

Pasėlio tankumo ir tręšimo įtaka vasarinių rapsų cheminei sudėčiai žydėjimo tarpsnyje ir derliui

Rimantas Velička,

Aušra Marcinkevičienė,

Robertas Kosteckas

Aleksandro Stulginskio universitetas,
Studentų g. 11,
LT-53361 Akademija, Kauno r.
El. paštas: ausra.marcinkeviciene@asu.lt

Tyrimai atlikti 2009–2010 m. Aleksandro Stulginskio universiteto Bandymų stotyje, karbonatingame giliau glėjiškame išplautžemyje (*Calc(ar)i-Epithypogleyic Luvisol*). Tyrimų tikslas – nustatyti pasėlio tankumo ir tręšimo įtaką vasarinių rapsų (*Brassica napus* L.) 'Sponsor' cheminei sudėčiai žydėjimo tarpsnyje ir derliui. Bandymo variantai: A veiksnys – tręšimas: 1) netręšta, 2) tręšta prieš rapsų sėją 64 kg ha⁻¹ N, 64 kg ha⁻¹ P₂O₅, 94 kg ha⁻¹ K₂O ir butonizacijos tarpsnyje 70 kg ha⁻¹ N. B veiksnys – pasėlio tankumas: 1) 2 kg ha⁻¹ (50,1–100 augalų m⁻²), 2) 4 kg ha⁻¹ (100,1–150 augalų m⁻²), 3) 6 kg ha⁻¹ (150,1–200 augalų m⁻²), 4) 8 kg ha⁻¹ (200,1–250 augalų m⁻²), 5) 10 kg ha⁻¹ (250,1–300 augalų m⁻²), 6) 12 kg ha⁻¹ (300,1–350 augalų m⁻²), 7) 14 kg ha⁻¹ (350,1–400 augalų m⁻²), 8) 16 kg ha⁻¹ (400,1–450 augalų m⁻²).

Žydėjimo tarpsnyje tankėjant vasarinių rapsų pasėliui, ir netręštuose, ir tręštuose augaluose esmingai mažėjo žaliųjų baltymų ($r = -0,91 - -0,99$), fosforo ($r = -0,80 - -0,98$), kalio ($r = -0,89 - -0,98$) ir sieros ($r = -0,94 - -0,99$) kiekis. Dėl tręšimo, palyginti su visai netręštais rapsais, esmingai didėjo žaliųjų baltymų, fosforo, kalio bei 2010 m. ir sieros kiekis augalų antžeminėje dalyje. Maisto medžiagų sanauja vasarinių rapsų antžeminėje dalyje žydėjimo tarpsnyje parodė tendenciją, kad tręštuose rapsuose didesnis sėklų derlius tikėtinas retesniame (100–150 vnt. m⁻²) pasėlyje, o netręštuose arba mažiau derlingame dirvožemyje augančiuose rapsuose – tankesniame (200–300 vnt. m⁻²) pasėlyje.

Raktažodžiai: vasariniai rapsai, pasėlio tankumas, tręšimas, cheminė sudėtis, sėklų derlius

ĮVADAS

Vasarinių rapsų cheminė sudėtis priklauso nuo veislės, dirvožemio savybių, meteorologinių sąlygų, auginimo technologijos (Lääniste et al., 2004; Spychaj-Fabisiak et al., 2011). G. Šidlauskas (2000) nustatė, kad pasėlio tankumas turi įtaką azoto, fosforo bei kalio sanaujai augaluose jų vegetacijos metu. Tankesniame pasėlyje azoto daugiau kaupėsi 4–5 lapų vystymosi tarpsnyje, žydėjimo pradžioje bei sėkloms bręstant. Tačiau augaluose žydėjimo pabaigoje, didėjant augalų skaičiui ploto vienetu, azoto kiekis mažėjo. Tankesniame pasėlyje vasarinių rapsų augaluose vegetacijos metu, išskyrus žydėjimo pabaigą, fosforo kiekis didėjo. Dėl didėjančio pasėlio tankumo didėjo ir turėjo tendenciją didėti kalio kiekis vasarinių rapsų augaluose vegetacijos metu. Veličkos ir kt. (2007) atliktų tyrimų duomenimis, žydėjimo tarpsnyje augalų skaičiui kvadratiniam metre kintant nuo 64 iki 347 vnt. m⁻², azoto kiekis vasarinių rapsų lapuose mažėjo, tačiau neesmingai. Kalio kiekio pokyčiai buvo didesni – nuo 3,37 iki 2,50 %. Rapsų tankumui pa-

didėjus vidutiniškai nuo 123 iki 259 vnt. m⁻², kalio kiekis lapuose sumažėjo esmingai – 16,2 %, o rečiausių ir tankiausių rapsų pasėlių šis skirtumas buvo net 25,8 %.

Rapsai pasižymi labai dideliu maisto medžiagų poreikiu, neretai daug didesniu negu jų gali būti dirvožemiuose, todėl tik tinkamai naudojant mineralines trąšas galima užauginti optimalų derlių (Shpaar i dr., 1999; Šidlauskas, 2000). Vienai tonai rapsų sėklų užauginti vasariniai rapsai sunaudoja vidutiniškai 55 kg azoto, 25 kg fosforo, 50 kg kalio ir 20 kg sieros. Be pagrindinių maisto medžiagų, vasariniai rapsai labai reiklūs mikroelementams (Grzebisz et al., 2010). Vasariniams rapsams reikėtų berti 120–140 kg ha⁻¹ azoto ir kalio bei 80–100 kg ha⁻¹ fosforo (Šidlauskas, 2002). S. Lazausko ir G. Šiaudinio (2006) duomenimis, siekiant gausaus ir stabilaus vasarinių rapsų derliaus našiuose, gerai maisto medžiagomis aprūpintuose dirvožemiuose, rekomenduojama juos patręšti 120–150 kg ha⁻¹ azoto, o fosforo, kalio ir sieros trąšų skirti tiek, kad būtų palaikomas dirvožemio maisto medžiagų balansas.

Azotas yra būtinas baltymų ir nukleino rūgščių formavimosi procese, kuriame ir sunaudojama daugiausia šio rapsų pasisavinto elemento. Azoto kiekis augale parodo

būsimo derliaus dydį ir kokybę. Daugiausia azoto vasariniuose rapsuose nustatoma skrotelės tarpsnyje, o vėliau jo nuosekliai mažėja ir sėklų brendimo tarpsnyje siekia 1,5–1,9 %. Geriau azotu aprūpinti rapsai turi didesnę lapų aktyviosios fotosintezės paviršiaus plotą, augalai formuoja daugiau šakų, ant kurių pražysta daugiau žiedų, užsimezga ir subręsta daugiau ankštarių. Antra vertus, vasarinius rapsus gausiai tręšiant azotu gali pakisti baltymų ir angliavandenių proporcija. Dėl šios priežasties sumažėja sėklų riebalingumas (Holmes, 1980). Nustatyta, kad iš mineralinių trąšų vasariniai rapsai pasisavina tikrai apie 50 % azoto (Merrien, 1991). Optimalią azoto normą rapsams nustatyti yra sudėtinga, nes koreliacija tarp azoto pasisavinimo ir sėklų derliaus nėra stipri (Pouzet, 1995). G. Šidlauskas (2000) nustatė, kad azoto, fosforo ir kalio kiekis vasarinių rapsų augaluose 4–5 lapelių vystymosi tarpsnyje, žydėjimo pradžioje ir pabaigoje bei sėklų brendimo tarpsnyje turėjo įtakos sėklų derliui bei baltymų ir riebalų išeigai. G. Šidlausko ir S. Bernoto (2003) duomenimis, vasarinių rapsų sėklų derlius labiausiai didėjo patręšus azoto trąšomis prieš rapsų žydėjimą.

