

Azoto trąšų poveikis skirtingų žieminių kviečių veislių fotosintetiniams rodikliams

Aistė Juchnevičienė¹,

Ilona Vagusevičienė¹,

Aušra Kaminskaitė¹,

Aušra Brazaitytė²,

Pavelas Duchovskis^{1,2}

¹ Aleksandro Stulginskio universitetas,
Studentų g. 11,
LT-53361 Akademija, Kauno r.
El. paštas: aiste.zuzaviciute@inbox.lt

² Lietuvos agrarinių ir miškų
mokslų centras,
Instituto al. 1, LT-58344 Kėdainių r.

Darbe tirtas azoto trąšų poveikis skirtingų žieminių kviečių veislių fotosintetinių rodiklių dinamikai. Lauko eksperimentas vykdytas 2012–2013 m. Aleksandro Stulginskio universiteto Bandymų stotyje, karbonatingame sekliai glėjiškame išplautžemyje *Calc(ar)-Epihypogleyic Luvisol*. Tyrimo objektas – gerų kepimo savybių žieminių kviečių veislės ‘Kovas’, ‘Olivin’. Sėjos metu kviečiai buvo tręšti vienanarėmis fosforo, kalio trąšomis ($P_{60}K_{60}$), o pavasarį, atsinaujinus vegetacijai, – amonio salietra (N_{60}). Papildomai per lapus tręšti karbamido tirpalu (N_{30} , N_{40}) bamblėjimo ir (N_{15} , N_{30}) pieninės brandos tarpsniais. Tyrimų metu nustatyta, kad papildomas tręšimas N_{30} ir N_{40} azoto normomis vėlyvaisiais augalo vystymosi tarpsniais skatino fotosintezės pigmentų kaupimąsi ir prailgino aktyvios fotosintezės periodą. Veislės genetiniai ypatumai turėjo įtakos pigmentų kaupimuisi nepriklausomai nuo tręšimo azoto trąšomis. Gerų kepimo savybių kviečių veislė ‘Kovas’ linkusi kaupti didesnius fotosintezės pigmentų kiekius. Didžiausias pigmentų kiekis nustatytas pieninės brandos pradžioje prieš papildomą tręšimą N_{15} , N_{30} trąšų normomis. ‘Olivin’ veislės žieminiai kviečiai turi didesnę grynąją fotosintezės produktyvumo potencialą nei ‘Kovas’ veislės kviečiai. Intensyviausiai ‘Olivin’ veislės augalų fotosintezė vyko nuo vamzdelėjimo iki pieninės brandos tarpsnio (BBCH 43–74), tręšiant $N_{60} + N_{40}$, o ‘Kovas’ veislės kviečių – $N_{60} + N_{30}$ azoto normomis.

Raktažodžiai: azoto trąšos, fotosintezės pigmentai, grynasis fotosintezės produktyvumas, žieminių kviečių veislės

ĮVADAS

Fotosintezės pigmentų (chlorofilų *a*, *b*, karotenoidų) sudėtis atspindi bendrą augalo būklę, jo potencialą vykdyti fotosintezę, leidžia įvertinti ir prognozuoti agrotechnologijų efektyvumą (Bojovic, Stojanovic, 2005). Tik optimalus pigmentų kiekis ir santykis užtikrina efektyvų fotosintezės aparato darbą (Scebba et al., 2003; Sakalauskienė ir kt., 2008; 2009). Reikėtų atkreipti dėmesį į tai, kad pigmentų kiekis augaluose priklauso nuo genetinių veiksnių, augimo ir vystymosi procesų vyksmo, aplinkos sąlygų (Bojovic, Stojanovic, 2005), pasėlio tankumo (Samborski et al., 2009). Šiltėjant klimatui keičiasi temperatūros ir drėgmės režimai, kurie taip pat smarkiai veikia fotosintezės procesą ir augalų chlorofilo kie-

kį (Guo et al., 2006; Kim et al., 2007; Guo et al., 2008). Dėl klimato kaitos patiriamus derliaus nuostolius galime sumažinti, tinkamai parinkdami augalus ar jų veisles, taikydami atitinkamas auginimo technologijas (Brazaitytė ir kt., 2008; Duchovskis ir kt., 2015).

Chlorofilai ypač jautriai reaguoja į azoto kiekio dirvoje pasikeitimus (Kopsell et al., 2004). Tręšimas azoto trąšomis skatina fotosintetinio aparato veiklą, palaiko tinkamą chlorofilų *a* ir *b* santykį, skatina augimą bei lėtina vystymąsi (Kopsell et al., 2004; Tranavičienė et al., 2007; Šlapakauskas, Duchovskis, 2008). Atlikta nemažai tyrimų, kuriuose chlorofilų kiekiai taikomi kaip rodikliai tręšimo technologijoms optimizuoti (Bojovic, Stojanovic, 2005; Cartelat et al., 2005; Spaner et al., 2005; Kichey et al., 2006; Fritchi, Ray, 2007; Houles et al.,

2007). Nuo plaukėjimo tarpsnio pabaigos, prasi-dėjus senėjimo procesams, chlorofilų sistema nėra tinkamas azoto mitybos indikatorius (Li et al., 2006; Wingler et al., 2006).

Augalo poreikis azotui ir maksimalus derlius yra genetiškai užprogramuoti (Balogh et al., 2007). Javų produktyvumas ir derliaus formavimas yra agroklimatinių veiksnių, technologinių priemonių ir genotipo nulemtų morfologinių ir fiziologinių ypatumų (fotosintezės ir kvėpavimo intensyvumas, asimiliuojančio lapų ploto dydis, maisto medžiagų įsisavinimo efektyvumas, asimiliatų pasiskirstymas augale), lemiančių augalo fotosintezės potencialą, tarpusavio sąveikos išdava (Diekmann, Fishbeck, 2005; Šlapakauskas, Duchovskis, 2008). Priklausomai nuo aplinkos sąlygų tinkamai parinkta tręšimo schema atideda pigmentų degradaciją, prailgina aktyvų fotosintezės periodą, užtikrina efektyvesnę asimiliatų transportavimą į sėklas, nuo to priklauso derlius (Tranavičienė, 2009).

Darbo tikslas – ištirti azoto trąšų poveikį skirtingų žieminių kviečių veislių fotosintetinių rodiklių dinamikai.

TYRIMŲ METODAI IR SĄLYGOS

Tyrimai atlikti 2012–2013 m. Aleksandro Stulginskio universiteto Bandymų stotyje. Tirtos geras kepamąsias savybes turinčios žieminių kviečių veislės: 'Kovas' (Lietuva) ir 'Olivin' (Jungtinės Amerikos Valstijos). Dirvožemis – karbonatin-gas sekliai glėjiškas išplautžemis (IDg8-k), pagal FAO klasifikaciją *Calc(ar)i-Epihypogleyic Luvisol (LVg-p-w-cc)* (Lietuvos dirvožemiai, 2001). Dirvos ariamasis sluoksnis silpnai šarminis (pH_{KCl} 7,2), vidutinio humusingumo (2,48 %), didelio fosforingumo (271,0 mg kg⁻¹ P₂O₅) ir kalingas (184,0 mg kg⁻¹ K₂O). Lauko eksperimentas įrengtas keturiais pakartojimais. Bendras laukelio plotas – 40 m², apskaitomojo – 20 m². Laukeliai išdėstyti atsitiktine tvarka.

Žieminių kviečių priešėlis – žieminiai rapsai. Pagrindiniai darbai įrengiant eksperimentą: rudeninis arimas, kultivavimas, akėjimas, sėja ir trąšų įterpimas. Sėklos norma – 4,5 mln. ha⁻¹ daigų sėklų. Vienanarės fosforo ir kalio (P₆₀K₆₀) trąšos išbertos sėjos metu, o amonio salietra (N₆₀) – anksti pavasarį, atsinaujinus žieminių kviečių vegetacijai (BBCH 23–25). Papildomai per lapus tręšta karbamido tirpalu: N₃₀ ir N₄₀ – bamblėjimo (BBCH 34–

36) ir N₁₅, N₃₀ – pieninės brandos (BBCH 71–74) tarpsniais.

