

Slāpekļa un sēra mēslojuma ietekme uz hlorofila *a* fluorescenci vasaras rapša *Brassica napus* L. lapās un sēklu ražu

Nitrogen and Sulphur Impact on Chlorophyll *a* Fluorescence in Spring Oilseed Rape *Brassica napus* L. Leaves and Seed Yield

Zane Mintāle¹, Māra Vikmane²

¹Latvijas Augu aizsardzības pētniecības centrs,

²Latvijas Universitāte, Bioloģijas fakultāte

Abstract. Request for high seed yields of oilseed rape (*Brassica napus* L.) increases rapidly. For obtaining high yields fertilization is essential. There is a lack of information about the effect of supplementary sulphur and nitrogen on physiological processes in plants, such as photosynthesis as a yield forming factor. The aim of the work was to explain changes of chlorophyll *a* fluorescence parameter in spring oilseed rape leaves and yield changes affected by sulphur and nitrogen supply. During laboratory experiments changes of chlorophyll *a* fluorescence parameters and during field experiment changes of yield parameter under different nitrogen and sulphur supply (control, S₁₈N₁₅, S₁₈N₅₅, S₃₆N₅₅, S₀N₅₅) were observed. Laboratory experiments were carried out at University of Latvia, Faculty of Biology in 2009, but field experiments – at farmer's field in Priekuli municipality in 2010. There was found out in laboratory experiments that chlorophyll *a* fluorescence parameter F_v/F_m can be used to describe sulphur and nitrogen supply efficacy on spring oilseed rape. Significant (+0.34 t ha⁻¹) oilseed rape yield increase was observed in field experiment under optimal (S₁₈N₅₅) nutrient supply, but lack of sulphur leads to significant yield loss.

Key words: *Brassica napus*, sulphur, nitrogen, fertilizer, chlorophyll *a*, yield.

Ievads

Saistībā ar plašajām rapša pielietošanas iespējām strauji pieaug pieprasījums pēc augstvērtīgas sēklu ražas. Jaunākās rapša šķirnes ir ar augstu ražību un sēklu kvalitāti, taču tām ir augstas prasības pret audzēšanas apstākļiem, tai skaitā – mēslojumu. Hlorofila daudzums auga lapās un fotosintēzes aktivitāte liecina par auga fizioloģisko stāvokli (Гавриленко, Жигалова, 2003; Neufeld et al., 2006), kā arī raksturo apgādi ar minerālelementiem (Marschner, 1999). Ja kāds no rapsim nepieciešamajiem minerālelementiem augsnē nav pieejams vai ir pārāk lielā koncentrācijā, tas var atstāt negatīvu ietekmi uz auga fizioloģiskajām funkcijām, ietekmēt fotosintēzi un auga produktivitāti. No makroelementiem rapsim ir pastiprināta vajadzība pēc slāpekļa, un kā eļļas augam – arī pēc sēra. Rapša augšana un fizioloģiskā aktivitāte galvenokārt ir atkarīga no šo elementu savstarpējām attiecībām. Ražas lielumu un kvalitāti limitē tas barības elements, kurš trūkst (Hřivna et al., 2002). Vislabāk barības elementu apgādes līmeni parāda jaunās lapas, kas tikko beigušas augšanu un sasniegušas normālu lielumu. Īpaši labi tās uzrāda barības elementu trūkumu (Colnenne et al., 1998).

Literatūrā maz aprakstīti pētījumi par slāpekļa un sēra ietekmi uz fizioloģisko procesu, t.sk., fotosintēzes kā nozīmīgākā ražas veidojošā faktora norisi rapša augos. Pētījuma mērķis – skaidrot hlorofila *a* fluorescences rādītāju izmaiņas vasaras rapša lapās un ražas rādītāju izmaiņas saistībā ar slāpekļa un sēra piegādi.

Materiali un metodes

Pētījums veikts LU Bioloģijas fakultātes Augu fizioloģijas katedrā 2009. gadā (laboratorijas izmēģinājums) un Latvijas Augu aizsardzības pētniecības centrā 2010. gadā (lauka izmēģinājums), rapsim lietojot papildmēslojumā sēru (S) un slāpekli (N) saturošus minerālmēslus. Izmēģinājumu varianti: 1) kontrole, 2) $S_{18}N_{15}$, 3) $S_{18}N_{55}$, 4) $S_{36}N_{55}$, 5) S_0N_{55} . Kā minerālmēslojuma sēra avotu izmantoja amonija sulfātu $(NH_4)_2SO_4$ (N 21%, S 24%). Kā papildus slāpekļa avotu izmantoja amonija nitrātu NH_4NO_3 (N 34.4%). 5. variants – S_0N_{55} izmēģinājumā tika iekļauts ar mērķi noskaidrot, kāda ir amonija sulfātā esošā slāpekļa ietekme uz pētāmajiem rādītājiem.

