumą. Tai rodo, kad esant pakankamai gausiam maisto medžiagų kiekiui ir optimaliai dobilų vystymuisi dirvožemio reakcijai, natūraliai dirvožemyje gyvenančių bakterijų simbiozėje fiksuoto azoto kiekis mažėja. Vegetacijos pabaigoje, agrocheminių rodiklių įtaka nitrogenazės aktyvumui pakito, t. y. sumažėjo jų neigiama įtaka. Tai, matyt, dėl to, kad iš dirvožemio dalį maisto medžiagų panaudojo augalai, o dalis jų išsiplovė. Dirvožemyje esančios organinės medžiagos kiekio kitimas nitrogenazės aktyvumui darė priešingą poveikį. Vasarą organinės medžiagos kiekis nitrogenazės aktyvumo neslopino, o vegetacijos pabaigoje darė slopinantį poveikį. Matyt, į vegetacijos pabaigą dėl mineralizacijos atsipalaidavusios maisto medžiagos sumažino azoto fiksavimą. Nors duomenų, kad judrieji P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ir K<sub>2</sub>O tiesiogiai slopina azoto fiksavimą, nerasta, tačiau galima manyti, kad būtent kartu su fosforu ir kaliumi didėjantis bendrojo azoto kiekis dirvožemyje slopino nitrogenazės aktyvumą [7, 8].

Įvertinus visuose tirtuose dirvožemiuose dobilų išsivystymo lygį ir nitrogenazės aktyvumą, nustatyta, kad

tarp šių rodiklių koreliacinių ryšių nebuvo. Pastebėta tik teigiama tendencija tarp šaknų išsivystymo ir gumbelių ant jų skaičiaus. Kaip rodo daugianarė koreliacija, šaknų svoris ir gumbelių skaičius taip pat neturėjo įtakos nitrogenazės aktyvumui, tačiau nulėmė antžeminės doobilų dalies išsivystymą ( $r = 0,80$ ).

## IŠVADOS

1. Fermento nitrogenazės aktyvumui didžiausią įtaką turėjo dirvožemio judriųjų  $P_2O_5$  ir  $K_2O$  kiekiai bei organinės medžiagos procentas: fosforo ir kalio junginių kiekio gausėjimas doobilų vegetacijos pradžioje slopino fermento nitrogenazės aktyvumą, o organinės medžiagos kiekis įtakos neturėjo. Vegetacijos pabaigoje judriųjų fosforo ir kalio junginių neigiama įtaka sumažėjo, bet išryškėjo organinės medžiagos slopinantis veikimas.

2. Gausus mineralinių medžiagų kiekis dirvožemyje skatino augalų šaknų ir antžeminės dalies vystymąsi, tačiau turėjo gana nežymią įtaką gumbelių bakterijų virulentiškumui. Organinės medžiagos kiekis dirvožemyje patikimai lėmė doobilų antžeminės dalies išsivystymą ( $r = 0,67$ ).

3. Mineralinis ir mineralinis-organinis dirvožemių tręšimas mažino gumbelių bakterijų fermento nitrogenazės aktyvumą, tačiau neturėjo didesnės reikšmės gumbelių bakterijų virulentiškumui.