Eksperimento schema:

1. Kontrolė (Fonas) – (P₆₀K₆₀) – sėjos metu + N₆₀ – krūmijimosi tarpsniu.

2. Fonas + N₆₀ – krūmijimosi tarpsniu + N₃₀ – bamblėjimo tarpsniu + N₁₅ – pieninės brandos tarpsniu.

3. Fonas + N₆₀ – krūmijimosi tarpsniu + N₃₀ – bamblėjimo tarpsniu + N₃₀ – pieninės brandos tarpsniu.

4. Fonas + N₆₀ – krūmijimosi tarpsniu + N₄₀ – bamblėjimo tarpsniu + N₁₅ – pieninės brandos tarpsniu.

5. Fonas + N₆₀ – krūmijimosi tarpsniu + N₄₀ – bamblėjimo tarpsniu + N₃₀ – pieninės brandos tarpsniu.

Taikyta intensyvi augalų apsaugos nuo kenkėjų ir ligų sistema. Daigų tarpsnio pabaigoje – krūmijimosi pradžioje (BBCH 19–20) javai nupurkšti herbicidu Arrat 0,2 kg ha⁻¹. Bamblėjimo pabaigoje (BBCH 37) naudotas fungicidas Allegro Super 0,75 l ha⁻¹ + augimo reguliatorius Medax Top 0,75 l ha⁻¹, žydėjimo viduryje (BBCH 65) – fungicidas Prosoar® 250 EC 1,0 l ha⁻¹.

Dirvožemio agrocheminės analizės atliktos šiais metodais: pH_{KCl} – potenciometriniai, 1 N KCl ištraukoje; organinė anglis (C), % – Tiurino metodu; humusas, % – apskaičiuotas anglies kiekį padauginus iš koeficiento 1,724; judrieji fosforas (P₂O₅) ir kalis (K₂O), mg kg⁻¹ – Egnerio-Rimo-Domingo (A-L) metodu.

Kviečių vystymosi tarpsniai pateikti pagal BBCH skalę (Meier, 1997).

Fotosintezės pigmentų (chlorofilų *a*, *b* ir karotenoidų) kiekis žalioje lapų masėje nustatytas 100 % acetono ekstrakto spektrofotometriniai D. Vetšteinio (Wettstein) metodu, spektrofotometru „Genesys 6“ („ThermoSpectronic“, JAV) (Gavrilenko, Zhygalova, 2003).

Asimiliacinis lapų plotas matuotas lapų ploto matuokliu WinDias (Delta-T Devices, Jungtinė Karalystė). Sausų medžiagų kiekis įvertintas išdžiovinus žaliąją masę +105 °C temperatūroje iki pastovios masės.

Grynasis fotosintezės produktyvumas (F_{pr}) apskaičiuotas pagal formulę:

$$F_{pr} = 2 (M_2 - M_1) / (L_1 + L_2) T;$$

$(M_2 - M_1)$ – sausų medžiagų padidėjimas per tam tikrą laiką, L_1 ir L_2 – lapų plotas laikotarpio pradžioje ir pabaigoje, T – laiko trukmė paromis (Bluzmanas ir kt., 1991).

Tyrimai atlikti skirtingais kviečių augimo tarpsniais, prieš ir po kiekvieno tręšimo azoto trąšomis.

Meteorologinės sąlygos apibūdintos remiantis Kauno meteorologinės stoties Noreikiškėse registruotais duomenimis. 2012 m. kviečiai buvo pasėti rugsėjo 17 dieną. Vidutinė rugsėjo mėnesio oro temperatūra buvo artima daugiametei – 12,2 °C. Mėnesio kritulių kiekis 13,2 mm viršijo daugiametį rugsėjo mėn. vidurkį (1 pav.)

Žiemkenčiai gerai ir tolygiai sudygo, išsiskniijo ir jų vegetacija tęsėsi iki lapkričio vidurio. Nors žiema nebuvo šilta, pasėlis peržiemojo gerai. Augalų vegetacija atsinaujino balandžio viduryje. Vidutinė balandžio mėn. oro temperatūra siekė 5,5 °C (1,2 °C žemesnė už daugiametę), kritulių iškrito 56,5 mm. Gegužės mėn. buvo šiltas ir drėgnas (HTK – 1,28). Vidutinė oro temperatūra siekė 16,1 °C (3,5 °C aukštesnė už daugiametę). Birželio mėn. vidutinė oro temperatūra buvo 18,5 °C (artima daugiametei). Aukščiausia oro temperatūra – 23,9 °C. Kritulių per mėnesį iškrito 45,9 mm (HTK – 0,83). Liepos mėn. orai buvo permainingi. Pirmąjį liepos dešimtadienį kritulių iškrito tik 1,5 mm, o vidutinė oro temperatūra siekė 19,1 °C. Antrąjį dešimtadienį smarkiai lijo (79,8 mm), vi-

dutinė oro temperatūra – 17,6 °C. Trečiąjį dešimtadienį kritulių iškrito 37,2 mm, vidutinė oro temperatūra pakilo iki 19,1 °C.

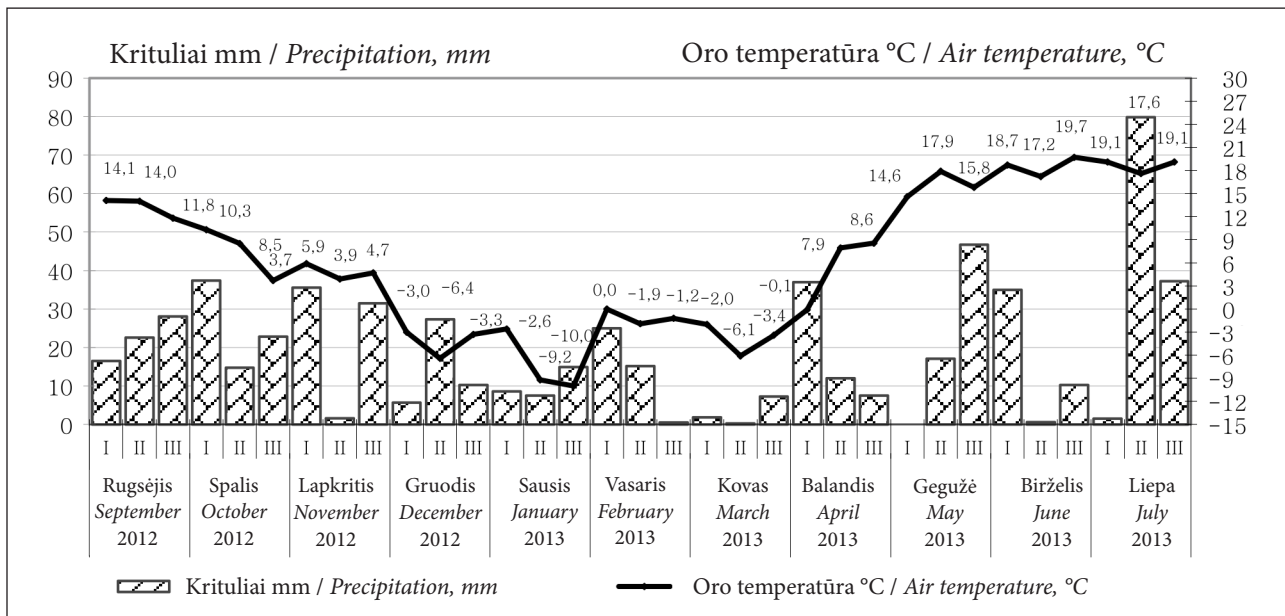
Tyrimų duomenys įvertinti koreliacinės analizės metodais naudojant STAT_ENG iš programinio paketo *Selekcija* (Tarakanovas, Raudonius, 2003). Paveiksluose pavaizduoti vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai apskaičiuoti biometrinėms analizėms rekomenduojamais metodais (Sokal, Rohlf, 2000).

