

SKIRTINGŲ DIRVOŽEMIO DRĖGMĖS SĄLYGŲ IR AZOTO NORMŲ POVEIKIS PAŠARINIŲ ŽOLIŲ PRODUKTYVUMUI

Tomas BALTRUŠAITIS, Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademija, Agronomijos fakultetas, el. paštas: tomas.baltrusaitis@vdu.lt

Aušra MARCINKEVIČIENĖ, Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademija, Agronomijos fakultetas, el. paštas: ausra.marcinkeviciene@vdu.lt

Santrauka

Vegetacinis eksperimentas buvo atliktas 2020 m. vasario–birželio mėn. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Atviros prieigos žemės ir miškų jungtinio tyrimų centro šiltnamyje. Žolių mišinys buvo pasirinktas raudonųjų dobilų ('Vyčiai') ir pašarinių motiejukų ('Gintaras II'). Eksperimentą sudarė du veiksniai. A veiksnys: dirvožemio drėgmės sąlygos: 1. drėgmės trūkumas (sausros imitacija); 2. optimalus drėgmės režimas; 3. drėgmės perteklius (užmirkimo imitacija); B veiksnys: azoto trąšų norma: 1. $N_{25}P_{60}K_{90}$ (foninis tręšimas); 2. $N_{25}P_{60}K_{90}$ (foninis tręšimas) + N_{60} ; 3. $N_{25}P_{60}K_{90}$ (foninis tręšimas) + N_{120} . Eksperimentas atliktas 4 pakartojimais. Sausros imitacijos sąlygomis dobilų ir motiejukų mišinio antžeminė sausųjų medžiagų biomasė nustatyta esmingai mažesnė, palyginti su optimaliomis sąlygomis ir užmirkimo imitacijos sąlygomis augusių augalų antžemine sausąja biomasė, atitinkamai nuo 36,3 iki 44,1 % bei nuo 44,2 iki 47,2 %. Sausros ir drėgmės pertekliaus imitacijų sąlygomis didinant trąšų normą, augalai patyrė papildomą stresą, todėl esmingai sumažėjo dobilų ir motiejukų mišinio biomasė. Sausros ir užmirkimo imitacijų sąlygomis didinant azoto normą buvo pastebėta šaknų sausosios biomasės mažėjimo tendencija, palyginti su mažiausia azoto norma tręštais augalais. Sausros imitacijos sąlygomis didinant azoto normą, žaliųjų proteinų ir žaliosios ląstelienos kiekis dobilų ir motiejukų antžeminėje biomasėje didėjo, tačiau neesmingai, o žaliųjų pelenų kiekis mažėjo esmingai (3,9 %).

Reikšminiai žodžiai: dobilai, motiejukai, sausra, užmirkimas, antžeminė masė, šaknų biomasė, maistinė vertė.

Įvadas

Lietuvos klimato sąlygos palankios pašarinių žolių vegetacijai. 2021 metais šalyje buvo deklaruota apie 860 tūkst. ha žolynų. Didžiąją dalį iš jų sudarė pievos ir ganyklos (Žemės ūkio informacinis ir kaimo verslo centras, 2021). Daugiamečiai žoliniai augalai yra ilgos vegetacijos, todėl gali puikiai naudoti saulės energiją, laiku ir tinkamai patręšti gali užauginti ir didelį derlių: 10–12 t ha⁻¹ sausųjų medžiagų, arba 100–120 GJ ha⁻¹ apykaitos energijos. Taip pat svarbi ir pašarų kokybė. Tinkamai paruoštų žolinių pašarų vienas pašarinis vienetas gali turėti 110–115 g virškinamųjų proteinų (Jeroch et al., 2015).

Per pastaruosius šimtą penkiasdešimt metų stipriai padidėjo antropogeninių veiksnių įtaka aplinkai, dėl to labai padidėjo klimato kaitą sukeliančių dujų išsiskyrimas į atmosferą. Pradėjo sparčiai didėti anglies dvideginio ir kitų termodinamiškai aktyvių dujų emisija; dėl šios priežasties per praėjusį šimtmetį pasaulyje metinė oro temperatūra pakilo 0,86 °C (National Climate Data Center, 2015). Sparčiai šiltėja ir klimatas, atmosferoje kyla ciklonų ir anticiklonų nepastovumas. Dažnai kyla ilgai užsitęsiančios sausros arba per didelis kritulių kiekis sukelia užmirkimą, potvynius. Pastarieji 10 metų buvo patys šilčiausi nuo matavimų pradžios XIX a. viduryje. Pastebėta, jog tropinėse zonose kritulių iškrinta mažiau, o Šiaurės pusrutulio platumose jų iškrinta gerokai daugiau nei įprastai (IPCC).

