

Skirtingo tankumo vasarinių rapsų biopotencialo vertinimas

Rimantas Velička,

Aušra Marcinkevičienė,

Marija Rimkevičienė,

Kostas Trečiokas

Lietuvos žemės ūkio universitetas,
Studentų g. 11, LT-53076 Akademija,
Kauno rajonas
El. paštas: rimantas.velicka@lzuu.lt.

Tyrimai atlikti 2002–2004 m. LŽŪU Bandymų stotyje, karbonatingame sekliai glėjiškame išplautžemyje (*Calc(ar)i-Epiphypogleyic Luvisols*). Šešių skirtingų tankumų (50,1–100, 100,1–150, 150,1–200, 200,1–250, 250,1–300, 300,1–350 augalų m⁻²) vasarinių rapsų (*Brassica napus* L.) 'Sponsor' pasėliai buvo suformuoti tikslaus išsėjimo sėjama, atsižvelgiant į sėklų daigumą ir 1000 sėklų masę. Tyrimų tikslas buvo nustatyti optimalų vasarinių rapsų pasėlio tankumą atsižvelgiant į augalų fotosintetinius rodiklius žydėjimo tarpsnio pradžioje bei sėklų derlių ir jo struktūrą. Tyrimais nustatyta, kad vasarinių rapsų pasėlio tankumui didėjant nuo 100,1 iki 350 vnt. m⁻², lyginant su rečiausiu pasėliu (50,1–100 vnt. m⁻²), lapų ploto indeksas didėjo nuo 18,2 iki 80,2% ($r = 0,99, P < 0,01$), o augalo asimiliacinis lapų plotas mažėjo nuo 38,8 iki 67,3% ($r = -0,89, P < 0,05$). Pasėlio fotosintetinis potencialas, didėjant rapsų tankumui nuo 100,1 iki 350 vnt. m⁻², padidėjo 1,8 karto ($r = 0,99, P < 0,01$), lyginant su rečiausiu pasėliu. Augalo fotosintetinis potencialas tankiausiame rapsų pasėlyje buvo 3 kartus mažesnis, lyginant su rečiausiu. Vasarinių rapsų pasėlio grynasis fotosintezės produktyvumas didėjo iki 27,0%, tankumui didėjant nuo 100,1 iki 250 vnt. m⁻² ($r = 0,88, P < 0,05$), lyginant su rečiausiu pasėliu, ir tiesiogiai priklausė nuo lapų ploto indekso ($r = 0,87, P < 0,05$). Augalo grynasis fotosintezės produktyvumas mažėjo, mažėjant lapų asimiliaciniam plotui ($r = 0,98, P < 0,01$), ir tankiausiame rapsų pasėlyje buvo esmingai 58,3% mažesnis, lyginant su rečiausiu pasėliu, taip pat tiesiogiai priklausė nuo azoto, fosforo, kalio bei sieros koncentracijos lapuose. Tarp pasėlio produktyvumo žydėjimo tarpsnyje ir rapsų sėklų derliaus nustatytas esminis parabolinis priklausomumas ($r = 0,92, P < 0,05$). Tankėjant rapsų pasėliui nuo 100,1 iki 350 vnt. m⁻², lyginant su rečiausiu pasėliu, vieno augalo sėklų derlius esmingai mažėjo nuo 33,1 iki 78,5%. Didėjant augalų skaičiui ploto vienetu iki 250,1–300 vnt. m⁻², rapsų sėklų derlius esmingai nuo 28,6 iki 58,8% didėjo, lyginant su rečiausiu pasėliu, o pasiekus 300,1–350 vnt. m⁻² tankumą, sėklų derlius esmingai sumažėjo dėl augalų ankštarų skaičiaus, sėklų skaičiaus ankštaroje ir 1000 sėklų masės mažėjimo. Tankesnių rapsų sėklos brendo vienodžiau, o nuimant derlių buvo 17,0% mažesnio, negu retesnių rapsų, drėgnio. Sėklų derlių ir 1000 sėklų masę siejo stiprus tiesioginis priklausomumas.

Atliktų tyrimų rezultatai įrodė, kad 100,1–250 vnt. m⁻² tankumo vasarinių rapsų pasėlio fotometrinių parametrų ir derliaus struktūros elementai yra optimalūs bei sudaro pagrindą dideliame rapsų biopotencialui, kartu ir sėklų derliui susiformuoti.

Raktažodžiai: vasariniai rapsai, tankumas, fotosintetiniai rodikliai, sėklų derliaus struktūra

ĮVADAS

Derliaus dydis ir pasėlių produktyvumas priklauso nuo augalų fotosintezės ir kvėpavimo intensyvumo, asimiliacinio paviršiaus ploto, fotosintetinio potencialo, agroklimato sąlygų ir kitų veiksnių [17, 19].

Fotosintezės ir derliaus tarpusavio ryšiai yra labai sudėtingi ir dažnai atskleidžia prieštaravimus tarp augalo poreikių ir žmogaus, kaip produkcijos gamintojo, tikslų. Tačiau visos mokslininkai pagrįstos fotosintezės didinimo priemonės (šviesos, drėgmės, mišrios sąlygų gerinimas) užtikrina produktyvumo didėjimą [20].

Skirtingi žemės ūkio augalai dėl nevienodų biologinių ir morfologinių savybių pasižymi nevienodais fotosintetinių ro-

diklių parametrais, kurių optimizavimas selekcinėmis bei technologinėmis priemonėmis tiesiogiai lemia ūkinį produktyvumą [5, 15]. Augalo biomasės prieaugis ontogenezės metu tiesiogiai priklauso nuo absorbuojamo FAR kiekio, kurį daugiausia lemia lapų paviršiaus plotas, taip pat jų erdvinis išsidėstymas, pasvirimo į saulę kampas [5, 7, 13]. Todėl vienas svarbiausių pasėlio produktyvumo formavimo veiksnių yra augalų tankumas.

Vasarinių rapsų augalų skaičius ploto vienetu priklauso nuo jų morfologinių savybių, pasirinktos veislės ypatumų, agrometeorologinių veiksnių, sėklos normos ir naudojamose technologijose [1, 11, 21].

Rapsai yra ilgos dienos augalai, nes žydi ir formuoja derlių esant 12 valandų ir ilgesniam apšvietimui. Kuo didesnis asimiliacinis

lapų plotas tenka dirvos paviršiaus ir laiko vienetai, tuo daugiau saulės energijos sukaupiama biomasėje ir tuo didesnis rapsų sėklų derlius [6, 10]. Nurodoma, kad rapsų tankumas yra svarbus veiksnys, turintis įtakos individualaus augalo derlingumui. Vienodas augalų pasiskirstymas ploto vietoje yra būtina derlingumo stabilumo sąlyga. Be to, tolygiai pasiskirstę rapsai yra mažiau jautrūs aplinkos stresui [4].

Pastebėta, kad retesniame pasėlyje augalai labiau šakojasi, ne taip vienodai bręsta, augina apatines, ne tokias produktyvias šonines šakas ir tarp augalo dalių didėja konkurencija dėl šviesos, maisto medžiagų ir vandens. Tankesniame rapsų pasėlyje augalai augina mažiau šoninių šakų, todėl efektyviau naudojamos maisto medžiagos, pasėlis vienodžiau bręsta, tačiau dėl didesnės augalų konkurencijos linkęs išgulti. Nustatyta, kad sėklų skaičius ankštaroje ir sėklų masė didesnė viršutinėse augalo šakose, negu apatinėse, mažiau produktyviose [2, 12].