TYRIMŲ REZULTATAI

Fotosintezė yra vienas pagrindinių fiziologinių procesų, lemiančių augalų produktyvumą. Efektyvią fotosintezės veiklą užtikrina tinkamas chlorofilų kiekis ir santykis (Scceba et al., 2003; Sakalauskiene ir kt., 2008; 2009). Siekiant nustatyti azoto trąšų normų poveikį skirtingų veislių žieminiams kviečiams, buvo įvertinti svarbiausi fotosintezės funkcionavimą ir produktyvumą lemiantys rodikliai – fotosintezės pigmentai (chlorofilas *a* ir *b*, karotenoidai) bei jų pokyčiai vegetacijos metu.

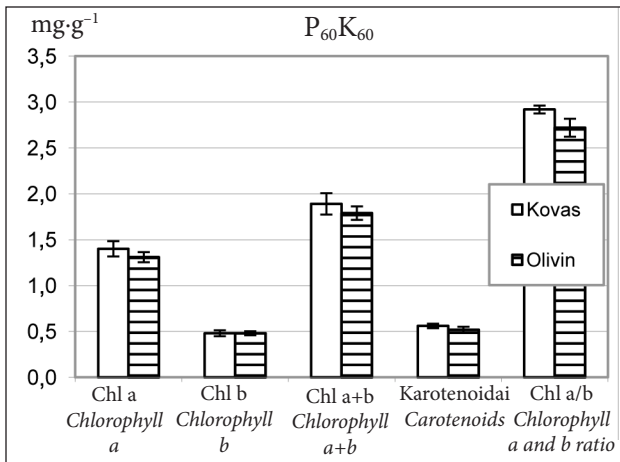
Išanalizavus duomenis pastebėta, kad žieminių kviečių veislė 'Kovas' linkusi kaupti daugiau fotosintezės pigmentų, palyginti su 'Olivin' veisle (2 pav.).

Atsinaujinus vegetacijai augalų lapuose pradėjo didėti fotosintezės pigmentų (chlorofilo *a*, *b* ir karotenoidų) kiekiai. Krūmijimosi tarpsniu



1 pav. Meteorologinės sąlygos žieminių kviečių vegetacijos metu, 2012–2013 m. (Kauno meteorologinė stotis)

Fig. 1. Meteorological conditions during the winter wheat growing period, 2012–2013 (Kaunas Meteorological Station)



2 pav. Fotosintezės pigmentų kiekis žieminių kviečių lapuose prieš pagrindinį tręšimą (BBCH 23–25)

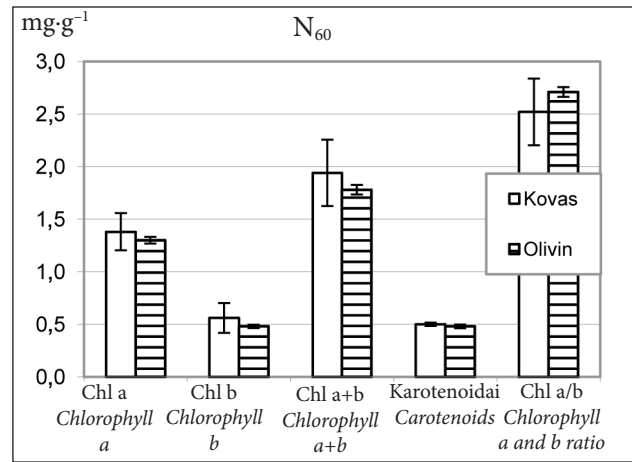
Fig. 2. The content of photosynthetic pigments in the winter wheat leaves before the main fertilization (BBCH 23–25)

(BBCH 23) prieš pagrindinį tręšimą N_{60} azoto norma didžiausias chlorofilo *a* kiekis buvo nustatytas kviečių veislės 'Kovas' ($1,40 \text{ mg g}^{-1}$) lapuose ir kiek mažesnis – 'Olivin' ($1,31 \text{ mg g}^{-1}$) lapuose. Chlorofilo *b* ir karotenoidų kiekių pokyčiai abiejų veislių lapuose – nežymūs. Chlorofilų *a/b* santykis prieš panaudojant N_{60} trąšų normą 'Kovas' ($2,92$) veislės kviečiuose buvo žymiai didesnis, palyginti su 'Olivin' ($2,72$) veisle. Mažesnis kaip 3 chlorofilų *a/b* santykis rodo, kad žiemojimo nepalankūs veiksniai veikia kaip stresoriai. Atsižvelgiant į gautus rezultatus dar galima teigti, kad šiemis fotosintezės pigmentų svyravimams turėjo įtakos veislės genetinės savybės.

Pavasari atlikus pagrindinį tręšimą pastebėta ta pati tendencija kaip ir prieš tręšimą – veislė 'Kovas' (chlorofilas *a* – $1,38 \text{ mg g}^{-1}$, chlorofilas *b* – $0,56 \text{ mg g}^{-1}$) linkusi kaupti daugiau fotosintezės pigmentų nei veislė 'Olivin' (chlorofilas *a* – $1,30 \text{ mg g}^{-1}$, chlorofilas *b* – $0,48 \text{ mg g}^{-1}$) (3 pav.). Palyginus chlorofilo *a*, *b* ir karotenoidų kiekius prieš ir po tręšimo N_{60} azoto norma matome, kad jie kito nežymiai. Tačiau chlorofilų *a/b* santykis, kuris geriausiai atspindi augalo būklę, tiek 'Kovas', tiek 'Olivin' kviečių veislių lapuose po tręšimo buvo sumažėjęs.

Bamblėjimo tarpsniu (BBCH 34) prieš papildomą tręšimą žieminiai kviečiai jau buvo pradėję intensyviai kaupti fotosintezės pigmentus (4 pav.).

Lemiamos įtakos fotosintezės pigmentų kaupimui augaluose turėjo kviečių genotipas. Veislė 'Kovas' (chlorofilas *a* – $1,58 \text{ mg g}^{-1}$, karotenoidai – $0,71 \text{ mg g}^{-1}$) sukauptė žymiai didesnę chlorofi-

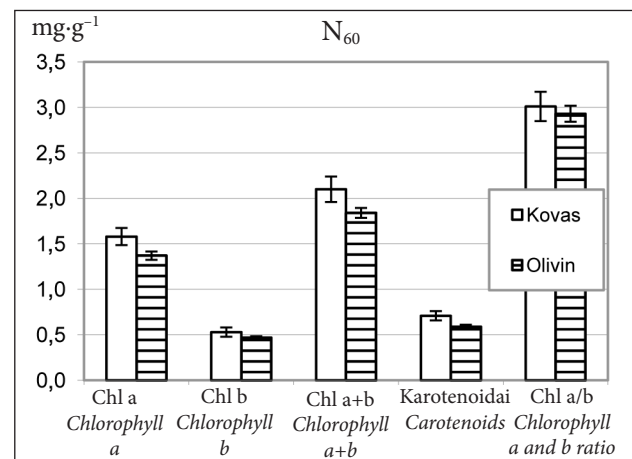


3 pav. Fotosintezės pigmentų kiekis žieminių kviečių lapuose po pagrindinio tręšimo (BBCH 25–28)

Fig. 3. The content of photosynthetic pigments in the winter wheat leaves after the main fertilization (BBCH 25–28)