Sausra ir užmirkimas yra du pagrindiniai klimato ekstremumai, sukeliantys augalams didelį stresą, o užsitęsęs per ilgai – ir žūtį (Grzesiak et al., 1999). Sausros ekstremumas stipriai stabdo augalo vegetaciją, augalo šaknys tampa fiziologiškai neaktyvios, užsiveria augalo žiotelės, sulėtėja fotosintezės procesas (Khasanova et al., 2013) Sausros metu augalai gali prarasti nuo 40 iki 70 % savo potencialaus produktyvumo (Staniak et al., 2015).

Vandens perteklius arba užmirkimas pavojingas abiotinis augalų auginimo veiksnys (Valliyodan et al., 2014). Užsitęsęs užmirkimui, sulėtėja augalo šaknų ir ūglių augimas, augalas nesikrūmija, sulėtėja arba visai nutrūksta azoto fiksacija. Fotosintezės procesas sustoja visai arba vyksta neefektyviai, augalas nebekaupia biomasės (Liu et al., 2020).

Nevienodas kritulių pasiskirstymas, pašarinių žolių vegetacijos metu gali sumažinti augalų produktyvumą, pakeisti rūšinę sudėtį, gali įvykti dujų ir maisto medžiagų pokyčiai (Bodner et al., 2017). Pašarinių augalų cheminė sudėtis lemia virškinamumą, skonį, maistinę vertę gyvuliams. Tyrimai parodė, kad keičiantis klimatui, mažėja augalų maistinė vertė, taip jie morfologiškai ir fiziologiškai prisitaiko prie aplinkos veiksnių, kad išgyventų (Grant, 2015).

Daugiametės žolės yra atsparesnės įvairiems klimato kaitos sukeltiems stresams lyginant su kitais augalais, todėl sudarius tinkamus žolių mišinius bei parinkus atitinkamą tręšimą, galima užauginti stabilų derlių nepaisant nepalankių aplinkos sąlygų (Saud et al., 2017).

Tyrimo tikslas – ištirti dažniausiai pasikartojančių klimato kaitos ekstremumų – drėgmės trūkumo ir pertekliaus poveikį pašarinių žolių biopotencialo formavimuisi ir nustatyti aprūpinimo maisto medžiagomis įtaką jų reakcijai į šiuos klimato veiksnius.

Tiksliui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Nustatyti sausras ir drėgmės pertekliaus sukeltą stresų poveikį pašarinių žolių fiziologiniams procesams ir produktyvumui;
2. Įvertinti skirtingu intensyvumu tręštų pašarinių žolių reakciją į sausras ar drėgmės pertekliaus sukeltą stresą.

Tyrimų metodai ir sąlygos

Vegetacinis eksperimentas atliktas 2020 m. vasario – birželio mėn. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos atviros prieigos žemės ir miškų jungtinio tyrimų centro šiltnamyje.

Tyrimams reikalingas dirvožemis (vidutinio sunkumo priemolis) buvo paimtas iš VDU ŽŪA Bandymų stotyje esančio lauko viršutinio dirvožemio sluoksnio 0–20 cm gylio. Prieš eksperimentą dirvožemis buvo išdžiovintas džiovinimo spintoje 45 °C temperatūroje. Dirvožemio agrocheminės savybės: pH – 7,44, visuminio azoto – 0,125 %, organinės anglies – 1,00 %, judriųjų maisto medžiagų dirvožemyje: P_2O_5 – 259 mg kg⁻¹, K_2O – 114 mg kg⁻¹ (2018 m. duomenys). Kiekvienam vegetaciniam indui (7,5l) pasverta po 7,5 kg dirvožemio ir jis sudrėkintas iki 20 % drėgnumo.

Vegetacinį eksperimentą sudarė du veiksniai.

Veiksny A. Dirvožemio drėgnumo sąlygos:

1. Drėgmės trūkumo sąlygos (sausros imitacija);
2. Optimalios drėgmės režimo sąlygos;
3. Drėgmės pertekliaus sąlygos (užmirkimo imitacija).

