

Dirvožemio rūgštingumo įtaka pupinių daugiamečių žolių augimui ir vystymuisi sėjos metais

Donata Tomchuk,

Regina Skuodienė,

Jonas Šlepetys

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras,
Instituto al. 1,
LT-58344 Akademija, Kėdainių r.
El. paštas rskuod@vezaiciai.lzi.lt

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Vėžaičių filiale atliktas tyrimas, kurio tikslas – ištirti dirvožemio rūgštingumo įtaką pupinių žolių augimui ir vystymuisi sėjos metais. Bandyto dirvožemis yra lengvo priemolio nepasotintasis balkšvažemis (JIn) *Dystric Albeluvisols (ABd)*, susiformavęs ant vidutinio sunkumo moreninio priemolio.

Tyrimų metu gauti duomenys rodo, kad pupinių augalų augimas ir vystymasis priklausė nuo jų rūšies, klimatinių veiksnių ir cheminių dirvožemio savybių. Kalkintame dirvožemyje pupinės žolės sudygo anksčiau nei nekalkintame. Pupinių augalų 1–2 tikrųjų lapelių tarpsniu (32 dienos po sėjos) kalkintame dirvožemyje šaknys buvo trumpesnės, tačiau šaknų masė nustatyta iš esmės didesnė (0,0072 g), augalai buvo esmingai aukštesni (4,80 cm). Pupinių augalų 2–6 tikrųjų lapelių tarpsniu (64 dienos po sėjos), esant sausringam laikotarpiui, dirvožemio rūgštingumas neturėjo esminės įtakos šaknų ilgiui ir masei. Tiek kalkintame, tiek nekalkintame dirvožemyje iš esmės sparčiau vystėsi mėlynžiedė liucerna. Dėl mažesnės pupinių augalų konkurencijos su antsėliu jų antžeminės dalies aukštis ir masė reikšmingai didesni (10,6 cm ir 0,1024 g) nekalkintame dirvožemyje. Pupinių augalų skrotelės arba šoninių ūglių formavimosi metu (94 dienos po sėjos) dėl palankių augimo sąlygų intensyviai vystėsi pupinių augalų šaknys, jų masė padidėjo beveik 2 kartus kalkintame dirvožemyje ir 3,9 karto nekalkintame. Iš esmės didesniu šaknų ilgiu (14,99 ir 12,99 cm) išsiskyrė nekalkintame dirvožemyje mėlynžiedė liucerna ir baltasis dobilas, antžeminės dalies mase (0,6433 g) – baltasis dobilas. Vegetacijos pabaigoje (133 dienos po sėjos) pupinių augalų šaknims pasiekus gilesnį nei 10 cm dirvožemio sluoksnį, dėl didesnio judraus aliuminio kiekio jų augimo intensyvumas keitėsi. Nekalkintame ir kalkintame dirvožemiuose sparčiausiai augo raudonojo ir baltojo dobilų šaknys, o silpniausiai – mėlynžiedės liucernos šaknys. Kalkintame dirvožemyje pupiniai augalai šaknų gumbelių suformavo 3,4 kartus daugiau nei nekalkintame. Daugiausia gumbelių (47,35 ir 14,60 vnt.) kalkintame ir nekalkintame dirvožemiuose suformavo raudonasis dobilas, o mažiausia (3,25–0,85 vnt.) – mėlynžiedė liucerna.

Raktažodžiai: pupinių šeimos daugiametės žolės, dirvožemio rūgštingumas, morfologiniai rodikliai, krituliai

ĮVADAS

Kiekviena augalų rūšis nuo kitų skiriasi savitu augimo tarpsnių ritmu ir jų trukme (Rimkus, 2003). Pupiniai augalai nevienodu intensyvumu auga ir skirtingai reaguoja į augimo sąlygas (Kadžiulienė ir kt., 2005). Įvairių rūšių pupinių augalų vystymasis skirtingais augimo tarpsniais priklauso nuo

rūšies biologinių savybių (Amosséa et al., 2013). Augalų išsivystymas sėjos metais yra pagrindinis veiksnys, lemiantis daugiamečių žolių pasėlio produktyvų amžių, ypač rūgštesniame dirvožemyje (Daugėlienė, 2000). Daugiamečių žolių fitomasės kiekį lemia daug veiksnių: genotipas, auginimo technologija, agrometeorologinės sąlygos, pjūties laikas, žolyno amžius (Harkot, 2005;

Butkutė, Paplauskienė, 2006). Supratimas, kaip pasiskirsto augalo antžeminės dalies ir šaknų fitomasė kintančiomis aplinkos sąlygomis, yra labai svarbus vertinant augalų augimą ir jų reakciją į maisto medžiagų išteklius (Shipley, Meziane, 2002).

Šaknų plastiškumas vaidina svarbų vaidmenį augalams prisitaikant prie skirtingų aplinkos sąlygų. Augalai, pasižymintys greitu ir adaptyviu atsaku (šaknų augimu ir vystymusi), gali greitai panaudoti esamus išteklius ir turi genetinio pranašumo. Sugebėjimo pakeisti šaknų morfologiją (šaknų tankį, ilgį, šakniaplaukių kiekį ir t. t.) svarba, palyginti su medžiagų pasisavinimo kinetika, yra vis dar diskutuotina, tačiau akivaizdu, kad daugelis augalų rūšių yra pajėgios greitai reguliuoti savo morfologiją ir fiziologiją, kad efektyviai panaudotų dirvožemio išteklius (Huang, Eissenstat, 2013).

Žolynai su gilesne ir tankesne šaknų sistema geriau įsisavina maisto medžiagas ir vandenį, todėl pagerėja jų produktyvumas ir sumažėja maistinių medžiagų išplovimas. Konkrečių daugiamečių žolių rūšių arba veislių parinkimas gali būti veiksminga priemonė siekiant padidinti šaknų gylį ir tankį (Deru et al., 2012).

Dirvožemis ir klimatinės sąlygos yra pagrindiniai veiksniai, lemiantys augalų derlingumą. Vakarų Lietuvoje vyrauja (59,4 %) iš prigimties rūgštūs glėjiški nepasotintieji baltšvažemiai ir išplautžemiai (Lietuvos dirvožemiai, 2001). Dirvožemyje, kuriame oro, vandens ir maisto medžiagų ištekliai yra menki bei fragmentiški su didele variacija dirvožemio profilyje, augalų šaknims, mikroorganizmams ir dirvožemio faunai dažnai sudėtinga judėti. Net ir tada, kai šių atsargų dirvožemyje gausu, dažnai jos sunkiai prieinamos dėl jų inkorporavimo dirvožemio mineralinėje dalyje, kur surištas vanduo ir maistiniai elementai. Todėl augalų šaknys turi adaptuotis ir turėti įtakos savo aplinkai (Hinsinger et al., 2005), optimizuoti savo funkcinę architektūrą, pasinaudoti resursais heterogeniniuose dirvožemiuose (Pierret et al., 2007). Ypač svarbu, kad viršutiniame dirvožemio sluoksnyje pakaktų drėgmės tuoj po sėjos, kad sėklos tolygiai sudygtų, nes neužaugusios ir neišsivysčiusios augalų šaknys nesugeba paimti drėgmės iš gilesnių sluoksnių (Kadziėnė, 2009). Dirvožemio tirpalo rūgštingumas yra svarbus veiksnys, turintis įtakos augalų mitybai,

derlingumui ir jų paplitimui. Rūgščioje dirvoje padidėja sunkiųjų metalų tirpumas, lengviau išplaunamos augalams reikalingos medžiagos (Grantz et al., 2003). Dirvožemio pH turi įtakos šaknų augimui dėl Al kaupimosi šaknų viršūnėse. Nustatyta stipri koreliacija tarp pH rodiklio ir Al kiekio šaknų viršūnėse ir santykinio šaknų pailgėjimo (atitinkamai: $r = 0,8996^{**}$ ir $0,9622^{**}$) (Yang et al., 2011).