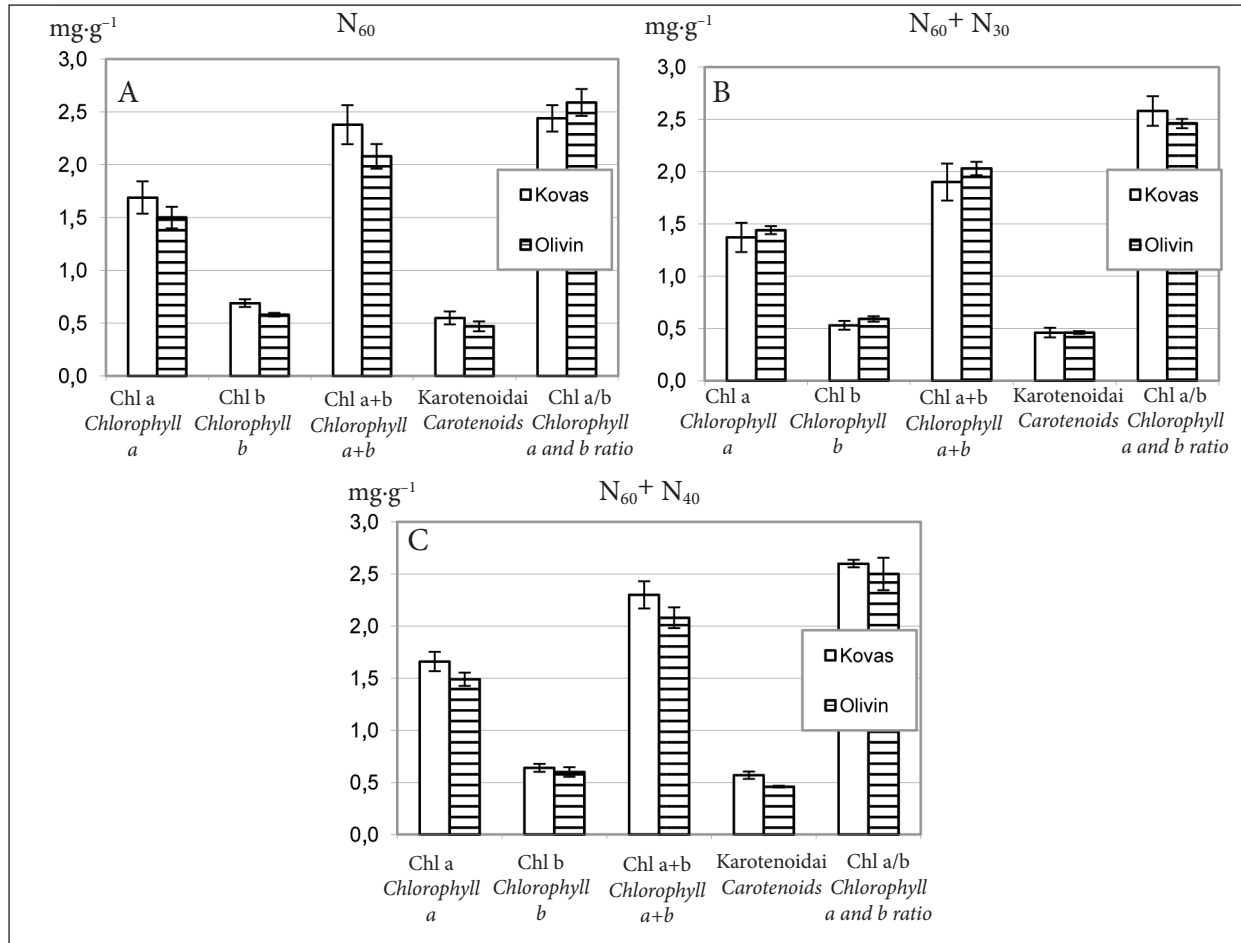
lo *a* ir karotenoidų kiekį nei veislė 'Olivin' (chlorofilas *a* – $1,37 \text{ mg g}^{-1}$, karotenoidai – $0,59 \text{ mg g}^{-1}$). Chlorofilo *b* didžiausias kiekis nustatytas 'Kovas' ($0,53 \text{ mg g}^{-1}$) veislės augaluose ir kiek mažesnis – 'Olivin' ($0,47 \text{ mg g}^{-1}$).

Bamblėjimo tarpsniu (BBCH 36) netręšti ir papildomai tręšti N_{40} azoto norma 'Kovas' veislės kviečiai kaupė daugiau fotosintezės pigmentų, palyginti su kita kviečių veisle. Tačiau papildomam tręšimui panaudojus N_{30} trąšų normą, 'Kovas' veislės augaluose pigmentų susikauptė mažiau nei 'Olivin' augaluose (5 pav.).



4 pav. Fotosintezės pigmentų kiekis žieminių kviečių lapuose prieš papildomą tręšimą (BBCH 34–36) karbamido tirpalais N_{30} ir N_{40}

Fig. 4. The content of photosynthetic pigments in the winter wheat leaves before additional fertilization (BBCH 34–36) with urea solutions N_{30} and N_{40}



5 pav. Fotosintezės pigmentų kiekis žieminių kviečių lapuose po papildomo tręšimo (BBCH 38–41) karbamido tirpalais N_{30} ir N_{40}

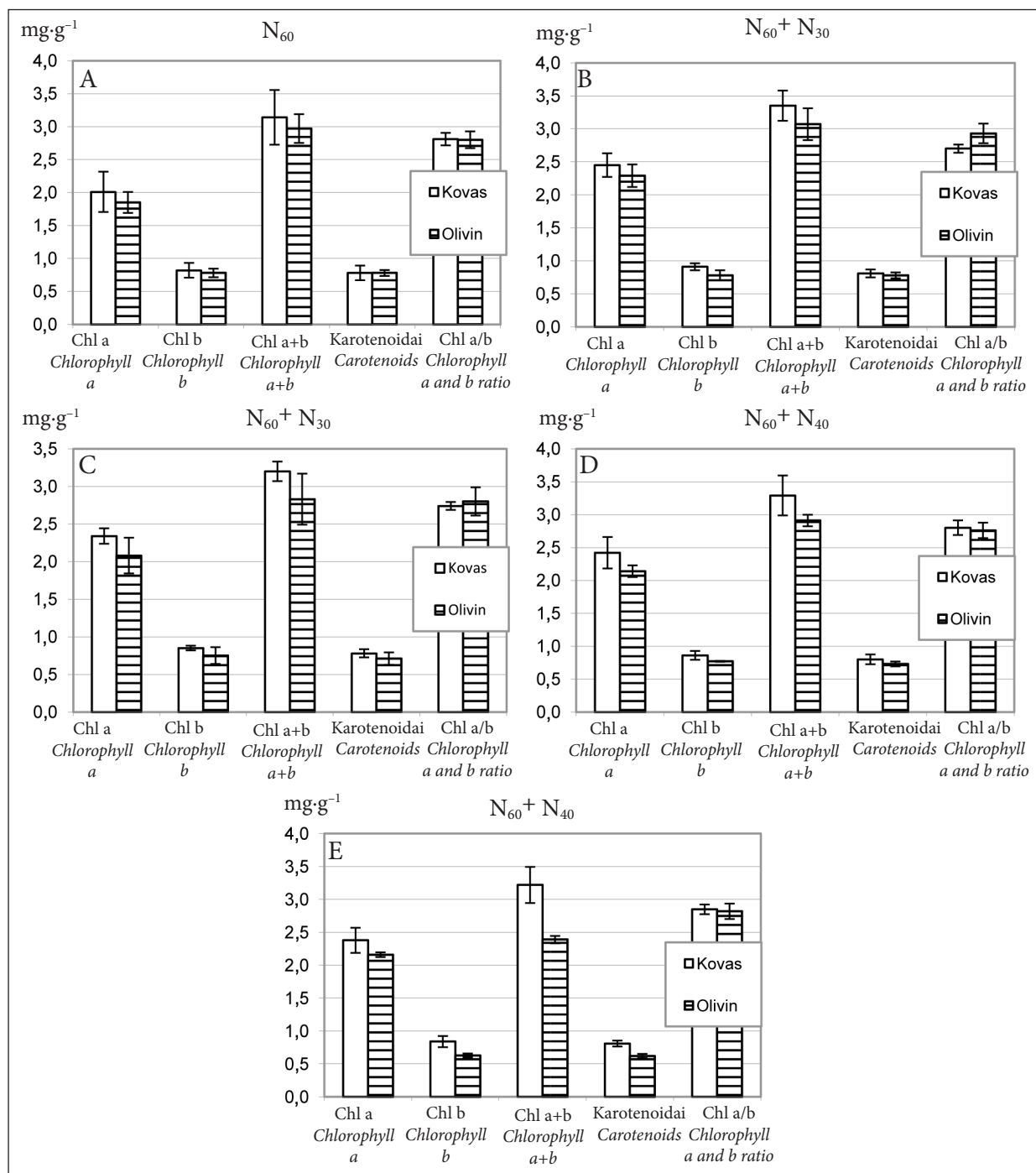
Fig. 5. The content of photosynthetic pigments in the winter wheat leaves after additional fertilization (BBCH 38–41) with urea solutions N_{30} and N_{40}