Fosforas dalyvauja susidarant baltymams ir fermentams, veikia fotosintezę, kvėpavimą, šaknų augimą, riebalų kaupimąsi ir sėklų brendimą (Borovko, 2005). Fosforo trąšos daro nežymų poveikį žaliųjų riebalų kiekiui. Gausiai tręšiant fosforo trąšomis mažėja riebalų kiekis (Velička, 2002).

Kalis reguliuoja fotosintezę, angliavandenių pasiskirstymą, vandens apykaitą. Trūkstant kalio, šie procesai sutrinka ir prasideda baltymų irimas, todėl padidėja ligų pavojus, mažėja atsparumas sausroms. Užauginti 1 t sėklų vasariniai rapsai sunaudoja apie 50 kg kalio. Mokslininkų atliktais tyrimais nustatyta, kad egzistuoja teigiamas azoto ir kalio trąšų koreliacijos ryšys. Nustatyta, kad dėl azoto ir kalio trąšų sąveikos gautas 250 kg ha⁻¹ derliaus priedas. Kalio trąšų įtaka didėjo, didinant azoto trąšų normas. Kalio kiekio vasariniuose rapsuose kitimas priklauso nuo augalų fiziologinio amžiaus ir išsivystymo laipsnio. Daugiausia (5,50 %) kalio augaluose nustatyta 4–5 lapų tarpsnyje, mažiausiai (1,89 %) vegetacijos pabaigoje (Šidlauskas, Bernotas, 2003).

Derliui išauginti rapsai sunaudoja daug sieros (Ahmad et al., 2007). Siera dalyvauja gyvybinėse ir energetinėse augalų funkcijose, fotosintezėje, kvėpavime, anglies ir azoto apykaitoje, chlorofilo, karotinoidų, vitaminų, fermentų, eterinių aliejų sintezėje (Tretyakov, 1998; Komarnisky et al., 2003). Sieros koncentracija rapsų vegetatyviniuose organuose jų fiziologinio vystymosi metu sąlygoja generatyvinių organų formavimosi procesus (Shpaar i dr., 1999). Nustatyta, kad rapsai reikliausi sierai butonizacijos-žydėjimo tarpsniuose (Blake-Kalff et al., 1998). M. Rimkevičienės ir kt. (2007) duomenimis, intensyviausiai vasariniai rapsai 'Sponsor' kaupė sierą žydėjimo tarpsnyje (nuo 0,18 % butonizacijos iki 0,64 % žydėjimo metu). Tačiau iš sieringo substrato rapsai sieros absorbuoja mažiau, negu

trūkstant šio elemento. Sieros kiekis vasariniuose rapsuose priklausė nuo meteorologinių sąlygų. L. Ūksienė ir J. Kučinskas (2007) nurodo, kad vasarinių rapsų sėklų derlius dėl sieros normų įtakos padidėjo 0,1–0,18 t ha⁻¹, arba 5,3–9,6 %. Ž. Kregždė (2007) nustatė, kad esant dirvožemio pH 4,7–5,5 ir mažai patręšus mineralinėmis trąšomis, didžiausias vasarinių rapsų sėklų derlius gautas dėl boro įtakos, o gausiai patręšus mineralinėmis trąšomis – dėl cinko ir sieros įtakos.

Iki žydėjimo pabaigos rapsai sunaudoja 50–70 % azoto, sėklų formavimosi metu – apie 70 % viso fosforo ir kalio kiekio (Tretyakov, 1998). Taigi, žinant maisto medžiagų kiekį augalo antžeminėje dalyje žydėjimo tarpsnio metu, galima spręsti apie būsimo derliaus dydį ir kokybę (Holmes, 1980).

Lietuvoje atlikta mažai tyrimų, kaip nevienodas dirvožemio turtingumas maisto medžiagų turi įtaką skirtingo tankumo vasarinių rapsų cheminei sudėčiai vegetacijos metu. Tyrimų tikslas – nustatyti pasėlio tankumo ir tręšimo įtaką vasarinių rapsų 'Sponsor' cheminei sudėčiai žydėjimo tarpsnyje ir derliui.

TYRIMŲ METODAI IR SĄLYGOS

Tyrimai atlikti 2009–2010 m. Aleksandro Stulginskio universiteto Bandymų stotyje, karbonatingame giliau glėžiškame išplautžemyje (IDg4-k), *Calc(ar)i-Epihypogleyic Luvisol (LVg-n-w-cc)*, vidutinio sunkumo priemolyje ant smėlingo lengvo priemolio. Humusingojo horizonto storis – 25 cm. Dirvos pH – 6,97, humuso – 2,51 %. Judriųjų maisto medžiagų dirvožemyje: P₂O₅ – 242 mg kg⁻¹, K₂O – 124 mg kg⁻¹.

Bandymo variantai: A veiksnys – tręšimas: 1) netręšta, 2) tręšta prieš rapsų sėją N₆₄P₆₄K₉₄ ir butonizacijos tarpsnyje N₇₀. B veiksnys – pasėlio tankumas: 1) 2 kg ha⁻¹ (50,1–100 augalų m⁻²), 2) 4 kg ha⁻¹ (100,1–150 augalų m⁻²), 3) 6 kg ha⁻¹ (150,1–200 augalų m⁻²), 4) 8 kg ha⁻¹ (200,1–250 augalų m⁻²), 5) 10 kg ha⁻¹ (250,1–300 augalų m⁻²), 6) 12 kg ha⁻¹ (300,1–350 augalų m⁻²), 7) 14 kg ha⁻¹ (350,1–400 augalų m⁻²), 8) 16 kg ha⁻¹ (400,1–450 augalų m⁻²).

Skirtingo tankumo vasarinių rapsų pasėliai suformuoti tikslaus išsėjimo sėjama, atsižvelgiant į rapsų 'Sponsor' sėklų daigumą ir 1 000 sėklų masę. Tręštame fone augalai tręšti prieš rapsų sėją 64 kg ha⁻¹ N, 64 kg ha⁻¹ P₂O₅ ir 94 kg ha⁻¹ K₂O (azofoska 400 kg ha⁻¹ bei kalio chloridu 50 kg ha⁻¹) ir rapsų butonizacijos tarpsnyje 70 kg ha⁻¹ N (amonio salietra 200 kg ha⁻¹). Tyrimai atlikti keturiais pakartojimais. Apskaitinio laukelio plotas – 27,0 m². Priešėlis – juodasis pūdymas.

Dirvos agrocheminės savybės nustatytos prieš bandymų įrengimą. Tyrimams atlikti kiekviename pakartojime Nekrasovo grąžtu paimti jungtiniai dirvos ėminiai iš 0–25 cm dirvos sluoksnio. Analizės atliktos infraraudonųjų spindulių spektrometru PSCO / ISI IBM – PC 4 250 pagal duomenų bankų kalibruotes (Rimkevičienė, 2000). Ėminiai duomenų

bankų sudarymui išanalizuoti referentiniais – cheminiais metodais (dirvožemio pH – potenciometriškai 1 n KCl ištraukoje, judrusis fosforas P_2O_5 ir judrusis kalis K_2O ($mg\ kg^{-1}$ dirvožemio) – Egnerio–Rimo–Domingo (A–L) metodu, organinė anglis – Tiurino metodu).