Veiksny B. Tręšimas azoto trąšomis:

1. $N_{25}P_{60}K_{90}$ (foninis tręšimas);
2. $N_{25}P_{60}K_{90}$ (foninis tręšimas) + N_{60} ;
3. $N_{25}P_{60}K_{90}$ (foninis tręšimas) + N_{120} .

Tyrimas atliktas 4 pakartojimais. Variantai pakartojimų blokuose išdėstyti taikant visišką randomizaciją.

Daugiamečių žolių mišinys sudarytas iš 40 % pupinių ir 60 % miglinių augalų. Pasirinkta mišinio sėklos norma – 18 kg ha⁻¹; 12,9 kg ha⁻¹ dobilų ir 5,10 kg ha⁻¹ motiejukų. Į vieną vegetacinį indą (0,047 m²) sėta 0,061 g dobilų ir 0,024 g motiejukų. Žolių sėklos įterptos į dirvožemį 1 cm gyliu. Praėjus mėnesiui po daugiamečių žolių sudygimo kiekviename vegetaciniame inde suvienodintas augalų skaičius: 12 dobilų ir 18 motiejukų (iš viso 30 augalų).

Daugiamečių žolių veislės: raudonieji dobilai (*Trifolium pratense* L.) ‘Vyčiai’ (LAMMC žemdirbystės institutas) – diploidinė, ankstyva veislė. 1000 sėklų masė 2,04 g. Pašariniai motiejukai (*Phleum pratense* L.) ‘Gintaras II’ (LAMMC žemdirbystės institutas) – ankstyva veislė. 1000 sėklų masė 0,54 g.

Sėjos metu tręšta kompleksinėmis trąšomis NPK 8-19-29. Tręšimo norma 310 kg ha ($N_{25}P_{60}K_{90}$), 1,46 g vienam vegetaciniam indui. Trąšos įterptos daugiamečių žolių sėjos gylyje. Optimalaus ir maksimalaus tręšimo azoto trąšomis sąlygomis praėjus mėnesiui po sudygimo tręšta amonio salietra (34,4 % N v. m.), atitinkamai 0,82 ir 1,64 g vegetaciniam indui. Trąšos išbarstytos vegetacinių indų paviršiuje.

Augalai laistyti du kartus per savaitę (išskyrus sausras ir užmirkimo laikotarpius). Liejimo norma – 0,5–1,0 l vegetaciniam indui. Drėgmės trūkumo (sausros imitacijos) ir drėgmės pertekliaus (užmirkimo imitacijos) sąlygos daugiamečių žolių mišiniui sukeltos du kartus per jo augimo laikotarpį: pirmąjį kartą dobilų (BBCH 13–14) daigų ir motiejukų (BBCH 21–22) krūmijimosi pradžios tarpsniu, antrąjį kartą dobilų stiebo augimo pradžioje (BBCH 30–31), motiejukų (BBCH 31–32) bamblių tarpsniu. Tarp laikotarpių palikta 21 d. augalų atsistatymui. Sausros imitacijos laikotarpiais (nuo 2020 m. kovo 21 d. iki balandžio 4 d. bei nuo 2020 m. balandžio 25 d. iki gegužės 9 d.) augalai nelaistyti 15 parų. Užmirkimo imitacijos laikotarpiais (nuo 2020 m. kovo 21 d. iki kovo 29 d. bei nuo balandžio 25 d. iki gegužės 3 d.) vegetaciniai indai buvo dedami į vones su 3 l vandens ir laikyti tris paras. Po trijų parų likęs vanduo išpiltas. Daryta trijų dienų pertrauka. Po to tas pats procesas pakartotas dar kartą. Daugiamečių žolių mišinio produktyvumas įvertintas 2020 m. birželio 18 d.

Daugiamečių žolių antžeminė biomasė įvertinta, iš kiekvieno vegetacinio indo atskirai išpjovus dobilų ir motiejukų antžeminės dalies biomasę. Iš kiekvieno vegetacinio indo paimti apie 20 g ėminiai (po du kiekvienos augalų rūšies) džiovinta 105 °C temperatūroje džiovinimo spintoje. Kiekvienos augalų rūšies antžeminės dalies biomasė perskaičiuota į absoliučiai sausųjų medžiagų (SM) kiekį g iš vegetacinio indo.