Kontroliniuose ir N_{40} trąšų norma tręštuose laukuose augę 'Kovas' veislės kviečiai chlorofilo *a* sukaupe 1,66–1,69 mg g^{-1} , chlorofilo *b* – 0,64–0,69 mg g^{-1} , o 'Olivin' kviečiai chlorofilo *a* – 1,49–1,50 mg g^{-1} , chlorofilo *b* – 0,58–0,60 mg g^{-1} (5 pav. A, C). Didelis karotenoidų kiekis nustatytas taip pat veislės 'Kovas' (0,57 mg g^{-1}) augaluose, papildomam tręšimui panaudojus N_{40} trąšų normą, palyginti su 'Olivin' (0,46 mg g^{-1}) veisle (5 pav. C). Bamlėjimo tarpsniu (BBCH 36) po papildomo tręšimo atlikta koreliacinė duomenų analizė parodė, kad tarp trąšų normų ir fotosintezės pigmentų yra silpna, neigiama priklausomybė ('Kovas' – $r = -0,42$, $P > 0,05$; 'Olivin' – $r = -0,28$, $P > 0,05$). Papildomas tręšimas N_{30} ir N_{40} azoto normomis bamlėjimo tarpsniu (BBCH 36) lemiamos įtakos fotosintezės pigmentų kiekiui lapuose neturėjo. Vadinasi, azoto mityba ir fotosin-

tezės intensyvumas buvo pakankami, kadangi šiuo tarpsniu reikia daug fotosintezės proceso metu kuriamos energijos (5 pav. B, C).

Pieninės brandos tarpsniu (BBCH 71) prieš papildomą tręšimą N_{15} ir N_{30} azoto norma fotosintezės pigmentų daugiau sukaupe kviečių veislė 'Kovas' (6 pav.). Šiuo tarpsniu fotosintezės sistema dar intensyviai funkcionavo. Chlorofilo *a/b* santykis priklausomai nuo trąšų normos kito nuo 2,70 iki 2,85 'Kovas' ir nuo 2,76 iki 2,93 'Olivin' kviečių veislių lapuose.

Chlorofilo *a*, *b* ir karotenoidų kiekių, chlorofilo *a/b* santykio skirtumai kviečių veislių 'Kovas' ir 'Olivin' augaluose naudojant skirtingas azoto normas buvo nedideli, išskyrus tą laukelį, kur kviečiai bamlėjimo tarpsniu (BBCH 36) papildomai tręšti N_{40} azoto norma (6 pav. E). Šiame laukelyje 'Kovas' (chlorofilas *b* – 0,84 mg g^{-1} , karotenoidai – 0,81 mg g^{-1})



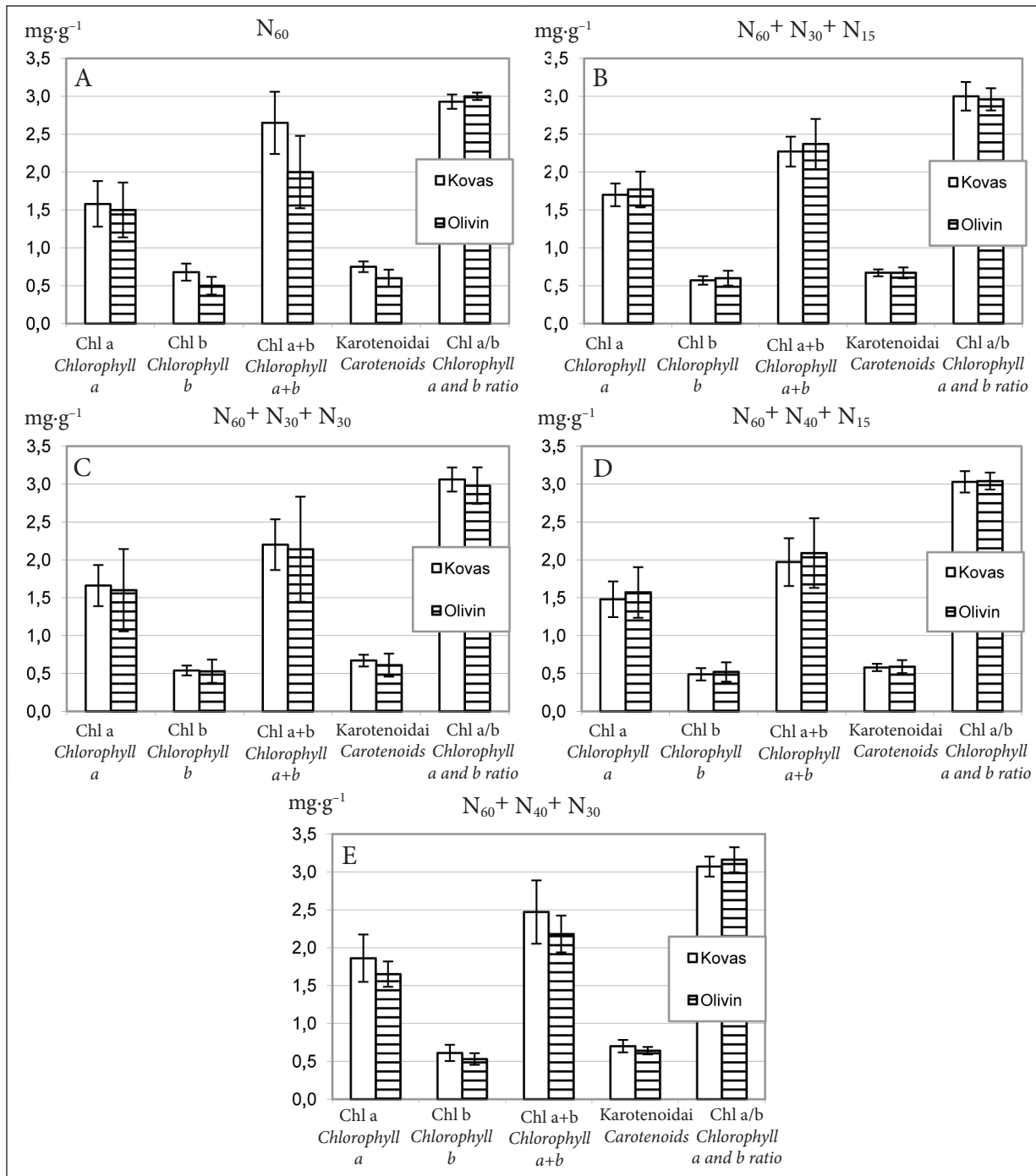
6 pav. Fotosintezės pigmentų kiekis žieminių kviečių lapuose prieš papildomą tręšimą (BBCH 71–74) karbami-do tirpalais N_{15} ir N_{30}

Fig. 6. The content of photosynthetic pigments in the winter wheat leaves before additional fertilization (BBCH 71–74) with urea solutions N_{15} and N_{30}

veislės kviečiai sukaupė didesnę chlorofilo *b* ir karotenoidų kiekį nei 'Olivin' veislė (chlorofilas *b* – 0,63 mg g⁻¹, karotenoidai – 0,62 mg g⁻¹). Pieninės brandos tarpsniu (BBCH 71) prieš papildomą tręšimą tarp trąšų normų ir 'Kovas' veislės augaluose sukaupto pigmentų kiekio nustatyta stipri, tiesinė teigiama priklausomybė ($r = 0,62$,

$P > 0,05$), o tarp trąšų normų ir 'Olivin' augaluose sukaupto pigmentų kiekio – silpna, neigiama priklausomybė ($r = -0,45$, $P > 0,05$).