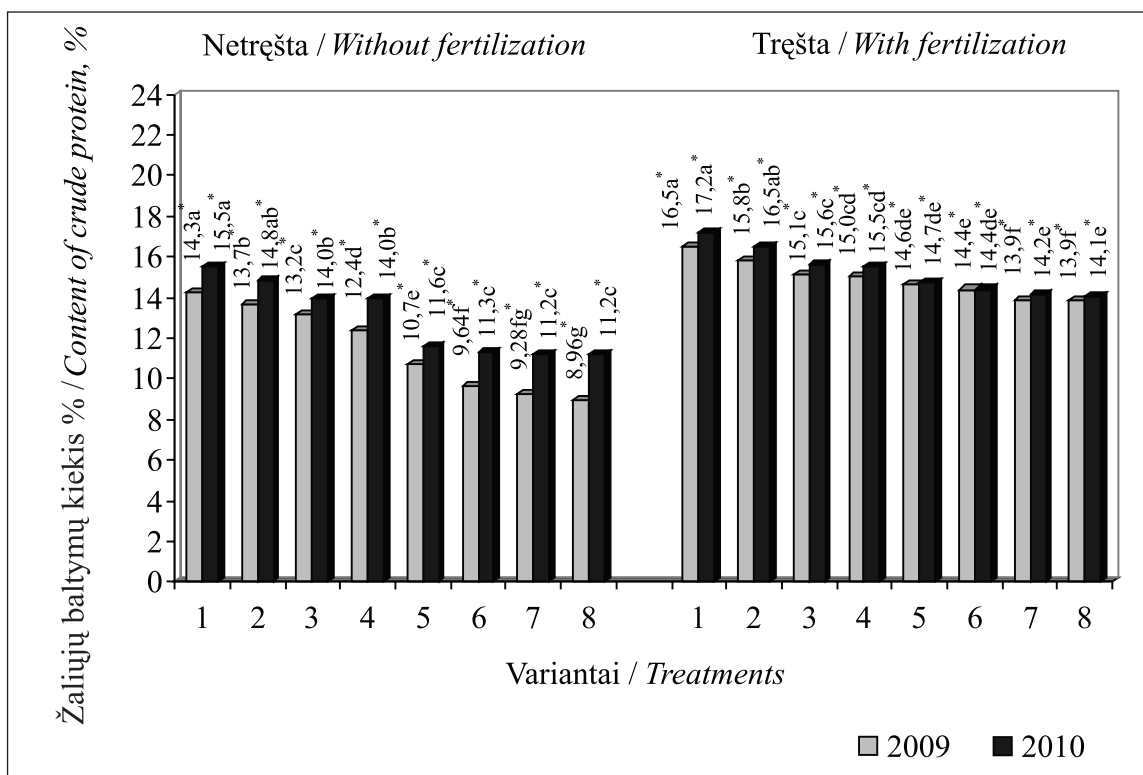
Augalų cheminei sudėčiai nustatyti vasarinių rapsų žydėjimo tarpsnyje iš kiekvieno bandymo laukelio paimta po 10 augalų. Augalai pasverti ir džiovinti 24 val. džiovintose spintoje 60 °C temperatūroje. Žaliųjų baltymų, fosforo (P_2O_5), kalio (K_2O) ir sieros kiekiai augaluose nustatyti infraraudonųjų spindulių spektrometru PSCO / ISI IBM – PC 4 250 pagal duomenų bankų kalibruotes (Rimkevičienė, 2000). Rapsų sėklų derlius įvertintas 8,5 % drėgnio ir 100 % švarumo sėklų kiekiu ($t\ ha^{-1}$).

Tyrimų duomenys statistiškai įvertinti kiekybinių požymių dviejų veiksnių dispersinės analizės, koreliacijos ir regresijos metodais. Tyrimų duomenų statistinė analizė atlikta naudojantis kompiuterinėmis programomis: ANOVA, STATENG (Tarakanovas, Raudonius, 2003).

2009 m. netręštame fone vasarinių rapsų vegetacijos metu (nuo rapsų sudygimo iki derliaus nuėmimo) aktyviųjų temperatūrų ($\geq 10\ ^\circ C$) suma sudarė 1 545,6 °C, iškrito 236,2 mm kritulių, hidroterminis koeficientas – 1,53, o tręštame fone aktyviųjų temperatūrų ($\geq 10\ ^\circ C$) suma sudarė 1 630,5 °C, iškrito 240,9 mm kritulių, hidroterminis koeficientas – 1,48. 2010 m. netręštame fone vasarinių rapsų vegetacijos metu aktyviųjų temperatūrų ($\geq 10\ ^\circ C$) suma sudarė 1 762,7 °C, iškrito 352,1 mm kritulių, hidroterminis koeficientas – 2,0, o tręštame fone aktyviųjų temperatūrų ($\geq 10\ ^\circ C$) suma sudarė 1 655,9 °C, iškrito 330,4 mm kritulių, hidroterminis koeficientas – 2,0.

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Nustatyta, kad žydėjimo tarpsnyje tankėjant vasarinių rapsų pasėliui žaliųjų baltymų kiekis augalų antžeminėje dalyje, palyginti su rečiausiu pasėliu, esmingai mažėjo tiek netręšiant, tiek tręšiant (2009 m. – nuo 4,2 iki 37,3 ir nuo 4,2 iki 15,8 %, 2010 m. – nuo 4,5 iki 27,7 ir nuo 4,1 iki 18,0 %) (1 pav.).



1 pav. Pasėlio tankumo ir tręšimo įtaka žaliųjų baltymų kiekiui vasarinių rapsų antžeminėje dalyje žydėjimo tarpsnyje 2009–2010 m.

Fig. 1. The influence of crop density and fertilization on crude protein content in the above-ground dry biomass of spring rape at the flowering stage, 2009–2010

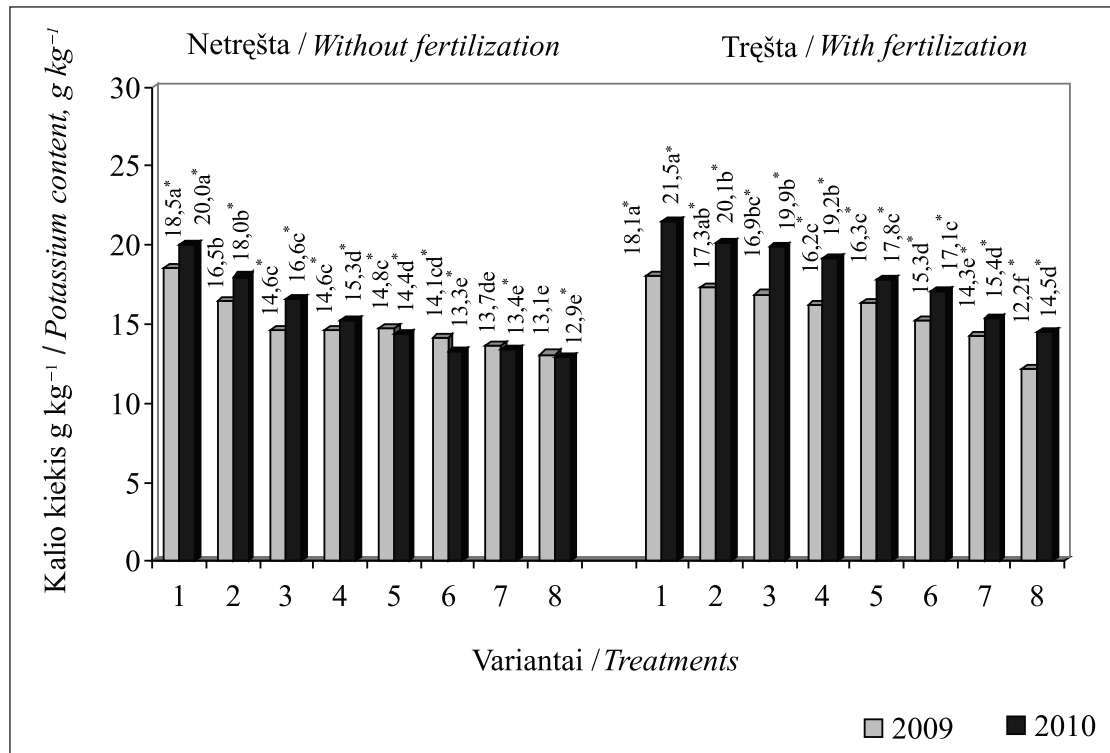
Pastaba: B veiksnys – pasėlio tankumas: 1) $2\ kg\ ha^{-1}$ ($50,1–100$ augalų m^{-2}), 2) $4\ kg\ ha^{-1}$ ($100,1–150$ augalų m^{-2}), 3) $6\ kg\ ha^{-1}$ ($150,1–200$ augalų m^{-2}), 4) $8\ kg\ ha^{-1}$ ($200,1–250$ augalų m^{-2}), 5) $10\ kg\ ha^{-1}$ ($250,1–300$ augalų m^{-2}), 6) $12\ kg\ ha^{-1}$ ($300,1–350$ augalų m^{-2}), 7) $14\ kg\ ha^{-1}$ ($350,1–400$ augalų m^{-2}), 8) $16\ kg\ ha^{-1}$ ($400,1–450$ augalų m^{-2}). Tarp B veiksnio vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c, d, e, f, g), ir tarp A veiksnio vidurkių, pažymėtų žvaigždute, skirtumai yra esminiai 95 % tikimybės lygio.