Vis aktualesni tampa augalų prisitaikymo prie įvairių augimo sąlygų ir stresų poveikio jiems tyrimai. Siedami augalo morfogenezę su išoriniais veiksniais, galime valdyti augalų produktyvumą, produkcijos kokybę. Hipotezė – pupinių šeimos daugiamečių žolių požeminės ir antžeminės dalies augimas ir vystymasis priklausys nuo augalo rūšies, klimatinių sąlygų ir dirvožemio cheminių savybių.

Tikslas – ištirti dirvožemio rūgštingumo įtaką pupinių šeimos daugiamečių žolių augimui ir vystymuisi sėjos metais.

TYRIMŲ METODAI IR SĄLYGOS

Bandymų įrengimo vieta, dirvožemis, schema. Tyrimai atlikti Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Vėžaičių filiale 2014 metais. Bandymo dirvožemis pagal LTK-99 klasifikaciją yra lengvo priemolio nepasotintasis baltšvažemis (JIn) *Dystric Albeluvisols (ABd)*, susiformavęs ant vidutinio sunkumo moreninio priemolio. Pagal profilio diferenciaciją šis dirvožemis atstovauja tipingam Vakarų Lietuvos regiono rūgščiam nepasotintam baltšvažemiui. pH_{KCl} atžvilgiu jis turi išlygintą, labai rūgštų, iki 300 cm profilį su itin dideliu judraus aliuminio kiekiu (iki 300 mg kg^{-1}) EB ir B horizontuose (Ožeraitienė, 2000). Dirvožemio 0–10 ir 10–20 cm gylio agrocheminių savybių rodikliai pradedant bandymą pateikti 1 lentelėje.

Kalkinta vieną kartą 2013 m. rudenį prieš bandymo įrengimą dolomitmilčiais. Kalkinės medžiagos kiekis apskaičiuotas pagal hidrolizinį rūgštingumą, kalkinta 1,0 norma ($7 \text{ t ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$). Kalkinės medžiagos išbarstytos pakrikai. Dėl minėto kalkinimo dirvožemiai buvo skirtingo rūgštingumo.

A veiksnys. Dirvožemio rūgštingumas

1. Dirvožemio pH 4,8–5,3 (kalkintas dirvožemis);

1 lentelė. Dirvožemio agrocheminė charakteristika įrengiant bandymą 2014 m.

Table 1. Soil agrochemical characteristics in the experiment established in 2014

Rodiklis Variable	Nekalkintas dirvožemis Unlimed soil		Kalkintas dirvožemis Limed soil	
	0–10 cm	10–20 cm	0–10 cm	10–20 cm
pH _{KCl}	4,13 ± 0,03	4,11 ± 0,03	5,09 ± 0,06	4,39 ± 0,05
Judrusis Al mg kg ⁻¹ / Available Al mg kg ⁻¹	88,59 ± 11,73	89,44 ± 12,58	3,88 ± 2,22	43,27 ± 6,95
Judrusis P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹ / Available P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	162,63 ± 10,33	161,88 ± 8,88	135,31 ± 6,49	135,44 ± 6,96
Judrusis K ₂ O mg kg ⁻¹ / Available K ₂ O mg kg ⁻¹	201,38 ± 5,68	200,38 ± 3,80	195,50 ± 6,69	192,00 ± 5,83
N _{Suminis} / N _{Total}	0,13 ± 0,00	0,13 ± 0,00	0,13 ± 0,00	0,14 ± 0,00

Pastaba: aritmetinis vidurkis ± vidurkio vidutinė kvadratinė paklaida.

Note: arithmetic mean ± standard error.

2. Dirvožemio pH 3,9–4,2 (nekalkintas dirvožemis).

B veiksnys. Pupinių šeimos daugiamečių žolių mišiniai

1. Raudonasis dobilas 50 % + pašarinis motiejukas 35 % + pievinė miglė 15 %;

2. Baltasis dobilas 50 % + pašarinis motiejukas 35 % + pievinė miglė 15 %;

3. Rausvasis dobilas 50 % + pašarinis motiejukas 35 % + pievinė miglė 15 %;

4. Mėlynziedė liucerna 50 % + pašarinis motiejukas 35 % + pievinė miglė 15 %.

Bandymas įrengtas keturiais pakartojimais. Variantai pakartojimuose išdėstyti randomizuotai. Laukelio plotas 3,0 m × 8,0 m = 24 m².

Augalų sėjos metais (2014) antsėlis – miežiai 'Luokė' – patręštas N₆₀P₆₀K₉₀. Daugiamečių žolių mišiniai įsėti gegužės 26 d. skersai miežių eilučių. Prieš daugiamečių žolių sėją ir po sėjos dirva voluota. Sėta inkarinius noragėlius turinčia sėjama mašina Saxonia A-201. Subrendę miežiai pjauti kombainu SAMPO-500.

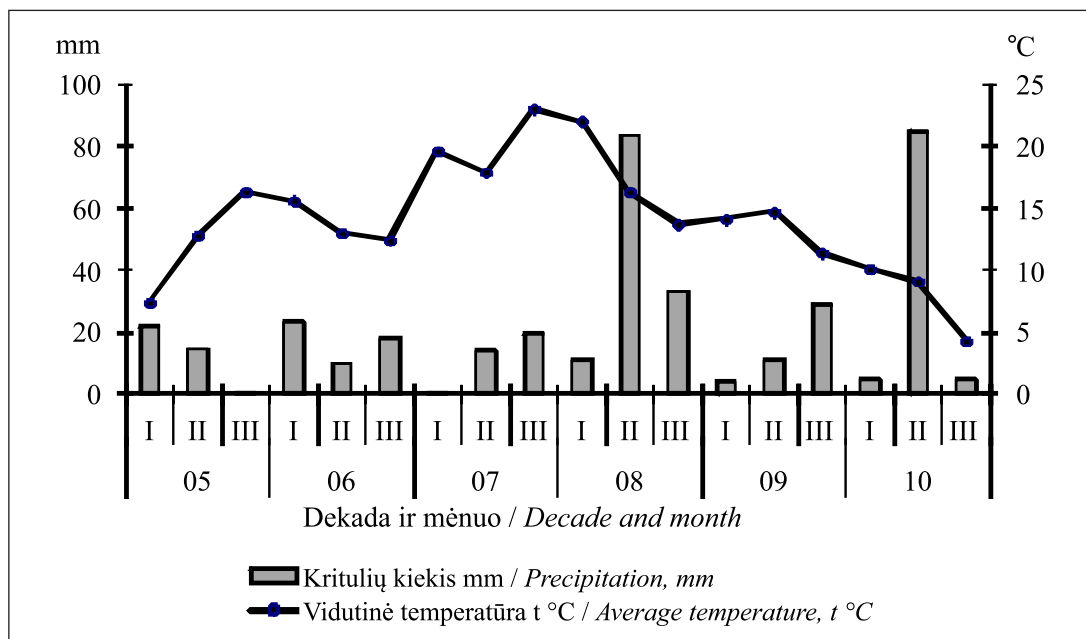
Analizės ir jų atlikimo metodai. Pupinių šeimos daugiamečių žolių morfogenezės dėsnigumams pažinti stebėta šaknų ir antžeminės dalies vystymosi dinamika: birželio 27 d. (32 dienos po sėjos – pupinių augalų vystymosi tarpsnis buvo 1–2 tikrieji lapeliai), liepos 29 d. (64 dienos po sėjos – pupinių augalų vystymosi tarpsnis – 2–6 tikrieji lapeliai), rugpjūčio 29 d. (94 dienos po sėjos – pupinių augalų skrotelės arba šoninių ūglių formavimasis) ir vegetacijos pabaigoje – spalio 7 d. (133 dienos po sėjos). Apskaitos metu iš kiekvieno bandymų laukelio buvo iškasta po 5 pupinius augalus. Nustatyta šaknų ir antžeminės dalies masė (g) bei ilgis (cm), šaknų gumbelių

skaičius (vnt.). Augalai džiovinti iki orausės būklės ir pasverti. Vieno augalo orausė antžeminės dalies ir šaknų masė nustatyta elektroninėmis svarstyklėmis KERN ABS/ABJ.