Pieninės brandos tarpsniu (BBCH 74) po papildomo tręšimo N_{15} , N_{30} azoto norma fotosintezės pigmentų kiekis buvo pradėjęs mažėti, o fotosintezės sistema pradėjusi silpniau funkcionuoti (7 pav.).



7 pav. Fotosintezės pigmentų kiekis žieminių kviečių lapuose po papildomo tręšimo (BBCH 75–76) karbamido tirpalais N₁₅ ir N₃₀

Fig. 7. The content of photosynthetic pigments in the winter wheat leaves after additional fertilization (BBCH 75–76) with urea solutions N₁₅ and N₃₀

Chlorofilų *a/b* santykis priklausomai nuo trąšų normos kito nuo 2,93 iki 3,07 'Kovas' ir nuo 2,96 iki 3,16 'Olivin' veislių lapuose. Chlorofilo *a*, *b*, karotenoidų kiekių, chlorofilų *a/b* santykio skirtumai abiejų veislių augaluose naudojant skirtingas trąšų normas buvo nedideli. Pieninės brandos tarpsniu

po papildomo tręšimo tarp trąšų normų ir fotosintezės pigmentų kiekio nustatyti koreliaciniai ryšiai. 'Kovas' veislės augaluose tarp trąšų normų ir sukaupto pigmentų kiekio nustatytas stiprus neigiamas ryšys ('Kovas' – $r = -0,58$, $P > 0,05$), o 'Olivin' augaluose – silpnas, teigiamas ($r = 0,45$, $P > 0,05$).

Nustatyti fotosintezės pigmentų kiekiai nėra vienareikšmiškai tinkami trąšų įtakai vertinti. Augalų fiziologiniai procesai jautriai reaguoja į bet kokius aplinkos sąlygų kitimus, todėl rezultatai atspindi ne tik skirtingų azoto trąšų normų, bet ir aplinkos veiksnių poveikį (Tranavičienė, 2009).

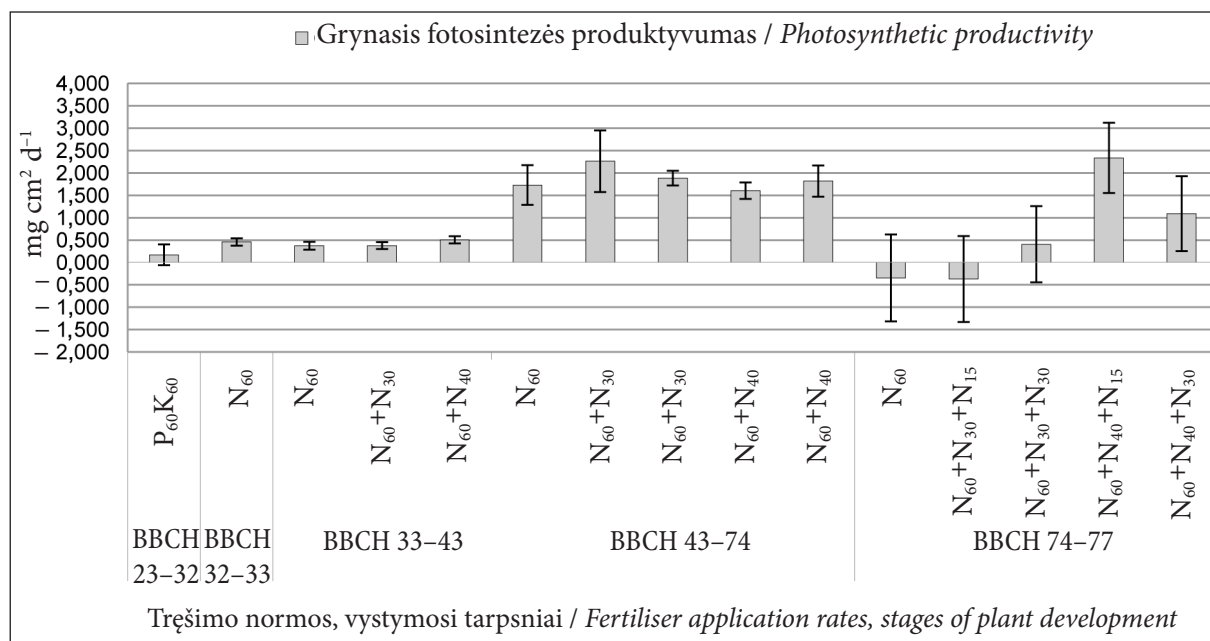
Grynasis fotosintezės produktyvumas yra vienas iš svarbiausių fotosintezės rodiklių, atspindinčių tiek bendrą augalo būklę, tiek jo potencialią suformuoti derlių (Tranavičienė, 2009). Mūsų vykdytame eksperimente grynasis fotosintezės produktyvumas kito priklausomai nuo augimo tarpsnio ir trąšų normos (8, 9 pav.).

Buvo pastebimos ir kviečių genotipo nulemtos tendencijos. Didesnės azoto trąšų normos 'Olivin' veislės kviečiuose šiek tiek padidino fotosintezės produktyvumą nuo vamzdelėjimo iki pieninės brandos tarpsnio (BBCH 43–74) (2,2–3,2 mg cm⁻² per parą). Tarp trąšų normų ir 'Olivin' veislės produktyvumo nustatytas labai stiprus, teigiamas ryšys ($r = 0,78$, $P > 0,05$). 'Kovas' veislės kviečiuose didesnės trąšų normos slopino fotosintezės produktyvumą (2,3–1,6 mg g⁻² per parą) ($r = 0,06$, $P > 0,05$). Sėklos brendimo tarpsniu (BBCH 74–77) 'Kovas' veislės augalai ilgiau išliko žali, todėl jų fotosintezės produktyvumas buvo didesnis. Didžiausias fotosintezės produktyvumas 'Kovas' veislės kviečiuose buvo nuo vamzdelėjimo iki pieninės

brandos tarpsnio (BBCH 43–74), tręšiant N₆₀ + N₃₀ azoto trąšų norma (2,3 mg cm⁻² per parą). Intensyviausia kviečių veislės 'Olivin' fotosintezė vyko taip pat nuo vamzdelėjimo iki pieninės brandos tarpsnio (BBCH 43–74) tręšiant N₆₀ + N₄₀ norma (3,2 mg cm⁻² per parą).