Note: factor B – crop density: 1) $2\ kg\ ha^{-1}$ ($50.1–100$ plants m^{-2}), 2) $4\ kg\ ha^{-1}$ ($100.1–150$ plants m^{-2}), 3) $6\ kg\ ha^{-1}$ ($150.1–200$ plants m^{-2}), 4) $8\ kg\ ha^{-1}$ ($200.1–250$ plants m^{-2}), 5) $10\ kg\ ha^{-1}$ ($250.1–300$ plants m^{-2}), 6) $12\ kg\ ha^{-1}$ ($300.1–350$ plants m^{-2}), 7) $14\ kg\ ha^{-1}$ ($350.1–400$ plants m^{-2}), 8) $16\ kg\ ha^{-1}$ ($400.1–450$ plants m^{-2}). Mean values not sharing a common letter (a, b, c, d, e, f, g) and asterisks are significantly different ($P < 0.05$).

Nustatyti atvirkštiniai, labai stiprūs ir statistiškai patikimi koreliaciniai priklausomumai tarp rapsų pasėlio tankumo ir žaliųjų baltymų kiekio augaluose (2009 m. – $r = -0,99$, $y = 16,01 - 0,03x$, $P < 0,01$ ir $r = -0,98$, $y = 16,76 - 0,01x$, $P < 0,01$, 2010 m. – $r = -0,96$, $y = 16,43 - 0,02x$, $P < 0,01$ ir $r = -0,91$, $y = 17,16 - 0,01x$, $P < 0,01$). Van Deynze et al. (1992) ir H. Ozer (2003) nustatė, kad tankėjant rapsų pasėliui žaliųjų baltymų kiekis augaluose nekinta. Shrief et al. (1990) teigia, kad žaliųjų baltymų kiekis augaluose didėja, tankėjant rapsų pasėliui.

Tręštame fone, palyginti su visai netręštais rapsais, esmingai didėjo žaliųjų baltymų kiekis augalų antžeminėje dalyje, atitinkamai nuo 14,4 iki 55,1 % (2009 m.) ir nuo 10,7 iki 27,4 % (2010 m.). Daugelis autorių nurodo, kad tręšiant mineralinėmis trąšomis didėja žaliųjų baltymų kiekis rapsuose (Šidlauskas, Tarakanovas, 2004; Borovko, 2005; Ahmad et al., 2007; El-Nakhlawy, Bakhshwain, 2009; Öztürk, 2010).

2009 m. tankesniame vasarinių rapsų pasėlyje fosforo kiekis augalų antžeminėje dalyje, palyginti su rečiausiu pasėliu, esmingai mažėjo tiek netręštame, tiek tręštame fone, atitinkamai nuo 6,5 iki 47,0 ir nuo 8,7 iki 20,0 % (2 pav.). 2010 m. netręštame fone tankesniame rapsų pasėlyje fosforo kiekis augalų antžeminėje dalyje, palyginti su rečiausiu pasėliu, esmingai mažėjo nuo 11,1 iki 42,1 %. Tręštame fone esmingai mažesnis fosforo kiekis rapsų antžeminėje dalyje, palyginti su rečiausiu pasėliu, nustatytas tankesniuose negu 200,1 vnt. m^{-2} pasėliuose, atitinkamai nuo 10,9 iki 19,7 %. Tiek netręštame, tiek tręštame fone nustatyti atvirkštiniai, stiprūs ir labai stiprūs bei statistiškai patikimi koreliaciniai priklausomumai tarp rapsų pasėlio tankumo ir fosforo kiekio augaluose (2009 m. – $r = -0,98$, $y = 4,16 - 0,01x$, $P < 0,01$ ir $r = -0,80$, $y = 4,38 - 0,003x$, $P < 0,05$, 2010 m. – $r = -0,96$, $y = 3,92 - 0,006x$, $P < 0,01$ ir $r = -0,95$, $y = 4,56 - 0,004x$, $P < 0,01$). R. Veličkos ir kt. (2007) atliktų tyrimų duomenimis, tankesniame rapsų pasėlyje fosforo kiekis augaluose taip pat mažėjo.



2 pav. Pasėlio tankumo ir tręšimo įtaka fosforo kiekiui vasarinių rapsų antžeminėje dalyje žydėjimo tarpsnyje 2009–2010 m.

Fig. 2. The influence of crop density and fertilization on phosphorus content in the above-ground dry biomass of spring rape at the flowering stage, 2009–2010

Pastaba: B veiksnys – pasėlio tankumas: 1) 2 kg ha^{-1} ($50,1-100$ augalų m^{-2}), 2) 4 kg ha^{-1} ($100,1-150$ augalų m^{-2}), 3) 6 kg ha^{-1} ($150,1-200$ augalų m^{-2}), 4) 8 kg ha^{-1} ($200,1-250$ augalų m^{-2}), 5) 10 kg ha^{-1} ($250,1-300$ augalų m^{-2}), 6) 12 kg ha^{-1} ($300,1-350$ augalų m^{-2}), 7) 14 kg ha^{-1} ($350,1-400$ augalų m^{-2}), 8) 16 kg ha^{-1} ($400,1-450$ augalų m^{-2}). Tarp B veiksnio vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c, d, e, f, g), ir tarp A veiksnio vidurkių, pažymėtų žvaigždute, skirtumai yra esminiai 95 % tikimybės lygio.