Daugiamečių žolių šaknų biomasė buvo įvertinta iš kiekvieno vegetacinio indo išplovus šaknis naudojant sietus (Lapinskienė, 1993). Šaknys džiovintos 105 °C temperatūroje džiovinimo spintoje. Kiekvienos augalų rūšies šaknų biomasė perskaičiuota į absoliučiai sausųjų medžiagų (SM) kiekį g iš vegetacinio indo. Apskaičiuota ir bendra kiekvieno mišinio šaknų biomasė absoliučiai sausųjų medžiagų (SM) kiekiu g iš vegetacinio indo.

Daugiamečių žolių cheminės sudėties įvertinimas. Daugiamečių žolių antžeminės dalies biomasė buvo išdžiovinta džiovinimo spintoje 45 °C temperatūroje ir sumalta. Augalų antžeminėje biomasėje nustatyti:

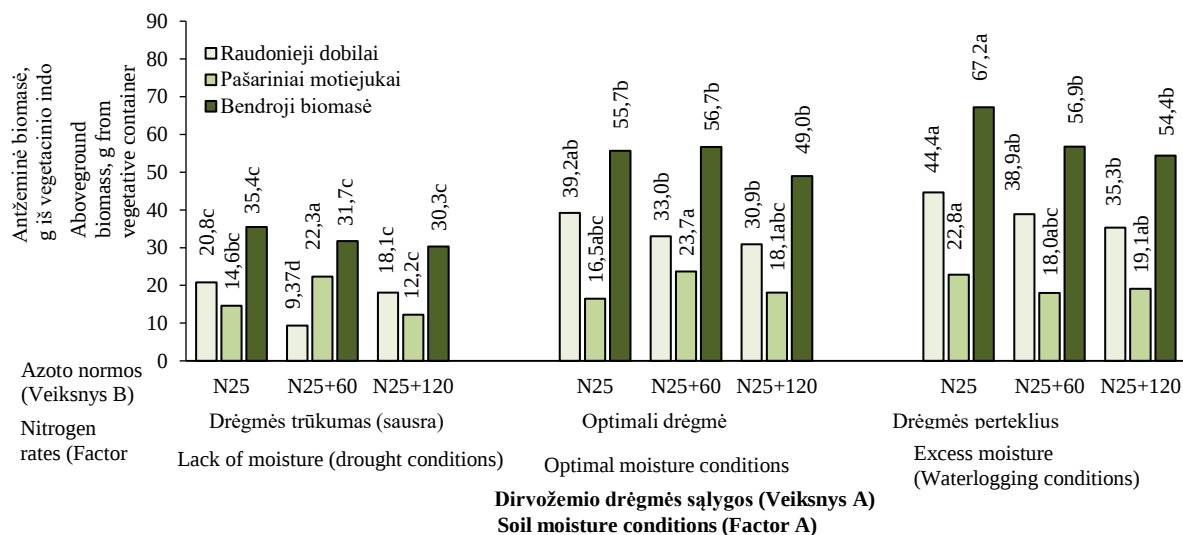
1. Žaliųjų baltymų kiekis (%) – Kjeldalio metodu;
2. Žaliosios ląstelių kiekis (%) – Henebergo-Štomano metodu;
3. Žaliųjų pelenų kiekis – deginant ėminius sausuoju būdu (Januškevičius, Mikulionienė, 2004).

Tyrimai atlikti VDU ŽŪA Maisto žaliavų, agronominių ir zootechninių tyrimų laboratorijoje keturiais pakartojimais.

Tyrimų duomenys statistiškai įvertinti kiekybinių požymių dviejų veiksnių dispersinės analizės, koreliacijos ir regresijos metodais (Raudonius, 2017). Skirtumų tarp variantų esmingumas įvertintas naudojant F kriterijų ir LSD testą. Tyrimų duomenų statistinė analizė atlikta naudojantis kompiuterinėmis programomis ANOVA ir STAT iš programų paketo SELEKCIJA (Tarakanovas, Raudonius 2009).