Vieni autoriai nurodo, kad vasarinių rapsų optimalus pasėlio tankumas turėtų būti 100–150 vnt. m^{-2} [14, 21], kiti tyrėjai teigia, kad 1 m^2 turėtų augti 200–250 augalų [12, 17]. Kuo pasėlis tankesnis, tuo didesnė galimybė užauginti didesnę vasarinių rapsų sėklų derlių, tręšiant azoto trąšomis iki žydėjimo pradžios [9].

Taigi literatūros duomenys apie sėkloms auginamų vasarinių rapsų augalų skaičių ploto vietoje yra gana prieštaringi, derliaus pokyčiai daugiausia aiškunami prielaidomis apie kintančią jo struktūrą dėl nevienodo šakojimosi. Fiziologinės priežastys, tarp jų ir fotosintetiniai rodikliai, turintys įtakos rapsų biopotencialui skirtingo tankumo pasėliuose, ištirti nepakankamai.

Asimiliacinį lapų ploto maksimumą įvairūs augalai pasiekia skirtingu vegetacijos laikotarpiu [8]. Literatūroje nurodoma, kad optimalus rapsų lapų ploto indeksas – žydėjimo pradžioje. Po to prasideda ryškus jo mažėjimas ir ankštara ploto indekso didėjimas [3].

Darbo tikslas – nustatyti optimalų vasarinių rapsų pasėlio tankumą, įvertinant jo įtaką augalų fotosintezei ir sėklų derliaus formavimuisi.

METODAI IR SĄLYGOS

Tyrimai buvo vykdyti 2002–2004 m. Lietuvos žemės ūkio universiteto (LŽŪU) Bandymų stotyje (54°53'N, 23°50'E). Dirvožemis – karbonatingas sekliai glėjiškas išplautžemis (*Calc(ar)i-Epiphypogleyic Luvisols*). Granulimetrinė dirvožemio sudėtis: vidutinio sunkumo priemoliai ant sunkių priemolių ir molių. Dirvožemių drėgmė reguliuojama uždaru drenažu. Dirvos mainų rūgštumas – pH 6,9–7,3, hidrolizinis rūgštumas – 0,9–7,5 mekv. kg^{-1} , pasotinimas bazėmis – 77–96%, organinės anglies – 1,35%. Judriųjų maisto medžiagų dirvožemyje: P – 197–255 $mg\ kg^{-1}$, K – 120–162 $mg\ kg^{-1}$, visos sieros – 148 $mg\ kg^{-1}$, B – 1,30 $mg\ kg^{-1}$. Ariamasis sluoksnis – 23–27 cm.

Šešių skirtingų tankumų (50,1–100, 100,1–150, 150,1–200, 200,1–250, 250,1–300, 300,1–350 augalų m^{-2}) vasarinių rapsų 'Sponsor' pasėliai buvo suformuoti tikslaus išsėjimo sąjama, atsižvelgiant į sėklų daigumą ir 1000 sėklų masę. Žemės dirbimas – pagal įprastą agrotechniką. Tręšimas – $N_{90}P_{60}K_{120}$. Priešsėlis – vasariniai miežiai. Po sėjos rapsai purkšti herbicidu butizanu 400 (2,5 l ha^{-1}), o nuo kenkėjų – 2 \times fastaku (0,1 l ha^{-1}). Apskaitinio laukelio dydis – 41,4 m^2 , pakartojimai – 4.

Tyrimų duomenys statistiškai įvertinti dispersinės analizės ir koreliacinės-regresinės analizės metodais, naudojant statistines duomenų įvertinimo kompiuterines programas ANOVA ir STAT iš paketo SELEKCIJA.

Cheminių analizių būdu nustatyti šie dirvožemio rodikliai: pH_{KCl} – potenciometrinio metodu, organinė anglis – Tiurino, sorbuotų bazių suma – pagal Keappeną-Hilkovicą, visos azotas – Kjeldalio metodu.

Kitos dirvožemio ir augalų cheminės sudėties analizės atliktos infraraudonųjų spindulių spektrometru PSCO/ISI IBM-PC 4250 pagal duomenų bankų kalibruotes. Ėminiai duomenų bankų sudarymui išanalizuoti referentiniais ir cheminiais metodais.

Vasarinių rapsų pasėlio tankumas nustatytas kiekvieno laukelio 4 vietose, skaičiuojant augalus 0,25 m^2 rėmelyje.

Augalų asimiliacinis lapų plotas ir lapų ploto indeksas nustatytas rapsų žydėjimo tarpsnyje – skeneriu HP SCANJET 3500C ir naudojant kompiuterinę programą ROOTEDGE (1998).

Augalų antžeminės dalies sausųjų medžiagų (SM) derliui nustatyti rapsų žydėjimo tarpsnyje iš kiekvieno bandymo laukelio imti 5 augalai. Augalų atskiros morfologinės dalys (lapai, stiebai, žiedai) pasvertos ir džiovintos 24 val. termostate 105°C temperatūroje. Apskaičiuotas augalų atskirų morfologinių dalių ir visų augalų sausųjų medžiagų derlius $g\ m^{-2}$ ir $t\ ha^{-1}$ bei vieno augalo derlius g .

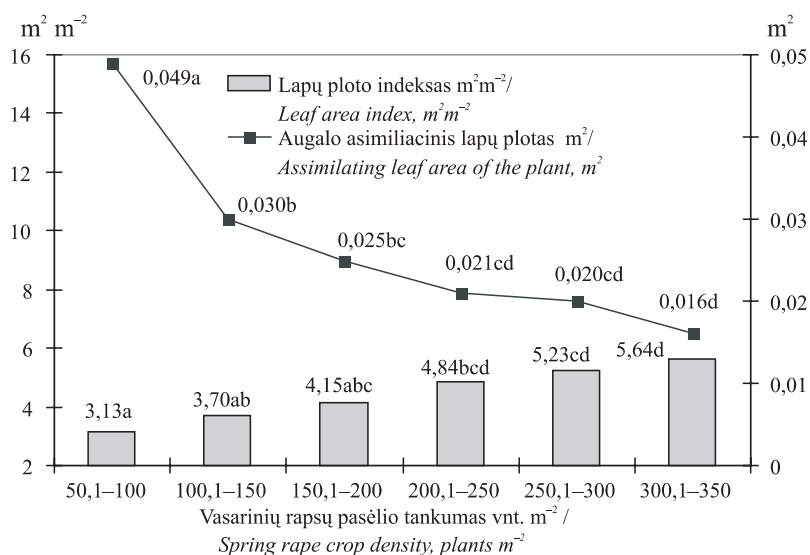
Fotosintezės produktyvumas nustatytas pagal formulę: $F_{pr} = M_2 - M_1 / \frac{1}{2}(L_0 + L_1) T$; čia F_{pr} – fotosintezės produktyvumas $g\ m^{-2}$ per parą; $M_2 - M_1$ – sausosios masės prieaugis per tam tikrą laikotarpį g ; L_0 ir L_1 – lapų paviršiaus plotas laikotarpio pradžioje ir pabaigoje m^2 ; T – laikotarpio trukmė paromis [16].

Vasarinių rapsų vegetacijos metu 2002 m. aktyviųjų temperatūrų ($\geq 10^\circ C$) suma sudarė 2011,2°C, iškrito 191,3 mm kritulių, HTK (hidroterminis koeficientas) – 0,95. 2003 m. aktyviųjų temperatūrų suma sudarė 1770,8°C, iškrito 227,9 mm kritulių, HTK – 1,29. 2004 m. – atitinkamai 1682,2°C, 238,9 mm kritulių, HTK – 1,42. Žydėjimo tarpsnio metu ir nuimant rapsų sėklų derlių 2002, 2003 ir 2004 m. agrometeorologinės sąlygos buvo panašios.

REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Atlikti tyrimai rodo, kad rapsų lapų ploto indeksas glaudžiai siejosi su pasėlio tankumu ($y = 2,61 + 0,009x$, $r = 0,99$, $P < 0,01$). Mažiausias rapsų ploto indeksas nustatytas rečiausiame pasėlyje – 3,13 $m^2\ m^{-2}$ (1 pav.). Augalų skaičiui ploto vietoje didėjant iki 200 vnt. m^{-2} lapų ploto indeksas didėjo, tačiau esminių skirtumų nenustatyta. Esant rapsų pasėlio tankumui 200,1–350 vnt. m^{-2} , lyginant su rečiausiu pasėliu, lapų ploto indeksas esmingai nuo 54,6 iki 80,2% padidėjo. Tankėjant rapsų pasėliui, augalo asimiliacinis lapų plotas mažėjo ($y = 0,05 - 0,001x$, $r = -0,89$, $P < 0,05$). Didžiausias augalo asimiliacinis lapų plotas nustatytas rečiausiame rapsų pasėlyje – 0,049 m^2 (1 pav.), kuriam augalai suformavo daugiausia šakų ir lapų. Didėjant rapsų tankumui nuo 100,1 iki 350 vnt. m^{-2} augalo asimiliacinis lapų plotas, lyginant su rečiausiu pasėliu, esmingai mažėjo, o tankiausiame rapsų pasėlyje buvo net 3 kartus mažesnis.

Pasėlio fotosintetinis potencialas, didėjant augalų tankumui, priešingai negu atskiro augalo, didėjo ($y = 0,58 + 0,002x$,

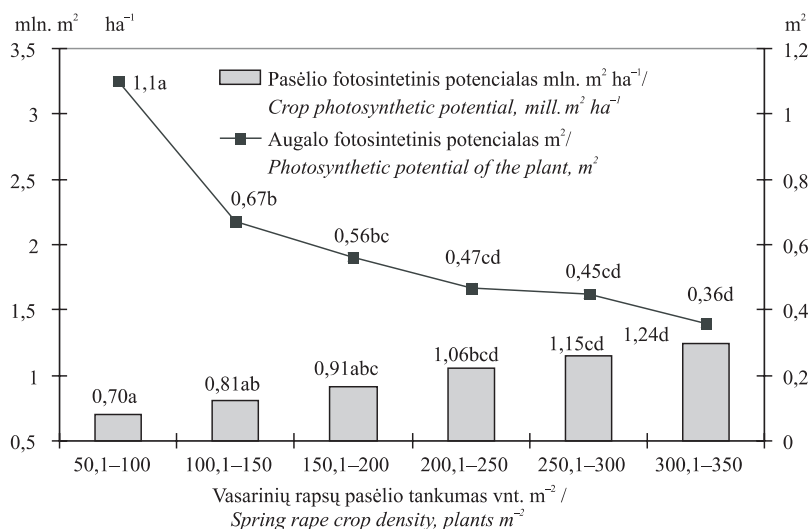


1 pav. Vasarinių rapsų asimiliacinis lapų plotas skirtingo tankumo pasėliuose žydėjimo tarpsnyje, 2002–2004 m.

Fig. 1. Spring rape assimilating leaf area in different density crops at the flowering stage, 2002–2004

Pastaba. Tarp vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide, skirtumai yra esminiai 95% tikimybės lygiui.

Note. Means not sharing a common letter differ significantly ($p < 0.05$).



2 pav. Fotosintetinio potencialo rodikliai skirtingo tankumo vasarinių rapsų pasėliuose žydėjimo tarpsnyje, 2002–2004 m.

Fig. 2. Indicators of the photosynthetic potential in different density spring rape crops at the flowering stage, 2002–2004

Pastaba. Tarp vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide, skirtumai yra esminiai 95% tikimybės lygiui.

Note. Means not sharing a common letter differ significantly ($p < 0.05$).

$r = 0,99$, $P < 0,01$) nuo 0,70 mln. m² ha⁻¹ rečiausiame iki 1,24 mln. m² ha⁻¹ tankiausiame pasėlyje (2 pav.).

Esant rapsų tankumui 200,1–250 vnt. m², pasėlio fotosintetinio potencialo padidėjimas, lyginant su rečiausiais augalais, buvo esminis. Dar tankesniuose rapsuose šis rodiklis nors ir didėjo, tačiau skyrėsi neesminiai.

Augalo fotosintetinis potencialas tiesiogiai priklausė nuo asimiliacinio lapų ploto ir tankiausių rapsų pasėliuose buvo 3 kartus mažesnis, negu rečiausiuose. Esant pasėlio tankumui 100,1–150 vnt. m² šis rodiklis buvo 33% didesnis, negu 250,1–300 vnt. m² pasėliuose. Rapsų tankumui didėjant nuo 150,1 iki 300 vnt. m² augalo fotosintetinis potencialas mažai keitėsi – nuo 0,56 m² sumažėjo tik iki 0,45 m².

Aplinkos veiksnių bei technologinių priemonių poveikį fotosintezei geriausiai atspindi augalų grynasis fotosintezės produktyvumas [17, 19]. Tirtame vasarinių rapsų ontogenezės tarpsnyje (žydėjimo pradžioje) tankėjant pasėliui, augalo grynasis fotosintezės produktyvumas mažėjo kartu su lapų asimiliacinio paviršiaus plotu ($y = 27,96 + 4095,35x$, $r = 0,98$, $P < 0,01$) nuo 231,7 mg SM para⁻¹ rečiausiuose iki 96,6 mg SM para⁻¹ tankiausių rapsuose (3 pav.). Esant rapsų tankumui 250,1–300 vnt. m², au-

galo grynasis fotosintezės produktyvumas (100,5 mg SM para⁻¹) buvo 30% esmingai mažesnis negu 100,1–150 vnt. m² tankumo rapsuose. 150,1–250 vnt. m² tankumo pasėliuose šis rodiklis buvo stabilus (127,1–127,8 mg SM para⁻¹).

Tarp skirtingo tankumo rapsų pasėlio grynojo fotosintezės produktyvumo reikšmių esminių skirtumų nebuvo. Tačiau pastebėta ryški šio rodiklio didėjimo tendencija, rapsams tankėjant nuo 100,1 iki 250 vnt. m². Atskirais augalo ontogenezės tarpsniais arba pasikeitus aplinkos sąlygoms, vyksta konkurencija tarp augalo šaknų ir antžeminės dalies dėl asimiliatų [20].