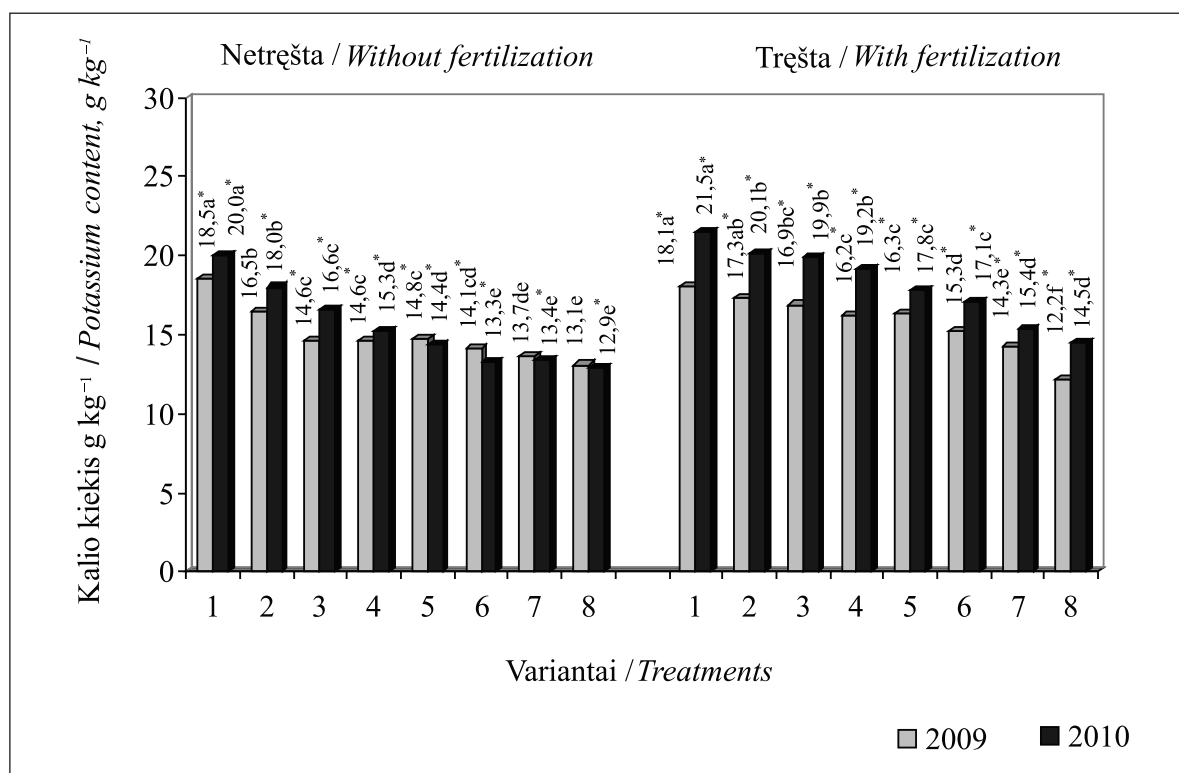
Note: factor B – crop density: 1) 2 kg ha^{-1} ($50.1-100 \text{ plants m}^{-2}$), 2) 4 kg ha^{-1} ($100.1-150 \text{ plants m}^{-2}$), 3) 6 kg ha^{-1} ($150.1-200 \text{ plants m}^{-2}$), 4) 8 kg ha^{-1} ($200.1-250 \text{ plants m}^{-2}$), 5) 10 kg ha^{-1} ($250.1-300 \text{ plants m}^{-2}$), 6) 12 kg ha^{-1} ($300.1-350 \text{ plants m}^{-2}$), 7) 14 kg ha^{-1} ($350.1-400 \text{ plants m}^{-2}$), 8) 16 kg ha^{-1} ($400.1-450 \text{ plants m}^{-2}$). Mean values not sharing a common letter (a, b, c, d, e, f, g) and asterisks are significantly different ($P < 0.05$).

Tręšiant mineralinėmis trąšomis, palyginti su visai netręštais rapsais, esmingai didėjo fosforo kiekis augalų antžeminėje dalyje (2009 m. – nuo 19,5 iki 86,7 %, 2010 m. – nuo 19,3 iki 65,3 %).

Tankesniame vasarinių rapsų pasėlyje kalio kiekis augalų antžeminėje dalyje, palyginti su rečiausiu pasėliu, esmingai mažėjo tiek netręštame, tiek tręštame fone (2009 m. – nuo 10,8 iki 29,2 ir nuo 4,4 iki 32,6 %, 2010 m. – nuo 10,0 iki 35,5 ir nuo 6,5 iki 32,6 %) (3 pav.). Tiek netręštame, tiek tręštame fone nustatyti atvirkštiniai, stiprūs ir labai stiprūs bei statistiškai patikimi koreliaciniai priklausomumai tarp rapsų pasėlio tankumo ir kalio kiekio augaluose (2009 m. – $r = -0,89$, $y = 18,30 - 0,02x$, $P < 0,01$ ir $r = -0,92$, $y = 19,45 - 0,02x$, $P < 0,01$, 2010 m. – $r = -0,97$, $y = 20,40 - 0,03x$, $P < 0,01$ ir $r = -0,98$, $y = 22,54 - 0,03x$, $P < 0,01$). R. Veličkos ir kt. (2007) tyrimais taip pat buvo nustatytas atvirkštinis ir statistiškai patikimas koreliacinis priklausomumas tarp rapsų pasėlio tankumo ir kalio kiekio augaluose.

2009 m. tręšiant mineralinėmis trąšomis, palyginti su visai netręštais rapsais, esmingai didėjo kalio kiekis augalų antžeminėje dalyje (nuo 8,5 iki 15,8 %) 150,1–350 vnt. m^{-2} tankumo pasėlyje. 2010 m. tręštame fone, palyginti su visai netręštais rapsais, esmingai didėjo kalio kiekis augalų antžeminėje dalyje, atitinkamai nuo 11,7 iki 28,6 %.

2009 m. netręštame fone tankėjant rapsų pasėliui sieros kiekis augalų antžeminėje dalyje mažėjo, tačiau esminis sieros kiekio sumažėjimas, palyginti su rečiausiu pasėliu, nustatytas tik tankiausiam pasėlyje, atitinkamai 5,4 % (4 pav.). Tręštame fone esmingai mažesnis sieros kiekis vasarinių rapsų antžeminėje dalyje, palyginti su rečiausiu pasėliu, nustatytas 300,1–450 vnt. m^{-2} tankumo pasėliuose, atitinkamai nuo 5,5 iki 7,1 %. 2010 m. tankesniame vasarinių rapsų pasėlyje sieros kiekis augalų antžeminėje dalyje, palyginti su rečiausiu pasėliu, esmingai mažėjo tiek netręšiant, tiek tręšiant, atitinkamai nuo 1,04 iki 17,7 ir nuo 4,6 iki 18,0 %. Panašūs dėsniniai buvo nustatyti ir ankstesniais tyrimais (Velička ir kt., 2007). Tiek netręštame, tiek

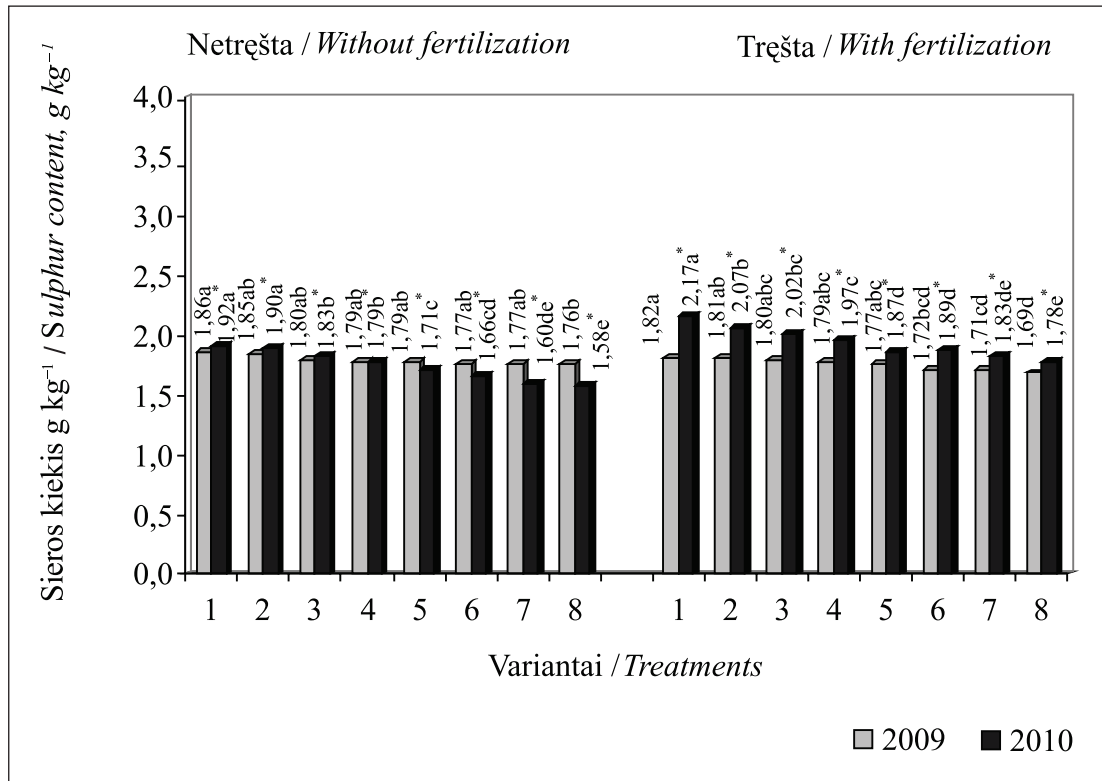


3 pav. Pasėlio tankumo ir tręšimo įtaka kalio kiekiui vasarinių rapsų antžeminėje dalyje žydėjimo tarpsnyje 2009–2010 m.