Dirvožemio cheminei charakteristikai nustatyti ėminiai imti iš dirvožemio 0–10 ir 10–20 cm sluoksnių lauko bandymo įrengimo metais pavasarį prieš trąšų išbarstymą. Dirvožemio cheminės savybės nustatytos šiais metodais: pH KCl suspensijoje – ISO 10390:2005; suminis azotas (N), % – Kjeldalio metodu ISO 11261:1995; judrieji fosforas P₂O₅ mg kg⁻¹ ir kalis K₂O mg kg⁻¹ – Egnerio-Rimo-Domingo (A-L) metodu; judrusis Al – Sokolovo metodu ISO 14254; hidrolizinis rūgštingumas – Kappeno metodu.

Meteorologinės sąlygos. 2014 m. pavasarį vyravo šilti ir sausi orai. Intensyvaus augalų augimo metu, t. y. gegužės ir birželio mėn., buvo sausa ir vėsu, ypač sausas buvo liepos mėn., kai kritulių iškrito tik 33,8 mm arba 38 % normos. Sausringas laikotarpis tęsėsi iki rugpjūčio 11 d. Rugpjūčio II dešimtadienį gausiai palijus pagerėjo sąlygos daugiametėms žolėms augti ir vystytis (pav.).

Tyrimo duomenų statistinė analizė. Statistinei analizei atlikti naudotas statistinių duomenų apdorojimo programų paketas SELEKCIJA (Tarakanovas, Raudonius, 2003). Skirtumų tarp variantų esmingumas įvertintas dispersinės (dviejų veiksnių ANOVA) analizės metodu taikant F kriterijų ir mažiausio esminio skirtumo ribą R₀₅. Dirvožemio cheminių rodiklių duomenys pateikti aritmetiniu vidurkiu ir vidurkio vidutine kvadratine paklaida, požymių tarpusavio ryšiai vertinti koreliacijos-regresijos analizės metodu taikant STAT programą.



Pav. Vėžaičių automatinės meteorologinės stoties duomenys, 2014 m.

Figure. Data from the Vėžaičiai Automatic Meteorological Station, 2014

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Pagrindiniai produktyvaus žolyno veiksniai yra augalų augimas ir vystymasis. Augdamas augalas užaugina biomą, o vystydamasis lemia savo struktūrą, dydį ir kokybę. Sėjos metais pupinių augalų morfologiniai rodikliai (šaknų ilgis ir jų masė bei antžeminės dalies aukštis ir jos masė) keitėsi priklausomai nuo pupinių augalų rūšies ir augimo sąlygų. Kalkintame dirvožemyje pupiniai augalai pradėjo dygti 14 dienų po sėjos, o nekalkintame dirvožemyje dėl nepalankių mitybos sąlygų pupinių augalų dygimas užsitęsė iki 21–28 dienų.

Pupinių augalų 1–2 tikrųjų lapelių tarpsniu šaknų ilgis įvairavo nuo 4,21 iki 5,52 cm (2 lentelė). Pupinių žolių šaknys kalkintame dirvožemyje buvo 5,6 % trumpesnės nei nekalkintame. Tai paaiškina augalų biologinės savybės: jei mineralinė mityba nepalanki, augalai, ieškodami maistingų elementų, augina ilgesnes šaknis. Tyrimų duomenimis, pupinių augalų vieno augalo šaknų masė įvairavo nuo 0,0032 g iki 0,0085 g (2 lentelė). Tai sietina ne tik su augalo rūšies ypatumais, bet ir su augimo sąlygomis. Vidutiniais duomenimis, kalkintame dirvožemyje pupinių augalų šaknų masė buvo 56,5 % didesnė nei nekalkintame. Iš esmės didžiausią (0,0085 g) šaknų masę suforma-

vo raudonasis dobilas kalkintame dirvožemyje, o mažiausią (0,0032 g) – rausvasis dobilas nekalkintame dirvožemyje.

Pupinių augalų aukščiui esminės įtakos turėjo abu tiriamieji veiksniai. Pupinės žolės, augusios kalkintame dirvožemyje, buvo 24,4 % aukštesnės, palyginti su augusiomis nekalkintame dirvožemyje (2 lentelė). Antžeminės dalies aukštis iš esmės priklausė ir nuo žolių rūšies. Nepriklausomai nuo dirvožemio rūgštingumo aukščiausi buvo mėlynžiedės liucernos augalai, o žemiausi – baltojo dobilo. Raudonasis dobilas ir rausvasis dobilas buvo panašaus aukščio, jie siekė 1,02–1,33 cm ir buvo žemesni nei mėlynžiedė liucerna. Vieno augalo antžeminės dalies masė skirtingo rūgštingumo dirvožemiuose buvo panaši. Esminiai skirtumai nustatyti tarp augalų rūšių. Iš esmės didžiausia antžeminės dalies masė nustatyta rūgščiame ir kalkintame dirvožemiuose auginamų mėlynžiedės liucernos ir raudonojo dobilo kalkintame dirvožemyje, o mažiausia – rausvojo dobilo nekalkintame dirvožemyje.

Koreliacinė analizė parodė kalkintame dirvožemyje augusių pupinių augalų antžeminės dalies masės (y) priklausomumą nuo šaknų masės (x) (3 lentelė). Minėtų rodiklių tarpusavio ryšiai buvo stiprūs ($r = 0,812^{**}$ baltojo dobilo), vidutinio stiprumo ($r = 0,657^{**}$ raudonojo

2 lentelė. Pupinių šeimos daugiamečių žolių morfologiniai rodikliai 1–2 tikrųjų lapelių tarpsniu, Vėžaičiai, 2014 m.

Table 2. Morphological indicators of forage legumes in the 1–2 true leaf stage, Vėžaičiai, 2014

Dirvožemio rūgštingumas (A) Soil acidity (A)	Augalų rūšys (B) / Species of plants (B)				A veiksnio vidurkiai Mean for factor A
	Raudonasis dobilas Red clover	Baltasis dobilas White clover	Rausvasis dobilas Hybrid clover	Mėlynžiedė liucerna Alfalfa	
Šaknų ilgis cm / Root length, cm					
Kalkintas dirvožemis / Limed soil	5,49	5,21	4,21**	5,22	5,03
Nekalkintas dirvožemis / Unlimed soil	5,24	5,17	5,40	5,52	5,33
B veiksnio vidurkiai / Mean for factor B	5,36	5,19	4,80*	5,37	
$R_{05A} / LSD_{05A} = 0,386$ $R_{05B} / LSD_{05B} = 0,546$ $R_{05A \times B} / LSD_{05A \times B} = 0,772$					
Šaknų masė g / Root mass, g					
Kalkintas dirvožemis / Limed soil	0,0085	0,0071	0,0059*	0,0073	0,0072
Nekalkintas dirvožemis / Unlimed soil	0,0034*	0,0041*	0,0032*	0,0077	0,0046*
B veiksnio vidurkiai / Mean for factor B	0,0060	0,0056	0,0045*	0,0075*	
$R_{05A} / LSD_{05A} = 0,001$ $R_{05B} / LSD_{05B} = 0,0013$ $R_{05A \times B} / LSD_{05A \times B} = 0,002$					
Antžeminės dalies aukštis cm / Aboveground part height, cm					
Kalkintas dirvožemis / Limed soil	5,30	3,41**	4,61	5,89	4,80
Nekalkintas dirvožemis / Unlimed soil	3,38**	3,80**	3,44**	4,82	3,86**
B veiksnio vidurkiai / Mean for factor B	4,34	3,60**	4,03	5,36**	
$R_{05A} / LSD_{05A} = 0,389$ $R_{05B} / LSD_{05B} = 0,549$ $R_{05A \times B} / LSD_{05A \times B} = 0,777$					
Antžeminės dalies masė g / Aboveground part mass, g					
Kalkintas dirvožemis / Limed soil	0,0192	0,0120**	0,0129*	0,0246*	0,0172
Nekalkintas dirvožemis / Unlimed soil	0,0120*	0,0153	0,0100*	0,0236	0,0152
B veiksnio vidurkiai / Mean for factor B	0,0156	0,0137	0,0114*	0,0241**	
$R_{05A} / LSD_{05A} = 0,002$ $R_{05B} / LSD_{05B} = 0,0035$ $R_{05A \times B} / LSD_{05A \times B} = 0,005$					

Pastaba: * ir ** – esminis skirtumas esant 0,05 ir 0,01 tikimybės lygiui.