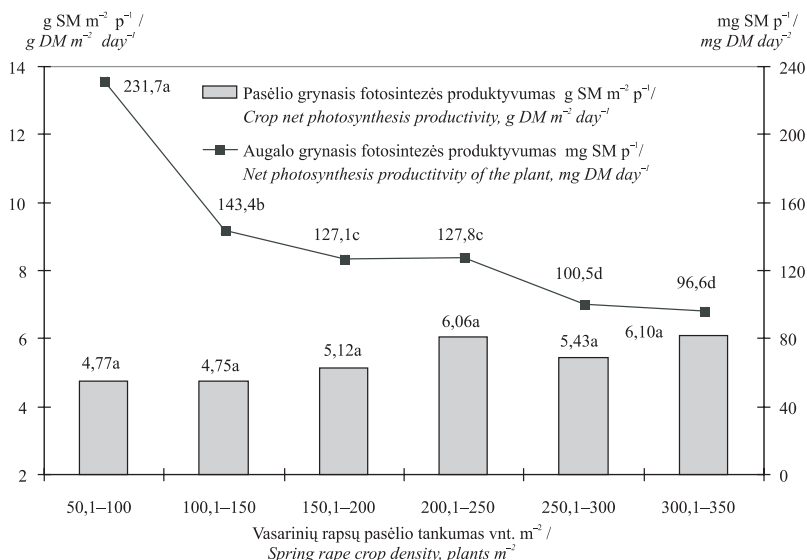
Vidutiniais tyrimų duomenimis, žydėjimo tarpsnyje augalų skaičiui kvadratiname metre kintant nuo 64 iki 347, azoto koncentracija vasarinių rapsų lapuose sumažėjo, tačiau neesmingai. Kalio koncentracijos pokyčiai buvo didesni – nuo 3,37 iki 2,50% (4 pav.). Augalų cheminė analizė rodo, kad tankumui padidėjus vidutiniškai nuo 123 iki 259 vnt. m², kalio kiekis lapuose sumažėjo esmingai – 16,2%, o tarp rečiausių ir tankiausių rapsų šis skirtumas buvo net 25,8%. Tyrimuose buvo nustatyti statistiškai patikimi atvirkštiniai koreliaciniai priklausomumai tarp augalų tankumo ir azoto bei kalio koncentracijos augaluose (atitinkamai: $y = 3,07 - 0,001x$, $r = -0,94$, $P < 0,01$; $y = 3,39 - 0,003x$,

3 pav. Grynojo fotosintezės produktyvumo rodikliai skirtingo tankumo vasarinių rapsų pasėliuose žydėjimo tarpsnio pradžioje, 2002–2004 m.

Fig. 3. Indicators of the net photosynthesis productivity in different density spring rape crops at the flowering stage, 2002–2004

Pastaba. Tarp vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide, skirtumai yra esminiai 95% tikimybės lygiui.

Note. Means not sharing a common letter differ significantly ($p < 0.05$).

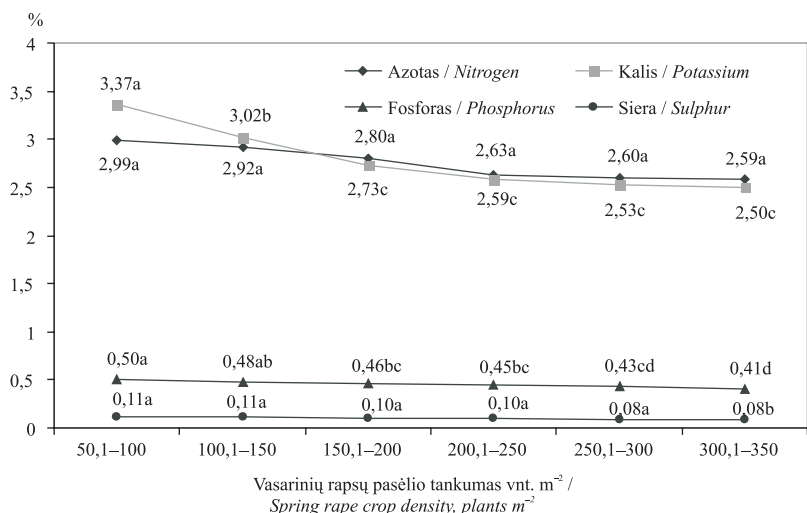


4 pav. Azoto, fosforo, kalio ir sieros koncentracija vasarinių rapsų lapuose, 2002–2004 m.

Fig. 4. Concentration of nitrogen, phosphorus, potassium and sulphur in spring rape leaves, 2002–2004

Pastaba. Tarp vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide, skirtumai yra esminiai 95% tikimybės lygiui.

Note. Means not sharing a common letter are significantly different ($p < 0.05$).



$r = -0,91, P < 0,05$). Azoto ir kalio koncentracija vasarinių rapsų lapų sausosiose medžiagose tiesiogiai sąlygojo fotosintezės intensyvumą. Koreliacinė-regresinė duomenų analizė parodė, kad tarp augalo grynojo fotosintezės produktyvumo ir tirtų maisto medžiagų pokyčių egzistuoja stiprus tarpusavio priklausomumas (atitinkamai: $y = 523,61 + 240,10x, r = 0,85, P < 0,05$; $y = -244,13 + 136,91x, r = 0,95, P < 0,01$). Kitų tirtų elementų – fosforo ir sieros koncentracijos lapuose dinamika, kintant pasėlio tankumui, buvo panaši – lyginant rečiau ir tankiau pasėliams, jų kiekiai sumažėjo esmingai (4 pav.).

Mūsų tyrimų duomenys rodo, kad tankesniuose negu 250 vnt. m⁻² pasėliuose, padidėjus augalų konkurencijai dėl fotosintezės produktų, grynas fotosintezės produktyvumas sumažėjo, tapo nestabilus. Jo pokyčiams įtakos turėjo pasėlio tankumas ($y = 4,35 + 0,005x, r = 0,88, P < 0,05$).

Grynas fotosintezės produktyvumas savo maksimumą dažniausiai pasiekia esant mažiausiam lapų ploto indeksui, kai dauguma lapų būna gerai apšviesti [19]. Tačiau vasarinių rapsų pasėliuose koreliacija tarp šių rodiklių buvo tiesioginė ($y = 2,92 + 0,55x, r = 0,87, P < 0,05$). Tai, matyt, lėmė rapsų biologinės ir morfologinės savybės – jų šakojimasis, kuris labai priklauso nuo maitinamojo ploto ir vyksta viršutinėje stiebo dalyje – prasideda tik žydėjimo tarpsnyje. Vasarinių rapsų lapai –

pailgai lancetiški ir prisegti prie stiebo stačiu kampu [21]. Dėl šių ypatumų ir tankiame pasėlyje atskiri rapsų augalai žydėjimo tarpsnio pradžioje vienas kito neužpavėsinu.

Rapsų, kaip ir daugelio vienamečių augalų, didžiausias fotosintezės intensyvumas (optimumas) pasiekiamas žydėjimo pradžioje, kai lapų ploto indeksas didžiausias. Yra nustatytas glaudus priklausomumas tarp lapų ploto indekso iki žydėjimo ir sėklų derliaus [6]. Atliktų tyrimų duomenys bei jų statistinė analizė leidžia teigti, kad skirtingo tankumo vasarinių rapsų pasėliuose dėl nevienodomis sąlygomis vykusios fotosintezės augalai suformavo skirtingą antžeminės masės derlių (1 lentelė). Pateikti tyrimų duomenys rodo, kad rapsų tankumui didėjant vidutiniškai nuo 64 iki 227 vnt. m⁻², lapų (133,43–275,12 g m⁻²), stiebų (174,05–323,69 g m⁻²) ir žiedų (18,58–39,60 g m⁻²) masė esmingai didėjo. Rapsų pasėliui pasiekus vidutiniškai 259 vnt. m⁻² tankumą, lapų ir stiebų masė esmingai, atitinkamai 17,4 ir 9,4%, sumažėjo, o žiedų esmingai 33,6% padidėjo. Nustatyta, kad dar tankesniame rapsų pasėlyje (vidutiniškai 347 vnt. m⁻²) pasikeitė augalo kai kurių morfologinių dalių masė: lapų ir stiebų masė esmingai padidėjo, o žiedų masė turėjo tendenciją mažėti. Matyt, tam įtakos turėjo tankiame rapsų pasėlyje gerokai sumažėjęs vidutinis augalo asimiliacinis lapų plotas. Tankėjant rapsų pasėliui nuo 50,1 iki 350 vnt. m⁻²

1 lentelė. Vasarinių rapsų produktyvumas skirtingo tankumo pasėliuose žydėjimo tarpsnyje. LŽŪU Bandymų stotis, 2002–2004 m.