Fig. 3. The influence of crop density and fertilization on potassium content in the above-ground dry biomass of spring rape at the flowering stage, 2009–2010

Pastaba: B veiksnys – pasėlio tankumas: 1) 2 $kg\ ha^{-1}$ (50,1–100 augalų m^{-2}), 2) 4 $kg\ ha^{-1}$ (100,1–150 augalų m^{-2}), 3) 6 $kg\ ha^{-1}$ (150,1–200 augalų m^{-2}), 4) 8 $kg\ ha^{-1}$ (200,1–250 augalų m^{-2}), 5) 10 $kg\ ha^{-1}$ (250,1–300 augalų m^{-2}), 6) 12 $kg\ ha^{-1}$ (300,1–350 augalų m^{-2}), 7) 14 $kg\ ha^{-1}$ (350,1–400 augalų m^{-2}), 8) 16 $kg\ ha^{-1}$ (400,1–450 augalų m^{-2}). Tarp B veiksnio vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c, d, e, f), ir tarp A veiksnio vidurkių, pažymėtų žvaigždute, skirtumai yra esminiai 95 % tikimybės lygio.

Note: factor B – crop density: 1) 2 $kg\ ha^{-1}$ (50.1–100 plants m^{-2}), 2) 4 $kg\ ha^{-1}$ (100.1–150 plants m^{-2}), 3) 6 $kg\ ha^{-1}$ (150.1–200 plants m^{-2}), 4) 8 $kg\ ha^{-1}$ (200.1–250 plants m^{-2}), 5) 10 $kg\ ha^{-1}$ (250.1–300 plants m^{-2}), 6) 12 $kg\ ha^{-1}$ (300.1–350 plants m^{-2}), 7) 14 $kg\ ha^{-1}$ (350.1–400 plants m^{-2}), 8) 16 $kg\ ha^{-1}$ (400.1–450 plants m^{-2}). Mean values not sharing a common letter (a, b, c, d, e, f) and asterisks are significantly different ($P < 0.05$).



4 pav. Pasėlio tankumo ir tręšimo įtaka sieros kiekiui vasarinių rapsų antžeminėje dalyje žydėjimo tarpsnyje 2009–2010 m.

Fig. 4. The influence of crop density and fertilization on sulphur content in the above-ground dry biomass of spring rape at the flowering stage, 2009–2010

Pastaba: B veiksnys – pasėlio tankumas: 1) 2 kg ha⁻¹ (50,1–100 augalų m⁻²), 2) 4 kg ha⁻¹ (100,1–150 augalų m⁻²), 3) 6 kg ha⁻¹ (150,1–200 augalų m⁻²), 4) 8 kg ha⁻¹ (200,1–250 augalų m⁻²), 5) 10 kg ha⁻¹ (250,1–300 augalų m⁻²), 6) 12 kg ha⁻¹ (300,1–350 augalų m⁻²), 7) 14 kg ha⁻¹ (350,1–400 augalų m⁻²), 8) 16 kg ha⁻¹ (400,1–450 augalų m⁻²). Tarp B veiksnio vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c, d, e), ir tarp A veiksnio vidurkių, pažymėtų žvaigždute, skirtumai yra esminiai 95 % tikimybės lygio.

Note: factor B – crop density: 1) 2 kg ha⁻¹ (50.1–100 plants m⁻²), 2) 4 kg ha⁻¹ (100.1–150 plants m⁻²), 3) 6 kg ha⁻¹ (150.1–200 plants m⁻²), 4) 8 kg ha⁻¹ (200.1–250 plants m⁻²), 5) 10 kg ha⁻¹ (250.1–300 plants m⁻²), 6) 12 kg ha⁻¹ (300.1–350 plants m⁻²), 7) 14 kg ha⁻¹ (350.1–400 plants m⁻²), 8) 16 kg ha⁻¹ (400.1–450 plants m⁻²). Means not sharing a common letter (a, b, c, d, e) and asterisks are significantly different (P < 0.05).

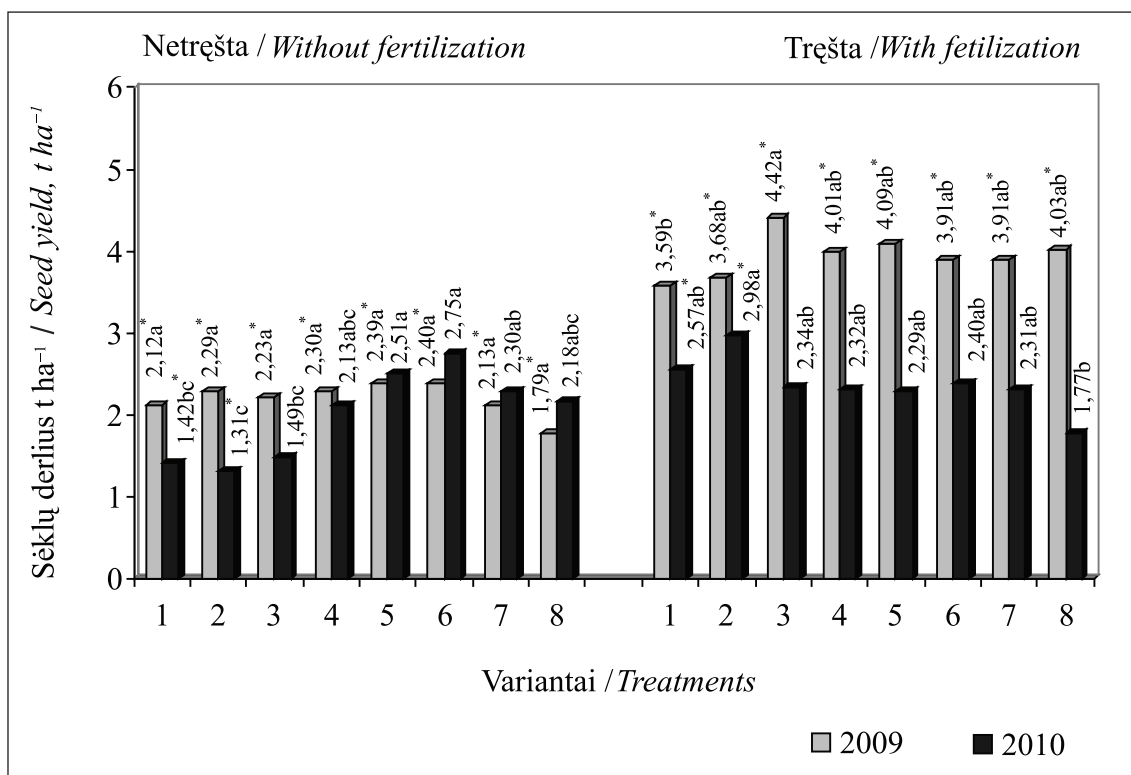
tręštame fone nustatyti atvirkštiniai, labai stiprūs bei statistiškai patikimi koreliaciniai priklausomumai tarp rapsų pasėlio tankumo ir sieros kiekio augaluose (2009 m. – $r = -0,94$, $y = 1,87 - 0,001x$, $P < 0,01$ ir $r = -0,96$, $y = 1,87 - 0,001x$, $P < 0,01$, 2010 m. – $r = -0,99$, $y = 2,01 - 0,002x$, $P < 0,01$ ir $r = -0,95$, $y = 2,18 - 0,02x$, $P < 0,01$).

2009 m. tręšimas, palyginti su visai netręštais rapsais, neturėjo esminės įtakos sieros kiekiui augalų antžeminėje dalyje, o 2010 m. sieros kiekis esmingai didėjo, atitinkamai nuo 8,9 iki 14,4 %. G. Šiaudinio (2010) duomenimis, vasarinių rapsų tręšimas mineralinėmis trąšomis turėjo tendenciją didinti sieros kiekį augalų antžeminėje dalyje vegetacijos metu.