Gauta  
2001 10 14

## Literatūra

1. Ambrazaitienė D. Preparato Vitamin Mix įtaka liucernų ir doobilų inokuliacijai įvairiais gumbelių bakterijų kamienais efektyvumui // *Žemdirbystė: LŽI ir LŽŪU mokslo darbai*. 2000. T. 71. P. 223–239.
2. Ambrazaitienė D. Gumbelių bakterijų naujų kamienų efektyvumo įvertinimas vasariniams vikiams // *Ten pat*. P. 202–215.
3. Arlauskienė E.-A. Dirvožemio mikroorganizmai // *Žemės ūkio mokslai*. 1997. Nr. 1. P. 3–7.
4. Bukantis A., Rimkus E. Lietuvos agroklimatinių išteklių kaita ir prognozės // Lietuvos klimato ir dirvožemio potencialo racionalaus naudojimo perspektyvos. Dotnuva-Akademija, 1997. P. 5–11.
5. Dakora F. D., Appleby C. A., Atkins C. A. Effect of  $pO_2$  on the formation and status of leghemoglobin in nodules of cowpea and soybean // *Plant Physiol*. 1991. Vol. 95, N 3. P. 723–730.
6. Kahn M. L., Mortimer M., Park K. S., Zhang W. Carbon metabolism in the Rhizobium – legume symbiosis / Nitrogen Fixation: Fundamentals and Applications // *Proc. of 10th Congress of Nitrogen Fixation*. Dordrecht–Boston–London, 1995. P. 525–532.
7. Kanayama Y., Watanabe I., Yamamoto Y. Inhibition of nitrogen fixation in soybean plants supplied with nitrate I. Nitrite accumulation and formation of nitrozylegemoglobin in nodules // *Plant cell Physiol*. 1990. Vol. 31, N 2. P. 341–346.
8. Lapinskas E. Gumbelių bakterijų štamų ir mineralinio azoto dozių derinimo reikšmė raudoniesiems doobilams // *Žemdirbystė: LŽI mokslo darbai*. 1980. T. 25. P. 155–165.
9. Roper M. M. Straw decomposition and nitrogenase activity ( $C_2H_4$  reduction) effects on soil moisture and temperature // *Soil Biology and Biochemistry*. 1985. Vol. 17. P. 65–71.
10. Smith D. S., Douglas A. E. The biology of symbiosis. 1987. 302 p.
11. Tate R. L. Soil microbiology. New Jersey, 1995. 398 p.
12. Weisbach C., Hartwing U. A., Heim I., Nosberger J. Whole – nodule carbon metabolites are not involved in the regulation of the oxygen permeability and nitrogenase activity in white clover nodules // *Plant Physiol*. 1996. Vol. 110, N 2. P. 539–545.
13. Апенице Р. О., Латвиетис Я. Я. Пастбищная трава и подкормка коров. Рига, 1983. 248 с.
14. Биологические основы плодородия почвы / Под ред. О. А. Берестецкого. Москва, 1984. 286 с.
15. Жизневская Г. Я., Троицкая Г. Н., Дуброво П. Н., Косенько Л. В. Стресс от недостатка азота при неэффективном симбиозе у *Vicia faba* // *Физиология растений*. 1997. Т. 44, № 5. С. 676–682.
16. Звягинцев Д. Г. Почва и микроорганизмы. Изд. Моск. ун-та, 1987. 255 с.
17. Чернов Б. А., Чернова В. И., Бекдулатов Р. Х. Симбиотическая и фотосинтетическая деятельность посевов клевера лугового в зависимости от уровня обеспеченности элементами минерального питания // Тез. докл. 4 междунар. науч. конф. СОИСаФ „Биологический азот в растениеводстве“. Москва, 1996. С. 47–48.
18. Топунов А. Ф., Петрова Н. Э. Регуляция кислородного режима в клубеньках бобовых и классическая концепция стресса // *Физиология растений*. 1997. Т. 44, № 5. С. 671–675.
19. Туев Н. А. Микробиологические процессы гумусообразования. Москва, 1989. 239 с.

## Dalia Ambrazaitienė

### ESTIMATION POSSIBILITIES OF SYMBIOTIC NITROGEN FIXATION IN DIFFERENT SOILS

#### S u m m a r y

The effect of the rhizobia enzyme nitrogenase was investigated in different soils of Vėžaičiai lysimeters over the period 1997–1999. The effect of nitrogenase was determined by the acetylene reduction method on a gas chromatograph. The virulence of native free living rhizobia and development of clover were investigated in the soils of different origin. It was determined that increasing the content of available  $P_2O_5$  and  $K_2O$  in the soil had a negative impact on the activity of the enzyme over the summer period, while the increase of soil organic matter had the greatest negative effect on enzyme activity in autumn. The high level of nutrient matters in soils had no effect

on the virulence of rhizobia. The activity of nitrogenase was maximal in non-fertilized or minimally fertilized sod-podzolic gleyic loamy soils (JP<sub>1</sub><sup>v</sup>).

**Key words:** rhizobia, nitrogenase, activity, agrochemical properties, virulence, simbiotical nitrogen fixation

Даля Амбразайтене

### ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИМБИОТИЧЕСКОЙ АЗОТФИКСАЦИИ В РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВАХ

Резюме

В 1997–1999 гг. в Вежайском филиале Литовского института земледелия на 10 различных почвах по генезису, собранных для лизиметрических анализов вод, исследовалась активность фермента клубеньковых бактерий нитрогеназы. На различном фоне удобрённости почв были составлены схемы 3 опы-

тов, на которых ацетиленовым методом на газовом хроматографе был проведен анализ активности фермента, изучены вирулентность спонтанных клубеньковых бактерий, распространенных в этих почвах, и развитие клевера.

Установлено, что увеличение количеств подвижных P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O в почве в начале вегетации клевера подавляло активность, а отрицательное влияние органического вещества появилось только к концу вегетации. Большое количество питательных элементов в почве почти не сказывалось на вирулентность клубеньковых бактерий. Наибольшая активность нитрогеназы была установлена в клубеньках *Rhizobium* на дерново-подзолистых глееватых неудобренных или минимально удобренных суглинках (JP<sub>1</sub><sup>v</sup>).

**Ключевые слова:** клубеньковые бактерии, нитрогеназа, активность, агрохимические свойства, вирулентность