Table 1. Spring rape productivity in different density crops at the flowering stage. Experimental Station of the Lithuanian University of Agriculture, 2002–2004

Rodikliai / Indices	Vidutinis pasėlio tankumas vnt. m ⁻² / Average crop density, plants m ⁻²					
	64	123	164	227	259	347
Rapsų derlius SM g m ⁻² / Rape yield, DM g m ⁻²	326,06a	387,87ab	458,39b	638,41c	573,32c	738,20d
Iš jo / of which:						
lapų SM g m ⁻² / leaves, DM g m ⁻²	133,43a	152,81ab	194,35bc	275,12de	227,13cd	280,36e
stiebų SM g m ⁻² / stems, DM g m ⁻²	174,05a	212,38b	233,08b	323,69c	293,29d	409,86e
žiedų SM g m ⁻² / flowers, DM g m ⁻²	18,58a	22,68ab	30,96b	39,60c	52,90d	47,98d
Vieno augalo derlius SM g / Yield per plant, DM g	5,09a	3,15b	2,80b	2,81b	2,21c	2,13c

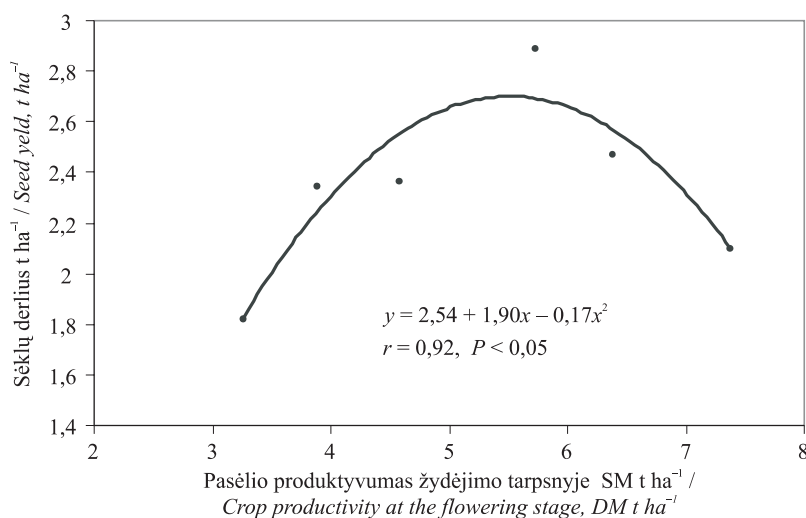
Pastaba. Tarp vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide, skirtumai yra esminiai 95% tikimybės lygiui.

Note. Means not sharing a common letter are significantly different ($p < 0.05$).

2 lentelė. Rapsų produktyvumo žydėjimo tarpsnyje priklausomumas nuo pasėlio tankumo ir fotosintetinių rodiklių

Table 2. Relationship between spring rape productivity and crop density, photosynthetic indicators at the flowering stage

Rodikliai / Indices	Rapsų produktyvumas SM t ha ⁻¹ (y) / Rape productivity, DM t ha ⁻¹ (y)	
	regresijos lygtis / regression equation	koreliacijos koeficientas (r) ir patikimumo lygis (P) / correlation coefficient and level of probability
Rapsų pasėlio tankumas vnt. m ⁻² / Rape crop density, plants m ⁻²	$y = 224,58 + 1,50x$	0,97, $P < 0,01$
Lapų ploto indeksas m ² m ⁻² / Leaf area index, m ² m ⁻²	$y = -181,21 + 157,72x$	0,96, $P < 0,01$
Fotosintetinis potencialas mln. m ² ha ⁻¹ / Photosynthetic potential, mill. m ² ha ⁻¹	$y = -1,9477 + 7,30x$	0,96, $P < 0,01$
Grynasis fotosintezės produktyvumas mg SM per para ⁻¹ / Net photosynthetic productivity, mg DM day ⁻¹	$y = -8,3627 + 2,52x$	0,97, $P < 0,01$



5 pav. Vasarinių rapsų sėklų derliaus priklausomumas nuo pasėlio produktyvumo žydėjimo tarpsnyje

Fig. 5. Relationship between spring rape crop productivity at the flowering stage and rape seed yield

rapsų derlius (SM g m⁻²) didėjo, o vieno augalo derlius (SM g) esmingai mažėjo – nuo 5,09 g rečiausiame pasėlyje iki 2,13 g tankiausiame pasėlyje. Panašius dėsningumus savo tyrimuose nustatė ir Al-Barzinjy ir kt. [1].

Koreliacinė-regresinė duomenų analizė parodė, kad tarp rapsų produktyvumo ir pasėlio tankumo, lapų ploto indekso, augalo asimiliacinio lapų ploto, fotosintetinio potencialo ir grynojo fotosintezės produktyvumo egzistuoja statistiškai patikimi priklausomumai (2 lentelė).

Rapsų sėklų derlius glaudžiai siejosi su augalų augimą sąlygojančiais agrotechnikos ir aplinkos veiksniais ir fotosintezės metu susiformavusiu pasėlio produktyvumu žydėjimo tarpsnio pradžioje (5 pav.). Rapsų pasėlio tankumui pasiekus 300,1–350

vnt. m⁻² ribą, lyginant su 250,1–300 vnt. m⁻² pasėlio tankumu, sėklų derlius esmingai (27,3%) sumažėjo. Matyt, tai lėmė mažas augalo grynasis fotosintezės produktyvumas, antžeminės masės derlius ir dėl šių priežasčių iki 0,61 g esmingai sumažėjęs vieno augalo sėklų derlius.

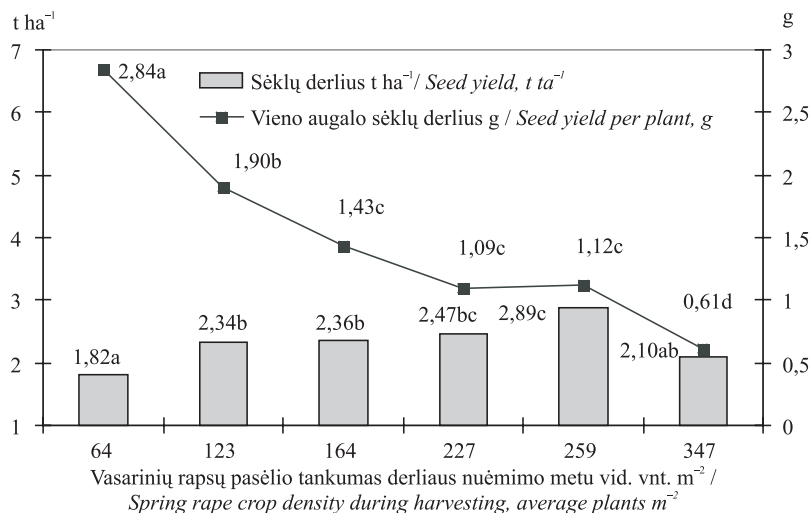
Atlikti tyrimai parodė, kad vasarinių rapsų augimo ir vystymosi sąlygos skirtingo tankumo pasėliuose turėjo įtakos sėklų derliui (6 pav.). Augalų fotosintezės ir galutinio jų sėklų derliaus tarpusavio ryšiai yra labai sudėtingi, koreliacija dažnai būna silpna, kadangi fotosintezė vyksta ne tik lapuose, bet ir kituose augalo organuose [19, 20]. Tačiau lapų fotosintezė yra pagrindinis fiziologinis rodiklis, pagal kurį galima spręsti apie augalo reakciją į aplinkos sąlygas ir agrotechnines priemones [13].