2009 m. netręštame fone tankesniame vasarinių rapsų pasėlyje (iki 350 vnt. m⁻²) rapsų sėklų derlius didėjo, nors esminių skirtumų ir nenustatyta (5 pav.). 2010 m. šiame fone esmingai didžiausias (nuo 76,8 iki 93,7 %) rapsų sėklų derlius, palyginti su rečiausiu pasėliu, nustatytas 250,1–350 vnt. m⁻² tankumo pasėliuose. Dar labiau tankėjant rapsų pasėliui

pastebima sėklų derliaus mažėjimo tendencija. Panašius dėsningumus savo tyrimuose nustatė ir H. Ozer (2003). Netręštame fone tarp vasarinių rapsų pasėlio tankumo ir sėklų derliaus nustatyti paraboliniai, statistiškai patikimi priklausomumai (2009 m. – $r = 0,80$, $y = 1,67 + 0,01x + 0,001x^2$, $P < 0,05$, 2010 m. – $r = 0,89$, $y = 0,37 + 0,02x + 0,001x^2$, $P < 0,05$). Tręštame fone 2009 m. esmingai didžiausias rapsų sėklų derlius, palyginti su rečiausiu pasėliu, nustatytas 150,1–200 vnt. m⁻², o 2010 m. – 100,1–150 vnt. m⁻² tankumo pasėlyje, atitinkamai 23,1 ir 16,0 %. Dar labiau tankėjant rapsų pasėliui sėklų derlius mažėjo.

2009 m. tręštame fone, palyginti su visai netręštais rapsais, esmingai (nuo 1,6 iki 2,3 karto) didėjo rapsų sėklų derlius. 2010 m. tręšiant mineralinėmis trąšomis, palyginti su visai netręštais rapsais, esmingai (nuo 81,0 iki 127,5 %) didėjo sėklų derlius tik 50,1–150 vnt. m⁻² tankumo rapsų pasėliuose. Daugelis autorių nurodo, kad rapsų sėklų derlius didėja, didinant azoto trąšų normą (Šidlauskas, Bernotas, 2003; Narits, 2010; Öztürk, 2010).



5 pav. Pasėlio tankumo ir tręšimo įtaka vasarinių rapsų sėklų derliui 2009–2010 m.

Fig. 5. The influence of crop density and fertilization on spring rape seed yield, 2009–2010

Pastaba: B veiksnys – pasėlio tankumas: 1) 2 kg ha⁻¹ (50,1–100 augalų m⁻²), 2) 4 kg ha⁻¹ (100,1–150 augalų m⁻²), 3) 6 kg ha⁻¹ (150,1–200 augalų m⁻²), 4) 8 kg ha⁻¹ (200,1–250 augalų m⁻²), 5) 10 kg ha⁻¹ (250,1–300 augalų m⁻²), 6) 12 kg ha⁻¹ (300,1–350 augalų m⁻²), 7) 14 kg ha⁻¹ (350,1–400 augalų m⁻²), 8) 16 kg ha⁻¹ (400,1–450 augalų m⁻²). Tarp B veiksnio vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c), ir tarp A veiksnio vidurkių, pažymėtų žvaigždute, skirtumai yra esminiai 95 % tikimybės lygio.

Note: factor B – crop density: 1) 2 kg ha⁻¹ (50.1–100 plants m⁻²), 2) 4 kg ha⁻¹ (100.1–150 plants m⁻²), 3) 6 kg ha⁻¹ (150.1–200 plants m⁻²), 4) 8 kg ha⁻¹ (200.1–250 plants m⁻²), 5) 10 kg ha⁻¹ (250.1–300 plants m⁻²), 6) 12 kg ha⁻¹ (300.1–350 plants m⁻²), 7) 14 kg ha⁻¹ (350.1–400 plants m⁻²), 8) 16 kg ha⁻¹ (400.1–450 plants m⁻²). Mean values not sharing a common letter (a, b, c) and asterisks are significantly different (P < 0.05).

IŠVADOS

1. Skirtingo tankumo vasariniai rapsai žydėjimo tarpsnyje tręštame fone sukaupė daugiau žaliųjų baltymų negu netręštame. Tankėjant pasėliui esmingai mažėjo žaliųjų baltymų ($r = -0,91 - -0,99$): netręštuose augaluose – esant didesniam negu 300 vnt. m⁻² tankumui, tręštuose – tankesniuose negu 150 vnt. m⁻² rapsuose.

2. Tręšiant mineralinėmis trąšomis, palyginti su visai netręštais rapsais, esmingai didėjo fosforo ir kalio kiekis augalų antžeminėje dalyje. Netręštame ir tręštame fonuose nustatyti atvirkštiniai stiprūs priklausomumai tarp rapsų tankumo ir fosforo bei kalio kiekio augaluose ($r = -0,80 - -0,98$).

3. Abiejuose dirvožemio fonuose, esant didesniam negu 100 vnt. m⁻² tankumui, fosforo ir kalio kiekis rapsuose esmingai sumažėjo. Tačiau tankesniuose (200–250 vnt. m⁻² ir daugiau) netręštuose rapsuose šių elementų sumažėjo neesmingai.

4. 2009 m. vasarinių rapsų tręšimas, palyginti su netręštais rapsais, neturėjo esminės įtakos sieros kiekiui augalų antžeminėje dalyje, o 2010 m. – esmingai didino. Tačiau augalų tankumui netręštuose rapsuose pasiekus 150 vnt. m⁻², o tręštuose – 100 vnt. m⁻², sieros kiekis pradėjo esmingai mažėti ($r = -0,94 - -0,99$).

5. Maisto medžiagų kiekis vasarinių rapsų antžeminėje dalyje žydėjimo tarpsnyje parodė tendenciją, kad tręštuose rapsuose didesnis sėklų derlius tikėtinas retesniame (100–150 vnt. m⁻²) pasėlyje, o netręštuose arba mažiau derlingame dirvožemyje augančiuose rapsuose – tankesniame (200–300 vnt. m⁻²) pasėlyje.

PADĖKA

Tyrimus rėmė Lietuvos valstybinis mokslo ir studijų fondas.