Tyrimų rezultatai ir analizė

Drėgmės trūkumo sąlygomis raudonųjų dobilų ir pašarinių motiejukų mišinio antžeminės dalies sausųjų medžiagų biomasė buvo esmingai mažesnė nei optimaliomis ir drėgmės pertekliaus sąlygomis, atitinkamai nuo 36,3 iki 44,1 bei nuo 44,2 iki 47,2 % naudojant maksimalią azotinių trąšų normą (1 pav.). Tai galima susieti su tuo, kad sausros sąlygomis dobilų antžeminė sausųjų medžiagų biomasė palyginus su optimaliomis ir užmirkimo sąlygomis buvo atitinkamai nuo 46,9 iki 71,6 bei nuo 51,5 iki 75,9 % mažesnė. Mažesnė dobilų masė susiformavo dėl sausros metu sustojusių fiziologinių procesų – fotosintezės, dujų apykaitos per žioteles bei šaknų maisto medžiagų sorbcijos (Khasanova et al., 2013). Sausros imitacijos metu tręšiant azoto norma N_{25+60} , palyginti su mažiausia ir didžiausia naudoto azoto norma, dobilų sausųjų medžiagų biomasė nustatyta esmingai mažesnė (55,0 ir 48,2 %), o motiejukų antžeminė sausųjų medžiagų masė buvo esmingai didesnė (22,6 ir 35,4 %). Kaip teigė Kakraliya et al. (2018), azotinės trąšos paskatina augalo antžeminės masės vystymąsi, tačiau sulėtina dobilų stolonų augimą, dėl šios priežasties augalui ilgiau trunka atstatyti savo fiziologines funkcijas po sausros. Staniak et al. (2015) pritaria šiai nuomonei bei teigia, jog migliniai augalai greičiau atstato savo fiziologinius ir morfologinius rodiklius po sausros nei ankštiniai augalai. Užmirkimo imitacijos metu didinant azoto normą, palyginus su mažiausia azoto norma, esmingai mažėjo dobilų ir motiejukų mišinio antžeminė sausųjų medžiagų masė (15,5 ir 19 %). Kaip teigia mokslininkai (Basal et al., 2020), esant nepalankioms aplinkos sąlygoms, didinant azoto trąšų normą, gali sumažėti pašarinių žolių produktyvumas. Užmirkimo sąlygomis tręšiant didžiausia azoto norma, palyginus su mažiausia, dobilų antžeminė sausųjų medžiagų biomasė nustatyta esmingai 20,9 % mažesnė.



Pastaba: variantų vidurkiai, pažymėti ne tomis pačiomis raidėmis (a, b, c, d), yra esminiai ($P < 0,05$).

Note: differences between the means of treatments for aboveground dry matter biomass, marked by different letter (a, b, c, d) are significant ($P < 0,05$).

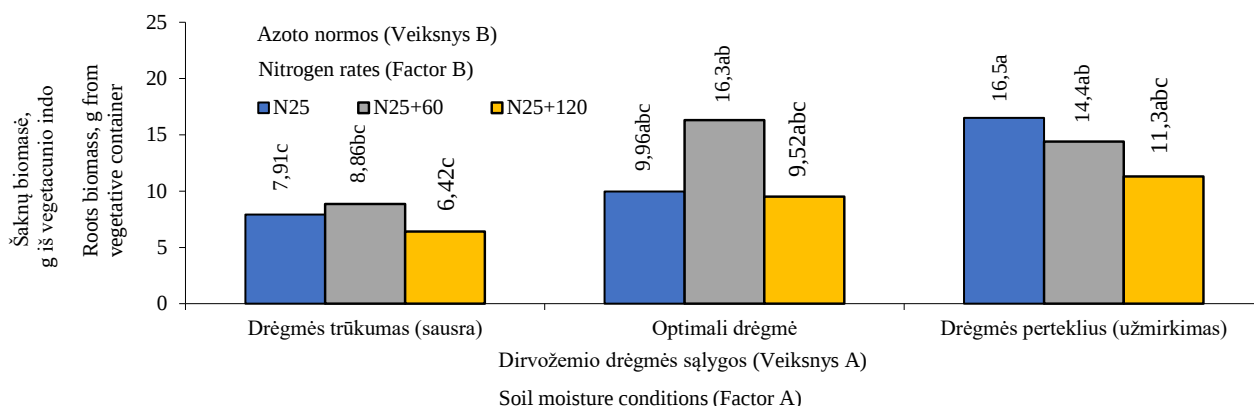
1 pav. Raudonųjų dobilų ir pašarinių motiejukų mišinio antžeminės dalies sausųjų medžiagų biomasė, 2020 m.

Fig. 1 Red clover and forage timothy mixture aboveground dry matter biomass, 2020.