6 pav. Vasarinių rapsų sėklų derlius skirtingo tankumo pasėliuose, 2002–2004

Fig. 6. Seed yield of spring rape in different density crops at the flowering stage, 2002–2004

Pastaba. Tarp vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide, skirtumai yra esminiai 95% tikimybės lygiui.

Note. Means not sharing a common letter differ significantly ($p < 0.05$).

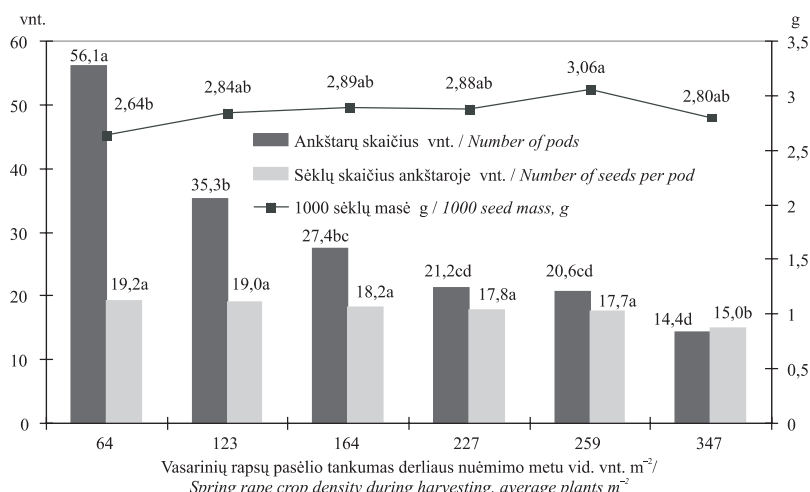


7 pav. Vasarinių rapsų pasėlio tankumo įtaka sėklų derliaus struktūrai, 2002–2004 m.

Fig. 7. Influence of spring rape crop density on seed yield structure, 2002–2004.

Pastaba. Tarp vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide, skirtumai yra esminiai 95% tikimybės lygiui.

Note. Means not sharing a common letter differ significantly ($p < 0.05$).

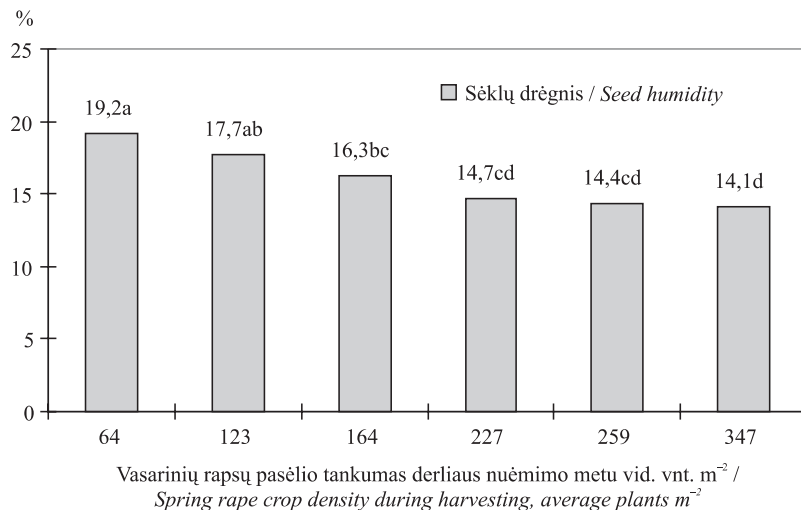


8 pav. Vasarinių rapsų pasėlio tankumo įtaka sėklų drėgmeniui, 2002–2004 m.

Fig. 8. Influence of spring rape crop density on seed humidity, 2002–2004.

Pastaba. Tarp vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide, skirtumai yra esminiai 95% tikimybės lygiui.

Note. Means not sharing a common letter differ significantly ($p < 0.05$).



Rečiausio rapsų pasėlio (50,1–100 vnt. m⁻²) sėklų derlius buvo mažiausias (1,82 t ha⁻¹), nors vieno augalo sėklų derlius buvo didžiausias (2,84 g). Reto rapsų pasėlio augalai buvo šakotesni ir, nors kiekvienas jų užaugino vidutiniškai 3,9 karto daugiau ankštaraų, negu tankiausi (7 pav.), dėl šios priežasties sėklos brendo netolygiai, derliaus nuėmimo metu buvo kur kas drėgnesnės (8 pav.), o augalų skaičius ploto vietoje neužtikrino didesnio sėklų derliaus. Tarp sėklų drėgmo

ir pasėlio tankumo nustatytas stiprus atvirkštinis koreliacijos ryšys ($y = 19,84 - 0,02x$, $r = -0,95$, $P < 0,05$).

Skirtingo tankumo vasarinių rapsų pasėliuose buvo išryškinti sėklų derliaus formavimosi dėsniniai: didėjant augalų skaičiui ploto vietoje (x) mažėjo ankštaraų (y) ir sėklų (y_1) juse skaičius ($y = 55,85 - 0,14x$, $r = -0,92$, $P < 0,05$; $y_1 = 20,55 - 0,01x$, $r = -0,93$, $P < 0,01$). Tankėjant rapsų pasėliui nuo 100,1 iki 300 vnt. m⁻², vieno augalo sėklų derlius esmingai nuo 33,1 iki 61,6%

mažėjo, lyginant su rečiausio pasėlio vieno augalo sėklų derliumi, ir tiesiogiai priklausė nuo mažėjančio augalo grynojo fotosintezės produktyvumo ($y = -0,5862 + 0,015x$, $r = 0,95$, $P < 0,01$). Vieno augalo sėklų derliui tiesiogiai turėjo įtakos augalo asimiliacinis lapų plotas ($y = -0,25 + 65,06x$, $r = 0,99$, $P < 0,01$). Tarp augalo sėklų derliaus ir skirtingo tankumo pasėlio fotosintezės produktyvumo bei fotosintetinio potencialo nustatyta stipri neigiama koreliacija ($r = -0,84$, $r = -0,94$).

Sėklų derlius iš ploto vieneto ($t\ ha^{-1}$), tankumui padidėjus vidutiniškai nuo 123 iki 259 $vnt.\ m^{-2}$, esmingai nuo 28,6 iki 58,8% didėjo. Tikėtina, kad tai lėmė tankesniame pasėlyje daugiausia ant pagrindinio stiebo esančiose ankštarose susiformavusios stambesnės sėklos (7 pav.). Sėklų derlių ($t\ ha^{-1}$) ir 1000 sėklų masę siejo stiprus tiesioginis priklausomumas ($y = -5,05 + 2,59x$, $r = 0,98$, $P < 0,01$).