Note: * and ** – significantly different at $P < 0.05$ and $P < 0.01$.

dobilo ir $r = 0,635^{**}$ rausvojo dobilo) ir silpni ($r = 0,463^{**}$ mėlynžiedės liucernos). Pupinių augalų šaknų masė lėmė jų antžeminės dalies masę 21,4–65,9 %.

Nekalkintame dirvožemyje antžeminės dalies masė (y) koreliavo su antžeminės dalies aukščiu (x) (3 lentelė). Šių rodiklių tarpusavio ryšiai buvo vidutinio stiprumo ($r = 0,579^{**}$ baltojo dobilo, $r = 0,634^{**}$ mėlynžiedės liucernos) ir silpni ($r = 0,473^*$ raudonojo dobilo ir $r = 0,491^*$ rausvojo dobilo). Pupinių augalų antžeminės dalies aukštis lėmė jų antžeminės dalies masę 22,4–40,2 %.

Liepos mėn. daugiametėms žolėms buvo kritinis, nes užsitęsė sausringas laikotarpis. Kritulių iškrito tik 33,8 mm (liepos mėn. HTK siekė tik 0,54, t. y. didelė sausra). Dirvožemio drėgmė buvo artima vytimo drėgmei (6,56 %). Tai galėjo lemti silpnesnį augalų augimą ir vystymąsi. Praėjus

64 dienoms po sėjos, tiriamųjų augalų vystymosi tarpsniai buvo skirtingi: raudonojo dobilo – 2–3 tikrieji lapeliai, baltojo dobilo ir rausvojo dobilo – 4–5 lapeliai ir mėlynžiedės liucernos – 3–6 lapeliai. Nustatyta, kad šaknų ilgiui ir jų masei esminės įtakos turėjo augalų rūšys. Šiuo laikotarpiu sparčiausiai augo mėlynžiedės liucernos ir baltojo dobilo šaknys, vidutiniais duomenimis, atitinkamai per laikotarpį nuo 1–2 tikrųjų lapelių tarpsnio iki 2–6 tikrųjų lapelių tarpsnio po 4,34 ir 3,06 cm (4 lentelė). Nepriklausomai nuo dirvožemio rūgštingumo, ilgiausias (9,66–9,77 cm) šaknis užaugino ir didžiausią (0,0460–0,0517 g) sausųjų medžiagų masę suformavo mėlynžiedė liucerna bei kalkintame dirvožemyje baltasis dobilas (atitinkamai 8,42 cm ir 0,0348 g) (4 lentelė). Raudonojo dobilo ir rausvojo dobilo šaknų ilgis bei masė skyrėsi nežymiai.

3 lentelė. Koreliaciniai ryšiai tarp pupinių šeimos daugiamečių žolių morfologinių rodiklių, Vėžaičiai, 2014 m.
Table 3. Correlation between the morphological parameters of forage legumes, Vėžaičiai, 2014

Augalo rūšis <i>Species of plants</i>	Dirvožemis <i>Soil</i>	ŠI/ŠM	ŠI/AI	ŠI/AM	ŠM/AI	ŠM/AM	AI/AM
Pupinių augalų 1–2 tikrų lapelių tarpsnis / <i>Forage legumes in the 1–2 true leaf stage</i>							
Raudonasis dobilas <i>Red clover</i>	K	0,139	0,015	0,037	-0,320	0,657**	0,059
	N	0,386	0,409	0,272	-0,325	-0,078	0,473*
Baltasis dobilas <i>White clover</i>	K	0,262	0,479*	0,188	0,096	0,812**	0,017
	N	0,442	0,424	0,227	0,769**	0,684**	0,579**
Rausvasis dobilas <i>Hybrid clover</i>	K	-0,293	-0,009	-0,017	-0,108	0,635**	-0,104
	N	0,120	0,587**	0,272	0,285	0,339	0,491*
Mėlynžiedė liucerna <i>Alfalfa</i>	K	0,113	0,091	0,042	0,035	0,463*	0,572**
	N	0,020	0,175	0,134	-0,038	0,161	0,634**
Pupinių augalų 2–6 tikrųjų lapelių tarpsnis / <i>Forage legumes in the 2–6 true leaf stage</i>							
Raudonasis dobilas <i>Red clover</i>	K	0,236	0,498*	-0,024	-0,127	-0,163	0,000
	N	0,148	0,248	-0,011	-0,152	0,530*	-0,392
Baltasis dobilas <i>White clover</i>	K	0,204	-0,601**	-0,105	-0,141	0,128	0,134
	N	-0,091	0,183	0,277	-0,328	0,104	0,064
Rausvasis dobilas <i>Hybrid clover</i>	K	0,622**	0,595**	0,260	0,373	0,423	0,299
	N	0,103	0,405*	0,003	0,339	0,756**	0,260
Mėlynžiedė liucerna <i>Alfalfa</i>	K	-0,056	0,351	0,007	0,212	-0,230	-0,183
	N	0,361	-0,369	0,228	-0,047	0,141	0,043
Pupinių augalų skrotelės arba šoninių ūglių formavimosi tarpsnis <i>Forage legumes in the rosette or lateral shoot formation stage</i>							
Raudonasis dobilas <i>Red clover</i>	K	-0,207	-0,057	-0,158	0,325	0,024	0,723**
	N	0,102	0,662**	0,229	-0,157	0,272	0,261
Baltasis dobilas <i>White clover</i>	K	0,070	0,213	0,200	0,181	-0,059	-0,103
	N	-0,199	0,199	-0,280	-0,115	0,742**	-0,111
Rausvasis dobilas <i>Hybrid clover</i>	K	0,529*	0,622**	0,534*	0,332	0,559*	0,644**
	N	0,062	0,528*	0,008	0,283	0,502*	-0,258
Mėlynžiedė liucerna <i>Alfalfa</i>	K	0,298	0,480*	0,325	0,520*	0,614**	0,619**
	N	0,534*	0,675**	0,362	0,710**	0,503*	0,558*
Pupinių augalų vegetacijos pabaiga / <i>Forage legumes at the end of growing season</i>							
Raudonasis dobilas <i>Red clover</i>	K	0,136	0,481*	0,028	-0,025	0,975**	-0,019
	N	0,072	0,137	-0,051	0,025	0,713**	0,377
Baltasis dobilas <i>White clover</i>	K	0,416	0,476*	0,417	0,559*	0,791**	0,754**
	N	-0,072	-0,043	-0,119	0,287	0,950**	0,229
Rausvasis dobilas <i>Hybrid clover</i>	K	0,452*	0,726**	0,690**	0,540*	0,871**	0,633**
	N	0,184	0,410	0,090	-0,218	0,956**	-0,257
Mėlynžiedė liucerna <i>Alfalfa</i>	K	0,783**	0,372	0,674**	0,353	0,912**	0,502*
	N	0,569**	0,327	0,517*	0,398	0,880**	0,323

Pastaba: ŠI/ŠM – koreliaciniai ryšiai tarp šaknų ilgio ir šaknų masės; ŠI/AI – tarp šaknų ilgio ir antžeminės dalies ilgio; ŠI/AM – tarp šaknų ilgio ir antžeminės dalies masės; ŠM/AI – tarp šaknų masės ir antžeminės dalies ilgio; ŠM/AM – tarp šaknų masės ir antžeminės dalies masės; AI/AM – tarp antžeminės dalies ilgio ir antžeminės dalies masės. K – kalkintas dirvožemis, N – nekalkintas dirvožemis.