Dobilų ir motiejukų mišinio šaknų sausųjų medžiagų biomasė (sausros imitacija) nustatyta mažesnė negu optimaliomis ir užmirkimo imitacijos sąlygomis (2 pav.). Mokslininkai (Specht et al., 1999) teigia, kad sausra yra pats pavojingiausias neigiamas abiotinis veiksnys, kuris gali sumažinti augalų produktyvumą 40 % ir daugiau, lyginant su optimaliomis sąlygomis. Sausros ir užmirkimo imitacijose, didinant azoto normą iki $N_{25} + 120$, palyginus su mažiausia norma, nustatyta šaknų biomasės mažėjimo tendencija. Azotinės trąšos slopina augalų šaknų vystymąsi bei papildomų šakniaplaukių formavimąsi (Khasanova et al., 2013). Tarp raudonųjų dobilų ir pašarinių motiejukų mišinio šaknų sausųjų medžiagų biomasės ir antžeminės dalies sausųjų medžiagų biomasės nustatytas teigiamas, stiprus ir statistiškai patikimas koreliacinis priklausomumas ($r^2=0,74$, $P<0,01$).

Didžiausias žaliųjų proteinų kiekis buvo nustatytas maksimalia azoto norma tręštame, imituojančiam sausrą augintame dobilų ir motiejukų mišinyje (1 lentelė). Žaliųjų proteinų kiekis jame buvo esmingai didesnis nei optimalios dirvožemio drėgmės ir užmirkimo imitacijos sąlygose, tręštuose ta pačia azoto norma dobilų ir motiejukų mišiniuose (atitinkamai 13,4 ir 12,5 %). Šiuos duomenis patvirtina ir K. Grant (2014) su kitais mokslininkais atliktas tyrimas, kurio metu buvo nustatyta, jog sausros sąlygomis auginamų pašarinių augalų cheminė sudėtis būna geresnės kokybės, jie turi daugiau žaliųjų baltymų ir kitų naudingų medžiagų, tačiau tokių žolynų derlingumas būna žymiai mažesnis nei auginamų optimaliomis klimato sąlygomis. Optimaliomis dirvožemio drėgmės sąlygomis tręšiant didžiausia azoto norma, palyginus su mažiausia, žaliųjų proteinų kiekis pašarinių žolių mišinio antžeminėje biomasėje buvo nustatytas esmingai 9,9 % mažesnis. Optimaliose sąlygose patręšus mišinį maksimalia azoto norma suaktyvėjo dobilų ir motiejukų antžeminės masės augimas, tačiau greitai

augdamas augalas negali sukaupti didesnio kiekio žaliųjų proteinų, todėl gausiau patręšto žolyno sausosios biomasės maistinė vertė gali būti mažesnė nei mažiau patręšto (Staniak et al., 2015). Sausros imitacijos sąlygomis tręšiant azoto norma N_{25+60} , palyginus su mažiausia azoto norma, žaliųjų proteinų kiekis dobilų ir motiejukų mišinio antžeminėje biomasėje nustatytas esmingai 5,8 % mažesnis, o žaliosios ląstelienos kiekis esmingai 14,8 % didesnis.



Pastaba: variantų vidurkiai, pažymėti ne tomis pačiomis raidėmis (a, b, c), yra esminiai ($P < 0,05$).

Note: differences between the means of treatments for plants roots biomass, marked by different letter (a, b, c) are significant ($P < 0,05$).

2 pav. Raudonųjų dobilų ir pašarinių motiejukų mišinio šaknų biomasė, 2020 m.

Fig. 2 Red clover and forage timothy mixture roots biomass, 2020.

1 lentelė. Raudonųjų dobilų ir pašarinių motiejukų mišinio maistinė vertė, 2020 m.

Table 1. Red clover and forage timothy mixture nutritional value, 2020.

Dirvožemio drėgmės sąlygos (Veiksny A) Soil moisture conditions (Factor A)	Azoto normos (Veiksny B) Nitrogen rates (Factor B)	Žalieji proteinai, % Crude protein, %	Žalioj ląsteliena, % Crude fibre, %	Žalieji pelenai, % Green ash, %
1. Drėgmės trūkumas (Sausra) 1. Lack of moisture (Drought conditions)	N ₂₅	13,7abc	28,4b	17,2a
	N ₂₅₊₆₀	12,9cd	32,6a	14,3bc
	N ₂₅₊₁₂₀	14,4a	29,4ab	13,3c
2. Optimali drėgmė 2. Optimal moisture	N ₂₅	14,1ab	26,9b	16,1ab
	N ₂₅₊₆₀	13,4abc	29,7ab	14,2bc
	N ₂₅₊₁₂₀	12,7cd	28,7ab	13,9bc
3. Drėgmės perteklius (Užmirkimas) 3. Excess moisture (Waterlogging conditions)	N ₂₅	13,2bcd	28,4b	15,6abc
	N ₂₅₊₆₀	12,2d	27,3b	17,3a
	N ₂₅₊₁₂₀	12,8cd	29,7ab	15,1abc

Pastaba: variantų vidurkiai, pažymėti skirtingomis raidėmis (a, b, c, d), yra esminiai ($P < 0,05$).