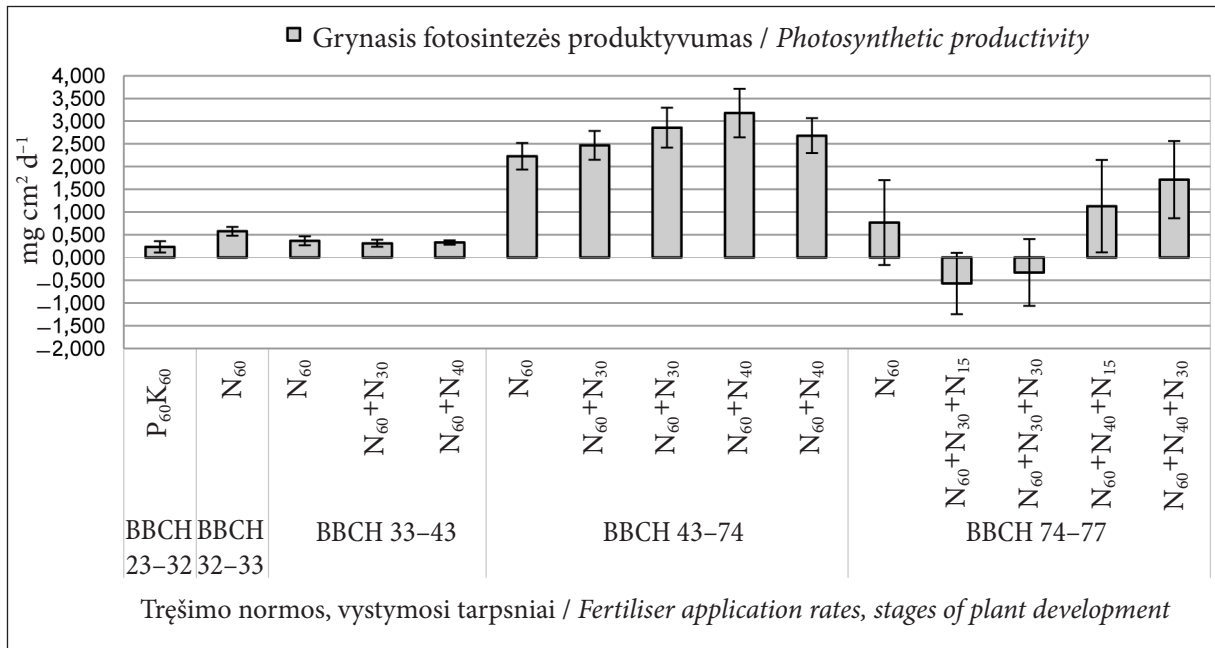
REZULTATŲ APTARIMAS

Azoto trąšos yra naudingos formuojant fotosintetinį aparatą, palaikant chlorofilų *a* ir *b* santykį, užtikrinant efektyvią fotosintezę, tačiau fotosintezės pigmentų sudėtis nėra pakankamai jautrus indikatorius nedidelių azoto normų skirtumų efektui įvertinti (Tranavičienė, 2009). Mūsų tyrimų rezultatai rodo, kad tirtų tręšimo normų pakako intensyviai fotosintezei ir pakankamam produktyvumui užtikrinti. Azoto normų skirtumai nebuvo tokie dideli, kad taip reikšmingai nulemtų fotosintezę (2–9 pav.). T. Tranavičienė ir kt. mokslininkai (2007) nustatė, kad bendram fotosintezės pigmentų kiekiui įtakos turėjo trąšų normų didinimas. Atliekant mūsų eksperimentą nustatyta, kad nepriklausomai nuo tręšimo didesnės įtakos fotosintezės pigmentams kaupti turėjo veislės genetinės savybės. Didesnius pigmentų kiekius buvo linkusi kaupti kviečių veislė 'Kovas', palyginti su veisle 'Olivin' (2–7 pav.). Daugiausia chlorofilo augalai



8 pav. Azoto trąšų įtaka 'Kovas' veislės žieminių kviečių grynajam fotosintezės produktyvumui

Fig. 8. The effect of nitrogen fertilisers on photosynthetic productivity of the winter wheat of cultivar 'Kovas'



9 pav. Azoto trąšų įtaka 'Olivin' veislės žieminių kviečių grynam fotosintezės produktyvumui
Fig. 9. The effect of nitrogen fertilisers on photosynthetic productivity of the winter wheat of cultivar 'Olivin'

sukaupia žydėjimo pradžioje, todėl teigiama, kad jis dalyvauja morfogenezės procesuose (Bojovic, Stojanovic, 2005; Samuolienė et al., 2007; Šlapauskas, Duchovskis, 2008). A. Pečkaitė (2009) savo tyrimuose nustatė, kad didžiausią chlorofilo *a* kiekį salykliniai miežiai lapuose sukaupti plaukėjimo metu. Priešingai, mūsų tyrimais nustatyta, kad didžiausias pigmentų kiekis sukauptas pieninės brandos pradžioje (6 pav.). Papildomas tręšimas bambulėjimo tarpsniu šiek tiek padėjo pristabdyti pigmentų degradaciją ir išlaikyti aktyvų fotosintezės veiklos periodą sėklų brendimo tarpsniu (7 pav.). Išanalizavus gynojo fotosintezės produktyvumo duomenis matyti, kad šis rodiklis kito priklausomai nuo augimo tarpsnio, trąšų normų bei veislės savybių. Naudotos didesnės trąšų normos nuo vamzdelėjimo iki pieninės brandos tarpsnio veislės 'Olivin' kviečiuose padidino fotosintezės produktyvumą, o 'Kovas' kviečiuose – sumažino. Didžiausias produktyvumas 'Olivin' veislės kviečiuose nustatytas nuo vamzdelėjimo iki pieninės brandos tarpsnio, tręšiant N₆₀ + N₄₀ azoto norma, 'Kovas' kviečiuose – N₆₀ + N₃₀ (8, 9 pav.). Kitų mokslininkų eksperimentuose su kitomis kviečių veislėmis nustatyta, kad 'Ada' veislės fotosintezės produktyvumas, palyginti su veisle 'Seda', yra jautresnis tiek azoto trąšų normai, tiek skirtingoms meteorologinėms sąlygoms (Tranavičienė, 2009).

IŠVADOS

1. Papildomas tręšimas N₃₀, N₄₀ azoto normomis vėlyvaisiais žieminių kviečių vystymosi tarpsniais lėtina fotosintezės pigmentų degradaciją ir prailgina aktyvios fotosintezės periodą.
2. Žieminių kviečių veislė 'Kovas' kaupia didesnius fotosintezės pigmentų kiekius, palyginti su 'Olivin' veisle. Fotosintezės pigmentų didžiausias kiekis nustatytas pieninės brandos pradžioje.
3. Didžiausias fotosintezės produktyvumas nustatytas nuo vamzdelėjimo iki pieninės brandos tarpsnio (BBCH 43–74) veislės 'Kovas' augaluose tręšiant N₆₀ + N₃₀, o 'Olivin' augaluose – N₆₀ + N₄₀.

Gauta 2015 03 04
 Priimta 2015 03 30

LITERATŪRA

1. Balogh A., Hornok M., Pepo P. 2007. Study of physiological parameters in sustainable winter wheat (*Triticum aestivum* L.) production. *Cereal Research Communications*. No. 35. P. 205–208.
2. Bluzmanas P., Borusas S., Dagys J. 1991. *Augalų fiziologija*. Vilnius: Mokslas. 420 p.
3. Bojovic B., Stojanovic J. 2005. Chlorophyll and carotenoid content in wheat cultivars as a function of mineral nutrition. *Archives of Biological Sciences*. Vol. 57. P. 283–290.