Note: ŠI/ŠM – correlation between the root length and root mass; ŠI/AI – between root length and shoot length; ŠI/AM – between root length and shoot mass; ŠM/AI – between root mass and shoot length; ŠM/AM – between root mass and shoot mass; AI/AM – between shoot length and shoot mass. K – limed soil, N – unlimed soil.

4 lentelė. Pupinių šeimos daugiamečių žolių morfologiniai rodikliai 2–6 tikrųjų lapelių tarpsniu, Vėžaičiai, 2014 m.

Table 4. Morphological indicators of forage legumes in the 2–6 true leaf stage, Vėžaičiai, 2014

Dirvožemio rūgštingumas (A) Soil acidity (A)	Augalų rūšys (B) / Species of plants (B)				A veiksnio vidurkiai Mean for factor A
	Raudonasis dobilas Red clover	Baltasis dobilas White clover	Rausvasis dobilas Hybrid clover	Mėlynžiedė liucerna Alfalfa	
Šaknų ilgis cm / Root length, cm					
Kalkintas dirvožemis / Limed soil	6,76	8,42*	7,80	9,66**	8,16
Nekalkintas dirvožemis / Unlimed soil	7,20	8,08	6,44	9,77**	7,87
B veiksnio vidurkiai / Mean for factor B	6,98	8,25*	7,12	9,72**	
$R_{05A} / LSD_{05A} = 0,793$ $R_{05B} / LSD_{05B} = 1,1216$ $R_{05A \times B} / LSD_{05A \times B} = 1,586$					
Šaknų masė g / Root mass, g					
Kalkintas dirvožemis / Limed soil	0,0321	0,0348	0,0171	0,0460	0,0325
Nekalkintas dirvožemis / Unlimed soil	0,0191	0,0340	0,0238	0,0517*	0,0322
B veiksnio vidurkiai / Mean for factor B	0,0256	0,0344	0,0204	0,0488**	
$R_{05A} / LSD_{05A} = 0,009$ $R_{05B} / LSD_{05B} = 0,0126$ $R_{05A \times B} / LSD_{05A \times B} = 0,018$					
Antžeminės dalies aukštis cm / Aboveground part height, cm					
Kalkintas dirvožemis / Limed soil	8,10	7,96	9,50	10,08	8,91
Nekalkintas dirvožemis / Unlimed soil	11,94**	8,80	8,65	13,02**	10,6**
B veiksnio vidurkiai / Mean for factor B	10,02	8,38*	9,07	11,54*	
$R_{05A} / LSD_{05A} = 1,070$ $R_{05B} / LSD_{05B} = 1,512$ $R_{05A \times B} / LSD_{05A \times B} = 2,139$					
Antžeminės dalies masė g / Aboveground part mass, g					
Kalkintas dirvožemis / Limed soil	0,0753	0,0736	0,0489	0,0810	0,0697
Nekalkintas dirvožemis / Unlimed soil	0,0855	0,1238*	0,1131	0,0872	0,1024**
B veiksnio vidurkiai / Mean for factor B	0,0804	0,0987	0,0810	0,0841	
$R_{05A} / LSD_{05A} = 0,023$ $R_{05B} / LSD_{05B} = 0,032$ $R_{05A \times B} / LSD_{05A \times B} = 0,045$					

Pastaba: * ir ** – esminis skirtumas esant 0,05 ir 0,01 tikimybės lygiui.

Note: * and ** – significantly different at $P < 0.05$ and $P < 0.01$.

Antžeminės dalies aukščiui esminės įtakos turėjo dirvožemio rūgštingumas ir augalų rūšys. Pupinių augalų, augusių nekalkintame dirvožemyje, antžeminė dalis buvo 1,2 % aukštesnė ir jos masė 46,9 % didesnė, nei kalkintame dirvožemyje augusių augalų. Išryškėjo tendencija, kad visų tirtų rūšių pupiniai augalai sausesniu laikotarpiu nekalkintame dirvožemyje užaugo labiau nei kalkintame, atitinkamai per mėnesį: 5,00–8,56 cm nekalkintame ir 2,80–4,89 cm kalkintame dirvožemyje (4 lentelė). Iš to galima daryti prielaidą, kad mažesnė pupinių augalų konkurencija su antsėliu, nes miežiai nekalkintame dirvožemyje buvo labai reti ir žemi, nestelbė pupinių žolių.

Daugiausia užaugo mėlynžiedė liucerna (8,20 cm) ir raudonasis dobilas (8,56 cm). Kalkintame dirvožemyje didžiausią antžeminę masę suformavo mėlynžiedė liucerna (0,0810 g), o nekalkintame – raudonasis dobilas (0,1238 g).

Atlikus pupinių augalų morfologinių rodiklių koreliacinę regresinę analizę paaiškėjo, kad šiuo laikotarpiu, nepriklausomai nuo dirvožemio rūgštingumo ir nepalankaus drėgmės režimo, stabiliausiai vystėsi rausvasis dobilas (3 lentelė). Šaknų ilgio ir antžeminės dalies aukščio koreliacija nekalkintame dirvožemyje buvo šiek tiek silpnesnė nei kalkintame, tačiau statistškai patikima: $r = 0,450^*$ (nekalkintame dirvožemyje) ir $r = 0,595^{**}$ (kalkintame dirvožemyje). Kalkintame dirvožemyje nustatytas šaknų masės priklausomumas nuo šaknų ilgio ($r = 0,622^{**}$), o nekalkintame – antžeminės dalies masės nuo šaknų masės ($r = 0,756^{**}$).

Kitų rūšių dobilų statistškai patikimi koreliaciniai ryšiai tarp antžeminės dalies aukščio ir šaknų ilgio rasti tik augusių kalkintame dirvožemyje: vidutinio stiprumo ($r = -0,601^{**}$ baltojo dobilo) ir silpnas ($r = 0,498^*$ raudonojo dobilo) (3 lentelė).

Nerasta koreliacinių ryšių tarp mėlynžiedės liucernos morfologinių rodiklių.

Rugpjūčio mėn. antroje pusėje palijus, augalų augimo ir vystymosi sąlygos pagerėjo (dirvožemio drėgmė buvo 21,14 %). Šiuo laikotarpiu dėl skirtingų biologinių savybių pupinių augalų rūšys išsiskyrė vystymosi tarpsniais. Vertinant raudonojo dobilo 6–7 tikrųjų lapelių ir skrotelės formavimosi tarpsniu, rausvojo dobilo – 8–9 lapelių ir skrotelės formavimosi, baltojo dobilo – šoninių ūglių formavimosi, mėlynžiedės liucernos – šoninių ūglių formavimosi, stiebo šakojimosi tarpsniais nustatyta, kad šaknų ilgiui bei jų masei esminės įtakos turėjo dirvožemio rūgštingumas ir augalų rūšys (5 lentelė). Esant optimalioms augimo sąlygoms, intensyviai vystėsi pupinių augalų šaknys, jų masė padidėjo beveik 2 kartus kalkintame dirvožemyje, ir 3,9 kar-

to – nekalkintame. Šiuo palankiu augimui laikotarpiu sparčiausiai augo mėlynžiedės liucernos ir raudonojo dobilo šaknys, vidutiniais duomenimis, atitinkamai per mėnesį po 3,76 ir 4,39 cm. Pupinių augalų šaknys kalkintame dirvožemyje buvo 17,4 % trumpesnės nei nekalkintame. Vieno augalo šaknų masė įvairavo nuo 0,0348 g iki 0,0788 g nekalkintame dirvožemyje ir nuo 0,0805 g iki 0,1719 g kalkintame dirvožemyje. Nepriklausomai nuo dirvožemio rūgštingumo, didžiausia vieno augalo šaknų masė buvo baltojo dobilo ir mėlynžiedės liucernos.