IŠVADOS

1. Vasarinių rapsų pasėlio tankumui didėjant nuo 100,1 iki 350 $vnt.\ m^{-2}$, lyginant su rečiausiu pasėliu (50,1–100 $vnt.\ m^{-2}$), lapų ploto indeksas didėjo nuo 18,2 iki 80,2% ($r = 0,99$, $P < 0,01$), o augalo asimiliacinis lapų plotas mažėjo nuo 38,8 iki 67,3% ($r = -0,89$, $P < 0,05$).

2. Pasėlio fotosintetinis potencialas, didėjant augalų tankumui nuo 50,1 iki 350 $vnt.\ m^{-2}$, padidėjo 1,8 karto ($r = 0,99$, $P < 0,01$), o augalo fotosintetinis potencialas tiesiogiai priklausė nuo asimiliacinio lapų ploto ir tankiausiuose rapsuose buvo 3 kartus mažesnis, negu rečiausiuose. Rapsų tankumui didėjant nuo 150,1 iki 300 $vnt.\ m^{-2}$ augalo fotosintetinis potencialas buvo stabiliausias ir sumažėjo tik 20%.

3. Vasarinių rapsų pasėlio grynasis fotosintezės produktyvumas didėjo (27,8%) tankumui didėjant nuo 100,1 iki 250 $vnt.\ m^{-2}$ ($r = 0,88$, $P < 0,05$) ir tiesiogiai priklausė nuo lapų ploto indekso ($r = 0,87$, $P < 0,05$). Augalo grynasis fotosintezės produktyvumas mažėjo kartu su lapų asimiliacinio paviršiaus plotu ($r = 0,98$, $P < 0,01$) ir esant pasėlio tankumui 250,1–300 $vnt.\ m^{-2}$, buvo 30% mažesnis negu 100,1–150 $vnt.\ m^{-2}$ tankumo rapsuose, taip pat tiesiogiai priklausė nuo azoto, fosforo, kalio bei sieros koncentracijos lapuose.

4. Rapsų produktyvumui žydėjimo tarpsnyje turėjo įtakos pasėlio tankumas ($r = 0,97$, $P < 0,01$), augalų lapų ploto indeksas ($r = 0,96$, $P < 0,01$), fotosintetinis potencialas ($r = 0,96$, $P < 0,01$) ir grynasis fotosintezės produktyvumas ($r = 0,97$, $P < 0,01$). Tarp pasėlio produktyvumo žydėjimo tarpsnyje ir rapsų sėklų derliaus nustatytas esminis parabolinis priklausomumas ($r = 0,92$, $P < 0,05$).

5. Tankėjant rapsų pasėliui nuo 100,1 iki 350 $vnt.\ m^{-2}$, lyginant su rečiausiu pasėliu, vieno augalo sėklų derlius esmingai mažėjo nuo 33,1 iki 78,5%. Jam labiausiai turėjo įtakos augalo asimiliacinis lapų plotas ($r = 0,99$, $P < 0,01$) ir grynasis fotosintezės produktyvumas ($r = 0,95$, $P < 0,01$). Tarp vieno augalo sėklų derliaus ir skirtingo tankumo pasėlio fotosintezės produktyvumo bei fotosintetinio potencialo nustatyta stipri atvirkštinė koreliacija ($r = -0,84$, $r = -0,94$).

6. Didėjant augalų skaičiui ploto vienetu iki 250,1–300 $vnt.\ m^{-2}$, rapsų sėklų derlius dėl didesnės 1000 sėklų masės ant pagrindinio stiebo esmingai nuo 28,6 iki 58,8% didėjo, lyginant su rečiausiu pasėliu (50,1–100 $vnt.\ m^{-2}$), o 300,1–350 $vnt.\ m^{-2}$

tankumo pasėlyje sėklų derlius esmingai sumažėjo dėl augalų ankštartų skaičiaus, sėklų skaičiaus ankštaroje ir 1000 sėklų masės mažėjimo.

7. Vasarinių rapsų tankumui kintant vidutiniškai nuo 123 iki 227 $vnt.\ m^{-2}$, derlius padidėjo neesmingai, tačiau tankesnių rapsų sėklos brendo vienodžiau, o nuimant derlių buvo 14,7% (17,0% mažesnio, negu retesnių rapsų) drėgnio.

8. Vasarinių rapsų žydėjimo tarpsnio pradžioje įvertinti fotosintetiniai parametrai ir sėklų derliaus struktūros elementai rodo, kad pasėlio tankumas nuo 100,1 $vnt.\ m^{-2}$ (vid. 123 augalai) iki 250 $vnt.\ m^{-2}$ (vid. 227 augalai) yra optimalus dideliame rapsų biopotencialui, kartu ir sėklų derliui susiformuoti.

Gauta 2007 03 20

Priimta 2007 04 17

Literatūra

1. Al-Barzinjy M., Stølen O., Christiansen J. L., Jensen E. Relationship between plant density and yield for two spring cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.) // Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci. 1999. N 49. P. 129–133.
2. Al-Barzinjy M., Stølen O., Christiansen J. L. Comparison of growth, pod distribution and canopy structure of old and new cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.) // Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Science. 2003. N 53. P. 138–146.
3. Diepenbrock W., Grosse F. Rapeseed (*Brassica napus* L.) physiology // Diepenbrock W., Becker H. C. (Eds.). Physiological Potentials for Yield Improvement of Annual Oil and Protein Crops. Adv. Plant Breeding. Berlin: Blackwell Wiss. 1995. N 17. P. 21–53.
4. Diepenbrock W. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) // Field Crops Research. 2000. N 6. P. 35–49.
5. Duchowski P., Brazaitytė A. Tomato photosynthesis monitoring in investigations on tolerance to low temperatures // Acta Horticulturae. 2001. N 562. P. 335–339.
6. Grosse F., Léon J., Diepenbrock W. Ertragsbildung und Ertragsstruktur bei Winterraps (*Brassica napus* L.). II. Vergleich zwischen Elternlinien und deren F1- und F2-Generationen // Journal Agronomy Crop Science. 1992. N 169. P. 94–103.
7. Guiducci M., Antognoni A., Benincasa P. Effect of water availability on leaf movements, light interception and light utilization efficiency in several field crops // Rivista di Agronomia. 1992. Vol. 27. N 4. P. 392–397.
8. Lawlor D. W. Photosynthesis, productivity and environment // Journal of Experimental Botany. 1995. Vol. 46. P. 1449–1461 (special issue).
9. Šidlauskas G. Vasarinių rapsų pasėlio tankumo įtaka azoto, fosforo ir kalio kiekiui augaluose, sėklų derliui bei žalių baltymų ir riebalų išeigai // Žemdirbystė: LŽI ir LŽŪU mokslo darbai. Akademija, 2000. T. 70. P. 176–185.
10. Tivy J. Landwirtschaft und Umwelt: Agrarökosysteme in der Biosphäre. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akad. Verlag, 1993. 344 s.