4. Brazaitytė A., Juknys R., Sakalauskaitė J., Sakalauskienė S., Lazauskas S., Kučinskienė E., Urbonavičiūtė A., Samuolienė G., Šabajevienė G., Ulinskaitė R., Kviklys D., Duchovskienė L., Šikniašnianienė J. B., Baranauskis K., Duchovskis P. 2008. Ekofiziologiniai tyrimai kintančios aplinkos sąlygomis. *Sodininkystė ir daržininkystė*. T. 27. Nr. 3. P. 263–276.
5. Cartelat A., Cerovic Z. G., Goulas Y., Meyer S., Lelarge C., Prioul J. L., Barbottin A., Jeuffroy M. H., Gate P., Agati G., Moya I. 2005. Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crop Research*. Vol. 95. P. 31–39.
6. Diekmann F., Fishbeck G. 2005. Differences in wheat cultivar response to nitrogen supply. II: differences in N-metabolism related traits. *Journal of Agronomy and Crop Science*. Vol. 191. P. 362–376.
7. Duchovskis P., Brazaitytė A., Samuolienė G., Viršilė A., Vaštakaitė V. 2015. *Fotofiziologinių tyrimų būklė ir jų taikymo perspektyvos augalininkystėje*: studija. Vilnius: LMA, 92 p.
8. Fritchi F. B., Ray J. D. 2007. Soybean leaf nitrogen, chlorophyll content, and chlorophyll a/b ratio. *Photosynthetica*. Vol. 45. P. 92–98.
9. Gavrilenko V. F., Zhygalova T. V. 2003. *Boľshoy praktikum po fotosintezu*. Moskva. 256 s.
10. Guo P., Baum M., Grando S., Ceccarelli S. 2006. Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley. *Agriculture Sciences in China*. Vol. 5. Issue 10. P. 751–757.
11. Guo P., Baum M., Varshney R. K., Graner A., Grando S., Ceccarelli S. 2008. QTLs for chlorophyll and chlorophyll fluorescence parameters in barley under post-flowering drought. *Euphytica*. Vol. 162. No. 2. P. 203–214.
12. Houles V., Guerfi M., Mary B. 2007. Elaboration of a nitrogen nutrition indicator for winter wheat based on leaf area index and chlorophyll content for making nitrogen recommendations. *European Journal of Agronomy*. Vol. 27. P. 1–11.
13. Kichey T., Heumez E., Pocholle P., Pageau K., Vanacker H., Dubois F., Le Gouis J., Hirel B. 2006. Combined agronomic and physiological aspects of nitrogen management in wheat highlight a central role for glutamine synthetase. *New Phytologist*. Vol. 169. P. 265–278.
14. Kim S. H., Gitz D. C., Sicher R. C., Baker J. T., Timlin D. J., Reddy V. R. 2007. Temperature dependence of growth, development, and photosynthesis in maize under elevated CO₂. *Environmental and Experimental Botany*. Vol. 61. P. 224–236.
15. Kopsell D. A., Kopsell D. E., Lefsrud M. G., Curran-Celentano J., Dukach L. E. 2004. Variation in lutein, β-carotene and chlorophyll concentrations among *Brassica oleracea* cultivars and seasons. *Hortscience*. Vol. 39. No. 2. P. 361–364.
16. Li L., Yu Q., Zheng Y., Wang J., Fang Q. 2006. Simulating the response of photosynthate partitioning during vegetative growth in winter wheat to environmental factors. *Field Crops Research*. Vol. 96. P. 133–141.
17. *Lietuvos dirvožemiai*: monografija. 2001. Vilnius: LMA. 1244 p.
18. Meier U. 1997. *Growth Stages of Mono- and Dicotyledonous Plants*. BBCH Monograph. Berlin, Wien: Blackwell Wissenschaftsverlag. 622 p.
19. Pečkytė A. 2009. *Salyklinių miežių agrobiologinio potencialo bei derliaus kokybės priklausomumas nuo mineralinių ir lapų trąšų*: daktaro disertacija. Akademija, Kauno r. 139 p.
20. Sakalauskienė S., Brazaitytė A., Šabajevienė G., Lazauskas S., Sakalauskaitė J., Urbonavičiūtė A., Samuolienė G., Duchovskis P. 2009. Kompleksinis aplinkos veiksnių poveikis sėjamojo žirnio (*Pisum sativum* L.) fiziologiniams rodikliams organogenezės III–IV etapais. *Zemdirbyste-Agriculture*. T. 96. Nr. 3. P. 93–101.
21. Sakalauskienė S., Šabajevienė G., Lazauskas S., Brazaitytė A., Samuolienė G., Urbonavičiūtė A., Sakalauskaitė J., Ulinskaitė R., Duchovskis P. 2008. Skirtingo drėgmės ir temperatūros režimo kompleksinis poveikis ridikėlių fotosintetiniams rodikliams III–IV organogenezės etapuose. *Sodininkystė ir daržininkystė*. T. 27. Nr. 1. P. 97–104.
22. Samborski S. M., Tremblay N., Fallon E. 2009. Strategies to make use of plant sensors-based diagnostic information for nitrogen recommendations. *Agronomy Journal*. Vol. 101. P. 800–816.
23. Samuolienė G., Šabajevienė G., Urbonavičiūtė A., Duchovskis P. 2007. Carrot flowering initiation: light effect, photosynthetic pigments, carbohydrates. *Acta Biologica Szegediensis*. Vol. 51. No. 1. P. 39–42.
24. Scebba F., Soldatini G., Ranieri A. 2003. Ozone differentially affects and biochemical responses of two clover species: *Trifolium repens* and *Trifolium pratense*. *Environmental Pollution*. Vol. 123. No. 2. P. 209–216.
25. Sokal R. R., Rohlf F. J. 2000. *Biometry*. New York. 887 p.
26. Spaner D. M., Todd A. G., Navabi A., McKenzie D. B., Goonewardene L. A. 2005. Can leaf chlorophyll measures at differing growth stages be used as an indicator of winter wheat and spring barley nitrogen requirements in eastern Canada? *Journal of Agronomy and Crop Science*. Vol. 191. P. 393–399.
27. Šlapakauskas V., Duchovskis P. 2008. *Augalų produktyvumas*. Akademija, Kauno r. 253 p.
28. Tarakanovas P., Raudonius S. 2003. *Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT*. Akademija, Kauno r. 58 p.

29. Tranavičienė T. 2009. *Azoto poveikis skirtingų prastojo kviečio (*Triticum aestivum* L.) veislių fotosintezės ir grūdų kokybės rodikliams: daktaro disertacija*. Akademija, Kauno r. 89 p.
30. Tranavičienė T., Šikšnianienė J. B., Urbonavičiūtė A., Vagusevičienė I., Samuolienė G., Duchovskis P., Sliesaravičius A. 2007. The effect of nitrogen fertilizers on wheat photosynthetic pigment and carbohydrate contents. *Biologija*. Vol. 53. No. 4. P. 84–88.
31. Wingler A., Purdy S., MacLean J. A., Pourtau N. 2006. The role of sugars in integrating environmental signals during the regulation of leaf senescence. *Journal of Experimental Botany*. Vol. 57. P. 391–399.

Aistė Juchnevičienė, Ilona Vagusevičienė,
Aušra Kaminskaitė, Aušra Brazaitytė, Pavelas Duchovskis

THE EFFECT OF NITROGEN FERTILISERS FOR THE PHOTOSYNTHETIC INDICATORS OF DIFFERENT CULTIVARS OF WINTER WHEAT

Summary

The work investigates the effect of nitrogen fertilisers on the dynamics of photosynthetic indicators of different cultivars of winter wheat. The field experiment was conducted in the period between 2012 and 2013 at the Experimental Station of Aleksandras Stulginskis University in carbonate shallow

gleyic leached soil *Calc(ar)i-Epithypogleyic Luvisol*. The object of the investigation was the cultivars of winter wheat 'Kovas' and 'Olivin', which have good baking properties. During the sowing time the wheat was fertilized with single-element phosphorus and potassium $P_{60}K_{60}$ fertiliser, and in spring, after the vegetation had renewed, the wheat was treated with ammonium nitrate N_{60} . Additionally, foliar fertilizer urea solutions N_{30} and N_{40} at the booting stage and N_{15} and N_{40} at the milk ripening stage were applied. The investigation revealed that additional fertilization with N_{30} and N_{40} during the late stages of plant development induced the accumulation of photosynthetic pigments and prolonged the period of active photosynthesis. Genetic peculiarities of a certain cultivar had influence on the accumulation of pigments irrespective of treatment with nitrogen fertilisers. Cultivar 'Kovas', which has good baking properties, tends to accumulate larger amounts of photosynthetic pigments. The largest amount of pigments has been found in the wheat at the beginning of the milk ripening stage before additional fertilization with N_{15} and N_{30} . The winter wheat of cv. 'Olivin' has a higher potential for photosynthetic productivity than the winter wheat of cv. 'Kovas'. Photosynthesis was the most intensive in the plants of cv. 'Olivin' from the time when the flag leaf begins to grow to the milk ripening stage (BBCH 43–74) when they were fertilized with $N_{60} + N_{40}$, and in the wheat of cv. 'Kovas' when they were treated with N_{60} and N_{30} .

Key words: nitrogen fertilizer, photosynthetic pigments, photosynthetic productivity, cultivars of winter wheat