Literatūra

1. Ahmad G., Jan A., Arif M. et al. 2007. Influence of nitrogen and sulfur fertilization on quality of canola (*Brassica napus* L.) under rainfed conditions. *Journal of Zhejiang University – Science B*. Vol. 8. N 10. P. 731–737.
2. Blake-Kaff M. M. A., Harison K. R., Hawkesford M. J. et al. 1998. Distribution of sulphur within oilseed rape leaves in response to sulphur deficiency during vegetative growth. *Plant Physiology*. Vol. 118. P. 1337–1344.
3. Borovko L. 2005. The influence of different nitrogen and potassium fertilizers rates on seed yield and quality of spring oilseed rape. *Latvian Journal of Agronomy*. N 8. P. 19–22.
4. El-Nakhlawy F. S., Bakhashwain A. A. 2009. Performance of Canola (*Brassica napus* L.) seed yield, yield components and seed quality under the effects of four genotypes and nitrogen fertilizers rates. *Environment & Arid Land Agricultural Science*. Vol. 20. N 2. P. 33–47.
5. Grzebisz W., Lukowiak R., Biber M. et al. 2010. Effect of multi-micronutrients fertilizers applied to foliage on nutritional status of winter oilseed rape and development of yield forming elements. *Journal of Elementology*. N 15(3). P. 477–491.
6. Holmes M. R. J. 1980. *Nutrition of the Oilseed Rape Crop*. London: Applied Science Publisher Ltd. 158 p.
7. Komarnisky L. A., Christopherson R. J., Basu T. K. 2003. Sulfur: its clinical and toxicological aspects. *Nutrition*. Vol. 19. N 1. P. 54–61.
8. Kregždys Ž. 2007. Maisto medžiagų poveikis vasarinių rapsų fiziologiniams procesams bei derliaus formavimuisi rūgščiame ir kalkintame dirvožemiuose. Iš: *Rekomendacijos žemdirbystei*. Akademija: Lietuvos žemdirbystės institutas. P. 22–23.
9. Lääniste P., Jõudu J., Eremeev V. 2004. Oil content of spring oilseed rape seeds according to fertilization. *Agronomy Research*. N 2(1). P. 83–86.
10. Lazauskas S., Šiaudinis G. 2006. Vasarinių rapsų, auginamų našiuose dirvožemiuose, tręšimas. Iš: *Rekomendacijos žemdirbystei*. Akademija: Lietuvos žemdirbystės institutas. P. 12–13.
11. Merrien A. 1991. *Irrigation du colza d'hiver*. Paris: Dossier technique CETIOM. 17 p.
12. Narits L. 2010. Effect of nitrogen rate and application time to yield and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L. var. *oleifera* subvar. *biennis*). *Agronomy Research*. N 8. P. 671–686.
13. Ozer H. 2003. The effect of plant population densities on growth, yield and yield components of two spring rapeseed cultivars. *Plant, Soil and Environment*. N 9. P. 422–426.
14. Öztürk Ö. 2010. Effects of source and rate of nitrogen fertilizer on yield, yield components and quality of winter rapeseed. *Chilean Journal of Agricultural Research*. Vol. 70(1). P. 132–141.
15. Pouzet A. 1995. Agronomy: Brassica oilseeds. In: *Production and Utilization*. CAB International. P. 33–110.
16. Rimkevičienė M. 2000. *Infraraudonųjų spindulių kompiuterizuotos sistemos panaudojimas augalinės produkcijos kokybės įvertinimui*: metodinė priemonė agronomijos specialybės studentams. Akademija: Lietuvos žemės ūkio universitetas. 22 p.
17. Rimkevičienė R., Ūksienė L., Velička R. ir kt. 2007. Sieros kaupimosi vasariniuose rapsuose ypatumai. *Vagos: mokslo darbai*. Nr. 74(27). P. 14–19.
18. Shpaar D., Makovski N., Zakharenko V. i dr. 1999. *Raps*. Minsk. 208 p.
19. Shrief S. A., Shabana R., Ibrahim A. F. et al. 1990. Variation in seed yield and quality characters of four spring oil rapeseed cultivars as influenced by population arrangements and densities. *Journal of Agronomy and Crop Science*. Vol. 165. P. 103–109.
20. Sychaj-Fabisiak E., Murawska B., Pacholczyk L. 2011. Values of quality traits of oilseed rape seeds depending on the fertilization and plant density. *Journal of Elementology*. N 16(1). P. 115–124.
21. Šiaudinis G. 2010. The effect of nitrogen and sulphur fertilization on the elemental composition and seed quality of spring oilseed rape. *Zemdirbyste-Agriculture*. Vol. 97. N 4. P. 47–56.
22. Šidlauskas G., Bernotas S. 2003. Some factors affecting the seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agronomy Research*. N 1. P. 229–243.
23. Šidlauskas G. 2000. Vasarinių rapsų pasėlio tankumo įtaka azoto, fosforo ir kalio kiekiui augaluose, sėklų derliui bei žaliųjų baltymų ir riebalų išeigai. *Žemdirbystė*. T. 70. P. 176–185.
24. Šidlauskas G., Tarakanovas P. 2004. Effects of factors affecting nitrogen concentration in spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Plant, Soil and Environment*. Vol. 5. P. 227–234.
25. Šidlauskas G. 2000. Vasarinių rapsų sėklų derliaus bei baltymų ir riebalų išeigos priklausomumas nuo azoto, fosforo ir kalio kiekio augaluose skirtingais vystymosi tarpsniais. *Žemdirbystė*. T. 72. P. 118–135.
26. Šidlauskas G. 2002. *Žieminių ir vasarinių rapsų (Brassica napus L.) vystymosi ir derliaus formavimosi ryšiai su aplinkos veiksniais*: habilitacinis darbas. Akademija, Kėdainių r.: Lietuvos žemdirbystės institutas. 150 p.
27. Tarakanovas P., Raudonius S. 2003. *Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT*. Akademija: Lietuvos žemės ūkio universitetas. 57 p.
28. Tretyakov N. N. 1998. *Fiziologija i biokhimiya sel'skokhozyaystvennykh rasteniy*. Moskva. P. 283–284.
29. Ūksienė L., Kučinskas J. 2007. Sėklų apvėlimo kompleksinėmis trąšomis ir sieros normų įtaka vasarinių rapsų sėklų derliui bei kokybei. *Vagos: mokslo darbai*. Nr. 74(27). P. 20–26.
30. Van Deynze A. E., McVetty P. B. E., Scarth R. et al. 1992. Effect of varying seeding rates on hybrid and conventional summer rape performance in Manitoba. *Canadian Journal of Plant Science*. Vol. 72. P. 635–941.
31. Velička R. 2002. *Rapsai*: monografija. Kaunas: Lututė. 320 p.
32. Velička R. 2002. Sėkloms auginamų rapsų agrotechnikos moksliniai pagrindai. *Žemės ūkio mokslai*. Nr. 1. P. 27–40.
33. Velička R., Marcinkevičienė A., Rimkevičienė M. ir kt. 2007. Skirtingo tankumo vasarinių rapsų biopotencialo vertinimas. *Žemės ūkio mokslai*. T. 14. Nr. 2. P. 31–39.

Rimantas Velička, Aušra Marcinkevičienė, Robertas Kosteckas

INFLUENCE OF CROP DENSITY AND FERTILIZATION ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF SPRING OILSEED RAPE AT THE FLOWERING STAGE AND ON YIELD

Summary

Field experiments were conducted in 2009 and 2010 at the Experimental Station of the Aleksandras Stulginskis University on a *Calc(ar)i-Epithypogleyic Luvisol*. The objective of the current study was to determine the influence of crop density and fertilization on the chemical composition of the spring oilseed rape (*Brassica napus* L.) 'Sponsor' at the flowering stage and on yield. Treatments of the investigations: factor A – fertilization: 1) without fertilization, 2) fertilization before rape sowing 64 kg ha⁻¹ N, 64 kg ha⁻¹ P₂O₅, 94 kg ha⁻¹ K₂O and at the budding stage 70 kg ha⁻¹ N. Factor B – crop density: 1) 2 kg ha⁻¹ (50.1–100 plants m⁻²), 2) 4 kg ha⁻¹ (100.1–150 plants m⁻²), 3) 6 kg ha⁻¹ (150.1–200 plants m⁻²), 4) 8 kg ha⁻¹ (200.1–250 plants m⁻²), 5) 10 kg ha⁻¹ (250.1–300 plants m⁻²), 6) 12 kg ha⁻¹ (300.1–350 plants m⁻²), 7) 14 kg ha⁻¹ (350.1–400 plants m⁻²), 8) 16 kg ha⁻¹ (400.1–450 plants m⁻²).

At the flowering stage, in spring rape with and without fertilization, with increasing crop density the content of crude protein ($r = -0.91--0.99$), phosphorus ($r = -0.80--0.98$), potassium ($r = -0.89--0.98$) and sulphur ($r = -0.94--0.99$) significantly decreased. The fertilization of rape crop significantly increased the content of crude protein, phosphorus, potassium and sulphur in 2010. The level of nutrients in the above-ground dry biomass of spring rape at the flowering stage showed a tendency that in fertilized rape the higher seed yield was likely in a thinner (100–150 plants m⁻²) crop, while in non-fertilized rape or in rape growing on less fertile soil higher yields may be expected in a thicker (200–300 plants m⁻²) crop.

Key words: spring oilseed rape, fertilization, crop density, chemical composition, seed yield