Laboratorijas izmēģinājumu iekārtoja 2009. gada 18. februārī. Vasaras rapša šķirnes ‘Forte’ sēklas iesēja 1 L tilpuma veģetācijas traukos (5 sēklas traukā) kūdras substrātā KANO, variantā 4 trauki. Papildmēslojumu deva 18. martā, īsi pirms ģeneratīvo orgānu veidošanās sākuma. Vispirms pagatavoja 10% $(NH_4)_2SO_4$ un NH_4NO_3 šķīdumus. Traukos substrātā pārlēja mēslojumu šķīdumus, ko ieguva, atšķaidot 10% $(NH_4)_2SO_4$ un NH_4NO_3 šķīdumu ar destilētu ūdeni līdz 50 mL, ņemot uz vienu veģetācijas trauku $S_{18}N_{15}$ variantam 0.75 mL amonija sulfāta šķīduma, $S_{18}N_{55}$ – 0.75 mL amonija sulfāta un 1.16 mL amonija nitrāta šķīduma, $S_{36}N_{55}$ – 1.5 mL amonija sulfāta un 1.16 mL amonija nitrāta šķīduma, S_0N_{55} – 1.60 mL amonija nitrāta šķīduma. Kontroles varianta substrātā uzlēja 50 mL destilēta ūdens.

Pēc augu papildmēslošanas augiem mērīja hlorofila *a* fluorescences aktivitāti, nosakot fluorescences parametru F_v/F_m (F_v – mainīgā fluorescence, F_m – maksimālā fluorescence) attiecību. Mērījumi veikti ar *Handy PEA* iekārtu 4 reizes ar 2 nedēļu intervālu. Hlorofila *a* fluorescences mērīšanu izmanto pētījumos, jo to uzskata par jutīgu, precīzu un ātru metodi (Netto et al., 2005), ar kuras palīdzību var noteikt vides stresoru – sausuma, augstu/zemu temperatūru, gaisa piesārņojuma, barības vielu trūkuma/pārbagātības – ietekmi uz augiem (Гавриленко, Жигалова, 2003). *Handy PEA* iekārta piemērota lietošanai lauka un laboratorijas apstākļos (Pinior et al., 2005) un ir neinvazīva (Neufeld et al., 2006).

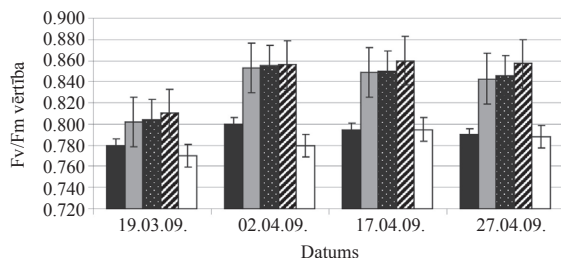
Lauka izmēģinājumu ierīkoja 2010. gada 4. aprīlī Priekuļu novadā pēc randomizētu bloku metodes četros atkārtojumos velēnu podzolaugsnē ar granulometrisko sastāvu – mālsmils. Lauciņa lielums 28.5 m². Nodrošinājums ar P_2O_5 – 159 mg kg⁻¹, K_2O – 130 mg kg⁻¹ augsnes. Organiskās vielas saturs – 4.6%. Augsnes reakcija – pH KCl 5.3. Reizē ar vasaras rapša sēju deva arī pamatmēslojumu - NPK (4:15:31) – 250 kg ha⁻¹. Vasaras rapša izsējas norma – 4.5 kg ha⁻¹. Priekšaugi – viengadīgās airesnes un āboliņa mists. Papildmēslošanu veica saskaņā ar iepriekš aprakstīto izmēģinājuma plānu 19. jūnijā, kad rapsis atradās ģeneratīvo orgānu veidošanas sākuma stadijā. Kaitīgo organismu ierobežošanai lietoja insekticīdus: Fastaks 50 e.k. (alfa-cipermetrīns, 50 g L⁻¹) – 0.2 L ha⁻¹ (11. jūnijā) un Kestaks 50 e.k. (alfa-cipermetrīns, 50 g L⁻¹) – 0.2 L ha⁻¹ (2. jūlijā). Ražu novāca 17. augustā ar kombainu *Sampo 130*.

2010. gada veģetācijas sezona raksturojās ar samērā augstām vidējām gaisa temperatūrām. Veģetācijas sezonas sākumā nokrišņu daudzums sastādīja tikai 70% no ilggadīgās normas, maijā un jūnijā tas pārsniedza normu par 23 – 52%. Jūlijā – sēklu veidošanās un nogatavošanās laikā nokrišņu daudzums sasniedza tikai 48.5 mm, kas ir gandrīz puse no normas, taču vidējā gaisa temperatūra pārsniedza ilggadīgos rādītājus par 5.3 °C.