Nepriklausomai nuo dirvožemio rūgštingumo augalų aukštis buvo panašus (16,74–17,76 cm), tačiau antžeminės dalies masė iš esmės didesnė nustatyta nekalkintame dirvožemyje (5 lentelė). Drėgmės atžvilgiu palankiu augimui laikotarpiu visų rūšių pupiniai augalai kalkintame dirvožemyje per

5 lentelė. Pupinių šeimos daugiamečių žolių morfologiniai rodikliai skrotelės arba šoninių ūglių formavimosi tarpsniu, Vėžaičiai, 2014 m.

Table 5. Morphological indicators of forage legumes in the rosette or lateral shoot formation stage, Vėžaičiai, 2014

Dirvožemio rūgštingumas (A) Soil acidity (A)	Augalų rūšys (B) / Species of plants (B)				A veiksnio vidurkiai Mean for factor A
	Raudonasis dobilas Red clover	Baltasis dobilas White clover	Rausvasis dobilas Hybrid clover	Mėlynžiedė liucerna Alfalfa	
Šaknų ilgis cm / Root length, cm					
Kalkintas dirvožemis / Limed soil	10,54	10,12	8,72	11,97	10,34
Nekalkintas dirvožemis / Unlimed soil	12,19	12,99*	9,09	14,99**	12,52**
B veiksnio vidurkiai / Mean for factor B	11,37	11,56	9,32*	13,48**	
$R_{05A} / LSD_{05A} = 0,996$ $R_{05B} / LSD_{05B} = 1,409$ $R_{05A \times B} / LSD_{05A \times B} = 1,993$					
Šaknų masė g / Root mass, g					
Kalkintas dirvožemis / Limed soil	0,0659	0,0348	0,0742	0,0788	0,0634
Nekalkintas dirvožemis / Unlimed soil	0,0867	0,1719**	0,0805	0,1617**	0,1252**
B veiksnio vidurkiai / Mean for factor B	0,0763	0,1034	0,0773	0,1202*	
$R_{05A} / LSD_{05A} = 0,031$ $R_{05B} / LSD_{05B} = 0,0432$ $R_{05A \times B} / LSD_{05A \times B} = 0,061$					
Antžeminės dalies aukštis cm / Aboveground part height, cm					
Kalkintas dirvožemis / Limed soil	17,33	16,44	16,80	20,47*	17,76
Nekalkintas dirvožemis / Unlimed soil	15,84	17,65	15,76	17,69	16,74
B veiksnio vidurkiai / Mean for factor B	16,59	17,04	16,28	19,08*	
$R_{05A} / LSD_{05A} = 1,385$ $R_{05B} / LSD_{05B} = 1,959$ $R_{05A \times B} / LSD_{05A \times B} = 2,770$					
Antžeminės dalies masė g / Aboveground part mass, g					
Kalkintas dirvožemis / Limed soil	0,1665	0,1803	0,2477	0,2304	0,2062
Nekalkintas dirvožemis / Unlimed soil	0,2079	0,6433**	0,2235	0,2367	0,3278**
B veiksnio vidurkiai / Mean for factor B	0,1872	0,4118**	0,2356	0,2336	
$R_{05A} / LSD_{05A} = 0,076$ $R_{05B} / LSD_{05B} = 0,1076$ $R_{05A \times B} / LSD_{05A \times B} = 0,152$					

Pastaba: * ir ** – esminis skirtumas esant 0,05 ir 0,01 tikimybės lygiui.

Note: * and ** – significantly different at $P < 0.05$ and $P < 0.01$.

mėnesį užaugo nuo 7,30 iki 10,39 cm, o nekalkintame – nuo 3,90 iki 8,85 cm. Tam įtakos turėjo palankesnės mitybos sąlygos kalkintame dirvožemyje. Antžeminės dalies masė didžiausia buvo mėlynžiedės liucernos kalkintame dirvožemyje, o baltojo dobilo – nekalkintame.

Nekalkintame ir kalkintame dirvožemiuose augusių rausvojo dobilo ir mėlynžiedės liucernos morfologiniai rodikliai glaudžiai koreliavo tarpusavyje. Nustatyti įvairaus stiprumo statistiškai patikimi ryšiai. Vadinasi, pakankamas drėgmės kiekis sušvelnino neigiamą rūgštaus dirvožemio poveikį minėtų pupinių augalų stabiliam vystymuisi. Analizuojant raudonojo dobilo ir baltojo dobilo morfologinių rodiklių tarpusavio ryšius aiškių tendencijų nenustatyta.

Vėlesniu vegetacijos laikotarpiu meteorologinės sąlygos žolėms augti pagerėjo. Analizuojant pupinių žolių morfologinius rodiklius vegetacijos pabaigoje dobilų skrotelės tarpsniu, o mėlynžiedės liucernos – šoninių ūglių formavimosi tarpsniu, nustatyta, kad šaknų ilgiui esminės įtakos turėjo tik augalų rūšys. Šiuo laikotarpiu sparčiausia augo raudonojo dobilo ir baltojo dobilo šaknys, vidutiniais duomenimis, atitinkamai per mėnesį po 4,04 ir 3,88 cm, o silpniausia – mėlynžiedės liucernos šaknys (1,38 cm) (6 lentelė). Galima daryti prielaidą, kad, mėlynžiedės liucernos šaknims pasiekus gilesnį nei 10 cm sluoksnį, atsirado nepalankios augimo sąlygos dėl didesnio judraus aliuminio kiekio dirvožemyje (1 lentelė). Literatūroje nurodoma, kad aliuminio toksinis poveikis yra pripažįstamas kaip rūgščiuose dirvožemiuose augalų produktyvumą ribojantis veiksnys (Karcauskiene, Repsiene, 2009; Čop, 2014). Mėlynžiedė liucerna geriausia auga, kai pH 6,5–7,2, gali augti ir rūgštesniuose dirvožemiuose, jei karbonatai yra negiliai podirvyje (Daugėlienė, 2010). Raudonasis dobilas, rausvasis dobilas ir mėlynžiedė liucerna ilgesnes šaknis užaugino nekalkintame dirvožemyje (atitinkamai 16,44, 12,86 ir 15,36 cm), baltasis dobilas – kalkintame dirvožemyje (16,02 cm).

Vieno augalo šaknų masė įvairavo nuo 0,3795 iki 0,6002 g nekalkintame dirvožemyje ir nuo 0,3005 iki 0,4356 g – kalkintame (6 lentelė). Nepriklausomai nuo dirvožemio rūgštingumo, didžiausia vieno augalo masė buvo raudonojo dobilo ir rausvojo dobilo.

Antžeminės dalies aukščiui esminės įtakos turėjo dirvožemio rūgštingumas. Pupiniai augalai, augę

nekalkintame dirvožemyje, buvo 1,51 cm aukštesni nei kalkintame. Pupinių augalų antžeminės dalies aukštis per paskutinį tiriamąjį laikotarpį keitėsi nežymiai – įvairavo nuo 15,66 iki 16,52 cm kalkintame dirvožemyje – nuo 16,69 iki 18,24 cm nekalkintame. Tarp žolių rūšių nustatyti skirtumai paklaidos ribose. Antžeminės dalies masė per mėnesį padidėjo 2,5 karto kalkintame dirvožemyje ir 1,8 karto nekalkintame. Didžiausia vieno augalo antžeminės dalies masė nustatyta kalkintame ir nekalkintame dirvožemiuose augusio baltojo dobilo (atitinkamai 0,8936 ir 0,7367 g).

Nustatyti įvairaus stiprumo statistiškai patikimi koreliaciniai ryšiai tarp kalkintame dirvožemyje augusių pupinių žolių morfologinių rodiklių. Nekalkintame dirvožemyje pupinių žolių antžeminės dalies masė (y) koreliavo su šaknų mase (x) (3 lentelė). Šių rodiklių tarpusavio ryšiai buvo stiprūs – nuo $r = 0,713^{**}$ iki $r = 0,956^{**}$. Pupinių augalų šaknų masė lėmė jų antžeminės dalies masę 50,8–91,4 %.