Note: differences between the means of treatments for separate nutritional value, marked by different letter (a, b, c, d) are significant ($P < 0,05$).

Užmirkimo sąlygomis tręšiant azoto norma N_{25+60} žaliųjų pelenų kiekis dobilų ir motiejukų mišinio antžeminėje biomasėje nustatytas esmingai didesnis negu optimalios dirvožemio drėgmės ir sausros imitacijos sąlygomis tręšiant ta pačia azoto norma, atitinkamai 21,0 ir 21,8 %. Sausros imitacijos sąlygomis padidinus azoto normą, palyginti su mažiausia norma, žaliųjų pelenų kiekis dobilų ir motiejukų mišinio antžeminėje biomasėje nustatytas esmingai 16,9 ir 22,7 %. Khazanova et al. (2013), teigė, jog didinant azoto normą sausros sąlygomis, žaliųjų pelenų kiekis esmingai nesikeitė.

Išvados

1. Sausros imitacijos sąlygomis dobilų ir motiejukų mišinio antžeminė sausųjų medžiagų biomasė nustatyta esmingai mažesnė, palyginti su optimaliomis sąlygomis ir užmirkimo imitacijos sąlygomis augusių augalų antžemine sausąja biomasė, atitinkamai nuo 36,3 iki 44,1 % bei nuo 44,2 iki 47,2 %. Sausros ir drėgmės pertekliaus imitacijų sąlygomis didinant trąšų normą, augalai patyrė papildomą stresą, todėl esmingai sumažėjo dobilų ir motiejukų mišinio biomasė.

2. Sausros ir užmirkimo imitacijų sąlygomis didinant azoto normą buvo pastebėta šaknų sausosios biomasės mažėjimo tendencija, palyginti su mažiausia azoto norma tręštais augalais.

3. Sausros imitacijos sąlygomis didinant azoto normą, žaliųjų proteinų ir žaliosios ląstelienos kiekis dobilų ir motiejukų antžeminėje biomasėje didėjo, tačiau neesmingai, o žaliųjų pelenų kiekis mažėjo esmingai (3,9 %).

Literatūra

1. Bodner, S. B.; Robles, M. D. 2017. Enduring a decade of drought: Patterns and drivers of vegetation change in a semi-arid grassland. *Journal of Arid Environments*, Vol. 136, p. 1–14.