11. Velička R. Rapsai (monografija). Kaunas: Lututė, 2002. 320 p.
12. Белик Н. Л. Биологические основы технологии возделывания рапса ярового на семена // Вестник ТГУ. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2001. Т. 6. Вып. 1. С. 38–40.
13. Жидехина Т. В., Карпачева Т. В. Особенности определения продуктивности фотосинтеза листьев у боярышника // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. Москва, 2001. С. 102–106.
14. Купер Д. П. Генетика и благосостояние человечества // Труды XIV Международного генетического конгресса. Москва: МГУ, 1981. С. 480–486.
15. Милащенко Н. З., Абрамов В. Ф. Технология выращивания и использование рапса и сурепицы. Москва: Агропромиздат, 1989. 222 с.
16. Мокронос А. Т., Ковалёв А. Г. (ред.) Фотосинтез и биопроductивность: методы определения. Москва: Агропромиздат, 1989. 462 с.
17. Никифоров О. А. Рапс – ценная и перспективная культура // Сельскохозяйственные вести. Санкт-Петербург, 2004. № 2. С. 6.
18. Ничипорович А. А. Фотосинтетическая деятельность растений как основа их продуктивности в биосфере и земледелии // Фотосинтез и продукционный процесс. Москва: Наука, 1988. С. 5–28.
19. Третьяков Н. Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. Москва: Колос, 1998. 639 с.
20. Чиков В. И. Связь фотосинтеза с продуктивностью растений // Соросовский образовательный журнал. 1997. № 12. С. 23–27.
21. Шпаар Д. (ред.) Рапс. Минск: ФУА информ, 1999. С. 57–94.

Rimantas Velička, Aušra Marcinkevičienė, Marija Rimkevičienė, Kostas Trečiokas

EVALUATION OF THE BIOPOTENTIAL OF SPRING RAPE OF DIFFERENT DENSITY

Summary

The field experiments were carried out at the Experimental Station of the Lithuanian University of Agriculture in the period 2002–2004 on *Calc(ar)i-Epiphypogleyic Luvisols*. Six crop densities of spring rape (*Brassica napus* L.) (50.1–100, 100.1–150, 150.1–200, 200.1–250, 250.1–300, 300.1–350 plants m⁻²) were formed by exact seed-drilling with respect to rape seed germinability and 1000 seed mass. The aim of the research was to establish the optimal crop density of spring rape by evaluating plant photosynthetic indicators at the flowering stage, seed yield and its structure. It has been established that at rape crop density increase from 100.1 to 350 plants m⁻², in comparison with the thinnest crop (50.1–100 plants m⁻²), the leaf area index increased from 18.2 to 80.2% ($r = 0.99$, $p < 0.01$) and the assimilating leaf area decreased by 38.8% to 67.3% ($r = -0.89$, $p < 0.05$). At rape crop density increase from 100.1 to 350 plants m⁻² the crop photosynthetic potential increased 1.8 times ($r = 0.99$, $p < 0.01$) in comparison with the thinnest crop. The photosynthetic potential of plants in the thickest rape crop was 3 times lower compared with that in the thinnest crop. At increasing crop density from 100.1 to 250 plants m⁻² the net photosynthetic productivity of the spring rape crop increased by 27.0% ($r = 0.88$, $p < 0.05$), in compar-

ison with the thinnest crop, and directly depended on leaf area index ($r = 0.87$, $p < 0.05$). The net photosynthesis productivity of the plant reduced when the assimilating leaf area decreased ($r = 0.98$, $p < 0.01$) and in the thickest rape crop was significantly lower (by 58.3%) in comparison with the thinnest crop; it also directly depended on nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur concentration in leaves. A significant parabolic relationship ($r = 0.92$, $p < 0.05$) was established between spring rape crop productivity at the flowering stage and rape seed yield. At rape crop density increase from 100.1 to 350 plants m⁻², in comparison with the thinnest crop, seed yield per plant significantly decreased (by 33.1 to 78.5%). At increasing the number of plants per m⁻² from 250.1 to 300, the seed yield of rape significantly increased (by 28.6 to 58.8%), in comparison with the thinnest crop. When rape crop density reached 300.1–350 plants m⁻², seed yield significantly decreased due to a reduction of the number of pods per plant, the number of seeds per pod and 1000 seed mass. The ripening of rape seeds in the thickest crop was equal, and during harvesting the humidity of seeds was lower by 17.0% in comparison with the thinnest crop. A strong positive correlation between rape seed yield and 1000 seed mass was established.

The results showed that the photometric parameters and yield structure elements of spring rape crop at a density of 100.1–250 plants m⁻² were optimal and provided the basis for a high rape biopotential at the same seed yield.

Key words: spring rape, density, photosynthetic indicators, biopotential

Rimantas Velička, Aušra Marcinkevičienė, Marija Rimkevičienė, Kostas Trečiokas

ОЦЕНКА БИОПОТЕНЦИАЛА РАЗНОЙ ГУСТОТЫ ПОСЕВА ЯРОВОГО РАПСА

Резюме

Опыты проводили в 2002–2004 гг. на Опытной станции Литовского сельскохозяйственного университета. Почва – *Calc(ar)i-Epiphypogleyic Luvisols*. Создавали шесть уровней густоты посева ярового рапса (*Brassica napus* L.) (50,1–100, 100,1–150, 150,1–200, 200,1–250, 250,1–300, 300,1–350 растений м⁻²) с помощью рядовой сеялки с учетом всхожести семян и массы 1000 семян. Оптимальную густоту посева ярового рапса определяли, учитывая фотосинтетические показатели растений в фазе цветения, структуру и урожай семян. Установлено, что при увеличении густоты посева от 100,1 до 350 раст. м⁻² по сравнению с наиболее редким посевом (50,1–100 раст. м⁻²) индекс листовой поверхности увеличился на 18,2–80,2% ($r = 0,99$, $P < 0,01$), а ассимиляционная площадь листьев растения уменьшалась на 38,8–67,3% ($r = -0,89$, $P < 0,05$). Фотосинтетический потенциал посева при увеличении густоты рапса от 100,1 до 350 раст. м⁻² увеличился в 1,8 раза ($r = 0,99$, $P < 0,01$) по сравнению с наиболее редким посевом. Фотосинтетический потенциал растения в наиболее густом посева рапса был в 3 раза меньше, чем в наиболее редком посева. С увеличением густоты посева от 100,1 до 250 раст. м⁻² ($r = 0,88$, $P < 0,05$) повысилась чистая фотосинтетическая продуктивность посева ярового рапса до 27,0% и зависела от индекса листовой поверхности ($r = 0,87$, $P < 0,05$) по сравнению с наиболее редким посевом. С уменьшением ассимиляционной площади листьев ($r = 0,98$, $P < 0,01$) снижалась чистая фотосинтетическая продуктивность растения и в наиболее густом посева была существенно на 58,3% ниже по сравнению с наиболее редким посевом, а так-

же была в прямой зависимости от концентрации азота, фосфора, калия и серы в листьях рапса. Между продуктивностью посева в фазе цветения и урожаем семян рапса установлена существенная параболическая зависимость ($r = 0,92$, $P < 0,05$). С увеличением густоты посева от 100,1 до 350 раст. м⁻² урожай семян одного растения существенно снижался от 33,1 до 78,5% по сравнению с наиболее редким посевом. С увеличением числа растений на единице площади до 250,1–300 раст. м⁻² урожай семян рапса существенно повышался – на 28,6–58,8% по сравнению с наиболее редким посевом, а при достижении плотности 300,1–350 раст. м⁻², урожай семян существенно снизился из-за уменьшения числа стручков одного растения, числа семян в стручке и массы 1000 семян. В

более густых посевах семена рапса созревали равномернее, а при уборке урожая влажность семян была на 17,0% ниже, чем в наиболее редких посевах. Между урожаем семян рапса и массой 1000 семян установлена прямая существенная зависимость.

Результаты проведенных исследований показали, что при густоте посева ярового рапса 100,1–250 раст. м⁻² проявляются наиболее оптимальные фотометрические параметры и элементы структуры урожая, которые являются основой формирования урожая семян и создают большой биопотенциал культуры.

Ключевые слова: яровой рапс, густота, фотосинтетические показатели, биопотенциал