Pupinės žolės gyvena simbiozėje su gumbelinėmis bakterijomis. Dėl drėgmės trūkumo vasaros pirmoje pusėje mūsų tyrime ant šaknų formotis gumbeliai pradėjo tik vasaros pabaigoje (6 lentelė). Nustatyta, kad gumbelių skaičiui esminės įtakos turėjo abu tiriamieji veiksniai. Kalkintame dirvožemyje šaknų gumbelių nustatyta 3,4 kartus daugiau nei nekalkintame. Daugiausia gumbelių (47,35 ir 14,60 vnt.) kalkintame ir nekalkintame dirvožemiuose suformavo raudonasis dobilas. Kalkintame dirvožemyje ant baltojo dobilo ir mėlynžiedės liucernos šaknų gumbelių rasta 28,3 ir 93,1 % mažiau nei ant raudonojo dobilo šaknų, šie skirtumai buvo esmingi. Tarp raudonojo dobilo ir rausvojo dobilo šaknų gumbelių skirtumas nustatytas paklaidos ribose. Nekalkintame dirvožemyje ant dobilų šaknų gumbelių aptikta nuo 14,60 iki 8,90 vnt. ir labai mažai ant mėlynžiedės liucernos šaknų – 0,85 vnt.

Daugiamečių žolių vegetacija ilga, todėl joms reikalingas didelis drėgmės kiekis, ypač sėjos metais. Koreliacinė analizė parodė kalkintame dirvožemyje augusių pupinių augalų antžeminės dalies aukščio (y) priklausomumą nuo kritulių kiekio (x). Minėtų rodiklių tarpusavio ryšiai buvo vidutinio stiprumo ($r = 0,611^{**}$ baltojo dobilo, $r = 0,546^{**}$ raudonojo dobilo ir $r = 0,566^{**}$ mėlynžiedės liucernos) ir silpni ($r = 0,499^{**}$ rausvojo dobilo). Kritulių kiekis tiriamaisiais laikotarpiais pupinių žolių antžeminės dalies aukštį lėmė 24,9–37,3 %.

6 lentelė. Pupinių šeimos daugiamečių žolių morfologiniai rodikliai vegetacijos pabaigoje, Vėžaičiai, 2014 m.
Table 6. Morphological indicators of forage legumes at the end of growing season, Vėžaičiai, 2014

Dirvožemio rūgštingumas (A) Soil acidity (A)	Augalų rūšys (B) / Species of plants (B)				A veiksnio vidurkiai Mean for factor A
	Raudonasis dobilas Red clover	Baltasis dobilas White clover	Rausvasis dobilas Hybrid clover	Mėlynžiedė liucerna Alfalfa	
Šaknų ilgis cm / Root length, cm					
Kalkintas dirvožemis / Limed soil	14,38	16,02	12,19	14,36	14,24
Nekalkintas dirvožemis / Unlimed soil	16,44	14,85	12,86	15,36	14,88
B veiksnio vidurkiai / Mean for factor B	15,41	15,44	12,53*	14,86	
$R_{05A} / LSD_{05A} = 1,104$ $R_{05B} / LSD_{05B} = 1,561$ $R_{05A \times B} / LSD_{05A \times B} = 2,208$					
Šaknų masė g / Root mass, g					
Kalkintas dirvožemis / Limed soil	0,3005	0,3541	0,4356	0,3754	0,3664
Nekalkintas dirvožemis / Unlimed soil	0,6002*	0,3927	0,3795	0,4146	0,4467
B veiksnio vidurkiai / Mean for factor B	0,4503	0,3734	0,4075	0,3950	
$R_{05A} / LSD_{05A} = 0,123$ $R_{05B} / LSD_{05B} = 0,1745$ $R_{05A \times B} / LSD_{05A \times B} = 0,247$					
Antžeminės dalies aukštis cm / Aboveground part height, cm					
Kalkintas dirvožemis / Limed soil	15,66	16,52	15,94	16,32	16,11
Nekalkintas dirvožemis / Unlimed soil	18,24	17,64	16,69	17,93	17,62*
B veiksnio vidurkiai / Mean for factor B	16,95	17,08	16,32	17,12	
$R_{05A} / LSD_{05A} = 1,385$ $R_{05B} / LSD_{05B} = 1,959$ $R_{05A \times B} / LSD_{05A \times B} = 2,770$					
Antžeminės dalies masė g / Aboveground part mass, g					
Kalkintas dirvožemis / Limed soil	0,5630	0,8926*	0,7462	0,4440	0,6615
Nekalkintas dirvožemis / Unlimed soil	0,7310	0,7367	0,4292	0,4829	0,5950
B veiksnio vidurkiai / Mean for factor B	0,6470	0,8146	0,5877	0,4634	
$R_{05A} / LSD_{05A} = 0,161$ $R_{05B} / LSD_{05B} = 0,2273$ $R_{05A \times B} / LSD_{05A \times B} = 0,321$					
Gumbelių skaičius vnt. / Amount of nodules, units					
Kalkintas dirvožemis / Limed soil	47,35	33,95**	41,25	3,25**	31,45
Nekalkintas dirvožemis / Unlimed soil	14,60**	12,35**	8,90**	0,85**	9,18**
B veiksnio vidurkiai / Mean for factor B	30,98	23,15*	25,07	2,05**	
$R_{05A} / LSD_{05A} = 4,584$ $R_{05B} / LSD_{05B} = 6,4829$ $R_{05A \times B} / LSD_{05A \times B} = 9,168$					

Pastaba: * ir ** – esminis skirtumas esant 0,05 ir 0,01 tikimybės lygiui.

Note: * and ** – significantly different at $P < 0.05$ and $P < 0.01$.

Nekalkintame dirvožemyje augusioms pupinėms žolėms vystytis krituliai turėjo didesnę įtaką. Nustatyti koreliaciniai ryšiai tarp kritulių kiekio ir šaknų ilgio bei antžeminės dalies aukščio. Kritulių kiekio ir šaknų ilgio tarpusavio ryšiai buvo silpni (nuo $r = 0,256^*$ iki $r = 0,408^{**}$). Kritulių kiekio ir antžeminės dalies aukščio tarpusavio ryšiai buvo silpni ($r = 0,321^{**}$ raudonojo dobilo, $r = 0,456^{**}$ rausvojo dobilo ir $r = 0,320^{**}$ mėlynžiedės liucernos) ir vidutinio stiprumo ($r = 0,519^{**}$ baltojo dobilo). Kritulių kiekis pupinių žolių šaknų ilgį lėmė 6,6–16,6 %, o antžeminės dalies aukštį – 10,2–26,9 %.

IŠVADOS

Pupinių žolių augimo ir vystymosi eiga priklausė nuo pupinių augalų rūšies, klimatinė veiksmų ir dirvožemio cheminių savybių, o augalų morfologiniai rodikliai glaudžiai koreliavo tarpusavyje:

1. Pupinių augalų 1–2 tikrųjų lapelių tarpusiu kalkintame dirvožemyje šaknys buvo trumpesnės, tačiau šaknų masė nustatyta iš esmės didesnė (0,0072 g), augalai buvo esmingai aukštesni (4,80 cm).

2. Pupinių augalų 2–6 tikrųjų lapelių tarpusiu (64 dienos po sėjos), esant sausringam laikotarpiui,

dirvožemio rūgštingumas neturėjo esminės įtakos šaknų ilgiui ir masei. Tiek kalkintame, tiek nekalkintame dirvožemyje iš esmės sparčiau vystėsi mėlynžiedė liucerna. Dėl mažesnės pupinių augalų konkurencijos su antsėliu, jų antžeminės dalies aukštis ir masė reikšmingai didesni (10,6 cm ir 0,1024 g) nekalkintame dirvožemyje.