2. Grant, K. 2015. Sensitivity of mesic temperate grassland to increased climate variability – biomass production, forage quality and plant-plant interactions: Dissertation. Bayreuth, p. 245.
3. Grzesiak, S.; Hura, T.; Grzesiak, M. T.; Pienkowski, S. 1999. The impact of limited soil moisture and waterlogging stress conditions on morphological and anatomical root traits in maize (*Zea mays* L.) hybrids of different drought tolerance. *Acta Physiologiae Plantarum*, Vol. 21, p. 305–315.
4. IPCC. 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaption, and Vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
5. Januškevičius, A.; Mikulionienė, S. 2004. Pašarų tyrimo metodai ir pašarų maistingumas. Kaunas, p. 26–46.
6. Jeroch, H.; Pilipavičius, V.; Mikulionienė, S.; Steinhofel, O.; Matusevičius, P. 2015. Feed – conventional and ecological. Kaunas: Vitae Litera, Lithuania. p. 292.
7. Khasanova, A.; James, J. J.; Drenovsky, R. E. 2013. Impact of drought on plant water relations and nitrogen nutrition in dryland perennial grasses. *Plant and soil* vol. Vol. 372, p. 541–552.
8. Lapinskienė, N. 1993. Lietuvos agrolandšafto ekosistemų žolinių bendrijų požeminių organų ekomorfoliginis, kiekybinis ir fitocenotinis įvertinimas: gamtos mokslų habilitacinio darbo referatas. Vilnius, p. 45.
9. Liu, K.; Harrison, M. T.; Shabala, S.; Meinke, H.; Ahmed, I.; Zhang, Y.; Tian, X.; Zhou, M. 2020. The State of the Art in Modeling Waterlogging Impacts on Plants: What Do We Know and What Do We Need to Know. *Earth Future*. 10. 1029/2020EF001801.
10. National Climate Data Center. 2015. 2015 Annual Global Climate Report.
11. Saud, S.; Fahad, S.; Yajun, C.; Ihsan, M. Z.; Hammad, H. M.; Nasim, W.; Amanullah, J.; Arif, M.; Alharby, H. 2017. Effect of Nitrogen Supply on Water Stress and Recovery Mechanisms in Kentucky Bluegrass Plants. *Frontiers in Plant Science*, Vol. 8, p. 1–18.
12. Valliyodan, B.; Van Toai, T. T.; Alves, J. D.; De Fatima, P.; GOULART, P.; LEE, J. D.; FRITSCHI, F. B.; RAHMAN, M. A.; ISLAM, R.; SHANNON, J. G.; NGUYEN, H. T. 2014. Expression of root-related transcription factors associated with flooding tolerance of soybean (*Glycine max*). *International Journal of Molecular Science*, Vol. 15, p. 17622–17643.
13. Valstybinė įmonė: žemės ūkio informacinis ir kaimo verslo centras. 2021. Informacija apie 2021 m. deklaruotus žemės ūkio naudmenų ir pasėlių plotus.
14. Kakraliya, S. K.; Singh, U.; Bohra, A.; Choudhary, K. K.; Kumar, S.; Meena, R. S.; Jat, M. L. 2018. Nitrogen and Legumes: A Meta-analysis. *Legumes for Soil Health and Sustainable Management*. p. 277–314.
15. Basal, O.; Szabo, A. 2020. The combined effect of drought stress and nitrogen fertilization on soybean. *Agronomy*, Vol. 10, p. 1–18.
16. Raudonius, S. 2017. Application of statistics in plant and crop research: important issues. *Zemdirbyste-Agriculture*, Vol. 104, p. 377–382.
17. Tarakanovas P., Raudonius S. 2009. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. *Lietuvos žemės ūkio universitetas, Akademija*, p. 56.
18. Specht, J. E.; Hume, D. J.; Kumundi, S. V. 1999. Soybean yield potential – a genetic and physiological perspective. *Crop Science*, vol. 39, p. 1560–1570.
19. Grant, K.; Kreyling, J.; Dienstbach, F. H. L.; Beierkuhnlein, C.; Jentsch, A. 2014. Water stress due to increased intra-annual precipitation variability reduced forage yield but raised forage quality of a temperate grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. 186, p. 11–22.

THE IMPACT OF DIFFERENT SOIL MOISTURE CONDITIONS AND NITROGEN RATES ON FORAGE GRASSES PRODUCTIVITY

Summary

The vegetation experiment was performed in 2020. February - June Vytautas Magnus University, Academy of Agriculture, Open Access Land and Forest Research Center, Greenhouse. A mixture of herbs was chosen for red clover ('Vyčiai') and forage timothy ('Gintaras II'). The experiment consisted of two factors: Factor A: Soil moisture conditions: 1. Lack of moisture (drought imitation); 2. optimal humidity regime; 3. excess moisture (soaking imitation); Factor B: Nitrogen fertilizer rate: 1. N₂₅P₆₀K₉₀ (background fertilization); 2. N₂₅P₆₀K₉₀ (background fertilization) + N₆₀; 3. N₂₅P₆₀K₉₀ (background fertilization) + N₁₂₀. The experiment was performed in 4 replicates. In the drought simulation, the aboveground dry matter biomass of the clover and timothy mixture was found to be significantly lower compared to the optimal conditions and the aboveground dry biomass of plants grown in the soaking simulation, from 36.3 to 44.1% and from 44.2 to 47.2%, respectively. In drought and excess moisture simulations, increasing the rate of fertilizer caused additional stress to the plants, resulting in a significant reduction in the biomass of the clover and timothy mixture. In drought and soak simulations, a decreasing trend of root dry biomass was observed with increasing nitrogen rate in plants fertilized with increasing nitrogen rate. As the nitrogen rate increased in the drought simulation, the content of crude protein and crude fiber in the aboveground biomass of clover and timothy increased, but not significantly, and the content of green ash decreased significantly (3.9%).

Keywords: clover, timothy, drought, waterlogging, aboveground mass, root biomass, nutritional value.