3. Pupinių augalų skrotelės arba šoninių ūglių formavimosi metu dėl palankių augimo sąlygų intensyviai vystėsi jų šaknys, šaknų masė padidėjo beveik 2 kartus kalkintame dirvožemyje ir 3,9 karto nekalkintame. Iš esmės didesniu šaknų ilgiu (14,99 ir 12,99 cm) išsiskyrė nekalkintame dirvožemyje mėlynžiedė liucerna ir baltasis dobilas, antžeminės dalies mase (0,6433 g) – baltasis dobilas.

4. Vegetacijos pabaigoje pupinių augalų šaknims pasiekus gilesnę nei 10 cm dirvožemio sluoksnį, dėl didesnio judraus aliuminio kiekio jų augimo intensyvumas keitėsi. Nekalkintame ir kalkintame dirvožemiuose sparčiausia augo raudonojo dobilo ir baltojo dobilo šaknys (vidutiniškai per mėnesį po 4,04 ir 3,88 cm), o silpniausia (1,38 cm) – mėlynžiedės liucernos. Nustatyta didesnė šaknų masė (išskyrus rausvojo dobilo) ir augalų antžeminės dalies ilgis iš esmės nekalkintame dirvožemyje.

5. Kalkintame dirvožemyje pupiniai augalai šaknų gumbelių suformavo 3,4 kartus daugiau nei nekalkintame. Daugiausia gumbelių (47,35 ir 14,60 vnt.) kalkintame ir nekalkintame dirvožemiuose suformavo raudonasis dobilas, o mažiausia (3,25 ir 0,85 vnt.) – mėlynžiedė liucerna.

PADĖKA

Straipsnyje pateikiami tyrimų rezultatai, gauti vykdant ilgalaikę LAMMC mokslinių tyrimų programą „Žemės ūkio bei miškų dirvožemių našumas ir tvarumas“.

Gauta 2015 02 12
Priimta 2015 06 17

LITERATŪRA

1. Amosséa C., Jeuffroy M. H., Celette F., Davida Ch. 2013. Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production. *European Journal of Agronomy*. Vol. 49. P. 158–167.

2. Butkutė B., Paplauskienė V. 2006. Daugiamečių varpinių žolių pašarinės vertės potencialas. *Žemdirbystė*. Vol. 93. No. 3. P. 172–187.
3. Čop J. 2014. Soil acidification and liming in grassland production and grassland soil fertility in Slovenia. *Acta Agriculturae Slovenica*. Vol. 103. No. 1. P. 15–25.
4. Daugėlienė N. 2010. *Žolynų ekosistemas: monografija*. Akademija: Lututė. 319 p.
5. Daugėlienė N. 2000. *Žolininkystė rūgščiuose dirvožemiuose: monografija*. LŽI. 261 p.
6. Deru J., Van Eekeren N., De Boer H. 2012. Rooting density of three grass species and eight *Lolium perenne* cultivars. *Grassland Science in Europe*. Vol. 17. P. 604–606.
7. Grantz D. A., Garner J. H. B., Johnson D. W. 2003. Ecological effects of particulate matter. *Environmental International*. Vol. 29. P. 213–239.
8. Harkot W. 2005. Differences in the phenologic development of forage on mineral and organic soil. *Grassland Science in Europe*. Vol. 10. P. 251–254.
9. Hinsinger P., Gobran G. R., Gregory P. J., Wenzel W. W. 2005. Rhizosphere geometry and heterogeneity arising from root-mediated physical and chemical processes. *New Phytologist*. Vol. 168. P. 293–303.
10. Huang B., Eissenstat D. M. 2013. Root plasticity in exploiting water and nutrient heterogeneity. *Plant-Environment Interactions*. P. 111–132.
11. Kadžienė G. 2009. *Dirvožemio savybių kaitos integruotas vertinimas skirtingose žemės dirbimo-tręšimo sistemose: daktaro disertacijos santrauka*. 20 p.
12. Kadžiulienė Ž., Šarūnaitė L., Kažiulis L. 2005. Žolių išėlių veikiančių veiksmų įtaka derliaus formavimuisi per pirmuosius dvejus amžiaus metus. *Žemdirbystė*. Vol. 4. No. 92. P. 120–135.
13. Karcauskiene D., Repsiene R. 2009. Long-term manuring and liming effect on moraine loam soil fertility. *Agronomy Research*. Vol. 7. Special Issue 1. P. 300–304.
14. *Lietuvos dirvožemiai: monografija*. 2001. Sud. M. Eidukevičienė, V. Vasiliauskienė. Lietuvos mokslas. 1244 p.
15. Ožeraitienė D. 2000. *Žemės dirbimo ir kalkinimo poveikis rūgščių automorfinių ir pusiau hidromorfinių dirvožemių fizikinėms ir cheminėms savybėms: daktaro disertacijos santrauka*. 23 p.
16. Pierret A., Doussan C., Capowiez Y., Bastardie F., Pagès L. 2007. Root functional architecture: a framework for modeling the interplay between roots and soil. *Vadose Zone*. Vol. 6. P. 269–281.
17. Rimkus K. 2003. *Pievotyra: monografija*. Kaunas: Smaltijos leidykla. 192 p.
18. Shipley B., Meziane D. 2002. The balanced-growth hypothesis and the allometry of leaf and root biomass allocation. *Functional Ecology*. Vol. 16. No. 3. P. 326–331.

19. Tarakanovas P., Raudonius S. 2003. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas Anova, Stat, Split-plot iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. Akademija (Kėdainių r.). 58 p.
20. Yang Y., Wang Q. L., Geng M. J., Guo Z. H., Zhao Z. 2011. Rhizosphere pH difference regulated by plasma membrane H⁺-ATPase is related to differential Al-tolerance of two wheat cultivars. *Plant Soil Environment*. Vol. 57. No. 5. P. 201–206.

Donata Tomchuk, Regina Skuodienė, Jonas Šlepetyš

THE INFLUENCE OF SOIL ACIDITY ON DEVELOPMENT OF FORAGE LEGUMES IN THE SOWING YEAR

S u m m a r y

In the Vėžaičiai Branch of Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry investigation was performed to determine the influence of soil acidity on growth and development of forage legumes in the sowing year. The soil of the experimental site was *Dystric Albeluvisols (ABd)*, formed on medium-moraine loam. It was limed once with dolomite in the autumn of 2013, different pH levels of the soil were formed.

The results show that the growth and development of forage legumes depended on the type of legumes, climatic conditions and soil chemical properties. In limed soil le-

gume sprouted earlier than in unlimed soil. In the 1–2 true leaf stage (32 days after sowing), in limed soil legume roots were shorter, but the root mass was significantly higher, the plants were essentially taller and their weight was higher (except white clover). In the 2–6 true leaf stage (64 days after sowing), during the dry period, soil acidity had no significant influence on the root length and mass, and development of alfalfa roots and aboveground parts was faster both in limed and unlimed soil. Due to the lower legume competition with cover crop, the height and weight of legume aboveground parts were significantly greater in unlimed soil. During the stage of formation of rosette or lateral shoots (94 days after sowing), due to favourable growing conditions legume grasses were growing rapidly: root weight increased by almost 2 times in limed soil and 3.9 times in unlimed soil. Significantly longer roots developed in unlimed soil were 14.99 mm alfalfa and 12.99 mm white clover; greater aboveground mass was 0.6433 g white clover in unlimed soil. At the end of the growing season, legume roots reached 10 cm soil layer, with higher mobile aluminium content, and their growth rate has changed. In unlimed and limed soil the roots of red clover and white clover grew most rapidly, and the growth of alfalfa roots was slowest. In limed soil legumes formed 3.4 times more nodules than in unlimed soil. Most nodules in limed and unlimed soil were formed by red clover (47.35 and 14.60), as compared with the least nodules formed by alfalfa (3.25 and 0.85).

Key words: forage legumes, soil acidity, morphological parameters, precipitation