Rezultāti un diskusija

Hlorofila *a* fluorescence tiek uzskatīta par stresa rādītāju, tās izmaiņas spēj atspoguļot dažāda mēslojuma piegādes pozitīvo vai negatīvo ietekmi uz augiem. Laboratorijas izmēģinājumos, nosakot hlorofila *a* fluorescences parametru F_v/F_m , jaunās lapās, kas tikko beigušas augšanu un sasniegušas optimālu lielumu, konstatēja, ka nākošajā dienā pēc

papildmēslošanas, īsi pirms ģeneratīvo orgānu veidošanās (19.03.09.), F_v/F_m vērtība visu variantu augiem bija 0.780 – 0.820 (1. att.). Literatūrā ir norādes, ka par optimālu tiek uzskatīts rādītājs 0.830. Rādītāji, kas ir <0.830, liecina par pazeminātu fotosistēmu efektivitāti un tiek uzskatīti kā pierādījums, ka augs ir pakļauts stresam (Maxwell, Johnson, 2000). Izmēģinājumā visās mērījumu reizēs vismazākā F_v/F_m vērtība bija kontroles varianta augiem, kas jāvērtē kā stresa rādītājs. Pirmajā mērījumu reizē arī mēslotajos variantos F_v/F_m nesasniedza optimālo vērtību, ko varētu izskaidrot ar to, ka augi vēl nebija uzņēmuši minerālelementus un tāpēc atradās stresa stāvoklī. Ģeneratīvo orgānu veidošanās fāzē (02.04.09.) un turpmākajā ontoģenēzē sēra un slāpekļa mēslojuma variantu augiem rādītājs F_v/F_m bija būtiski lielāks, kā kontroles variantam, bet slāpekļa varianta (S_0N_{55}) F_v/F_m vērtības būtiski neatšķīrās, pat atpalika no kontroles varianta. Arī citu autoru veiktajos pētījumos ar spinātiem (Verhoeven et al., 1997) novērots, ka slāpekļa deficīts/pārbagātība samazina F_v/F_m vērtību. F_v/F_m vērtības pieaugums vasaras rapša lapās pēc papildmēslošanas ļauj secināt, ka slāpekļa un sēra piegāde $S_{18}N_{55}$, $S_{36}N_{55}$, un $S_{18}N_{15}$ variantu augu lapu hloroplastos sekmē fotosistēmas fotoķīmisko reakciju maksimālu efektivitāti.



1. attēls. Hlorofila *a* fluorescences rādītāja F_v/F_m izmaiņas vasaras rapša ‘Forte’ lapās:

■ – kontrole; ■ – $S_{18}N_{15}$; ■ – $S_{18}N_{55}$; ■ – $S_{36}N_{55}$; □ – S_0N_{55} .

Lauka izmēģinājumā, salīdzinot vasaras rapša sēklu ražu kontroles un pētāmajos variantos, var spriest par mēslojuma būtisko nozīmi augu augšanā un attīstībā, jo sēklu raža kontroles lauciņos nesasniedza pat 1 t ha^{-1} (1. tab.). Iegūtie rezultāti atbilst literatūrā minētajai informācijai, ka augstvērtīgas ražas ieguvei nepietiek ar pamatmēslojuma iestrādi, jo tas tiek izmantots veģetatīvo orgānu veidošanai (Sidlauskas, Bernotas, 2003).

1. tabula

Vasaras rapša ‘Forte’ sēklu raža atkarībā no sēra un slāpekļa mēslojuma

Mēslošanas variants	Raža, t ha^{-1}	Ražas pieaugums, $\pm$, t	1000 sēklu masa, g
1. Kontrole	0.92	0.00	3.44
2. $S_{18}N_{15}$	1.08	+ 0.15	3.43
3. $S_{18}N_{55}$	1.26	+ 0.34	3.45
4. $S_{36}N_{55}$	1.29	+ 0.37	3.46
5. S_0N_{55}	0.70	- 0.22	3.29
$RS_{0.05}$	×	0.21	0.11

Sēra un slāpekļa minerālelementu piegāde to optimālajās devās ($S_{18}N_{55}$) nodrošināja statistiski būtisku sēklu ražas pieaugumu par 0.34 t ha^{-1} . Vadoties pēc Latvijas rapša audzētāju rekomendācijām 1 t sēklu ražas veidošanai nepieciešami 55 kg slāpekļa un 18 kg

sēra (Augkopība, 2004). Sēra mēslojuma devas dubultošana ($S_{36}N_{55}$) palielināja rapša ražu salīdzinājumā ar kontroli, bet nenovēroja statistiski būtiskas atšķirības, salīdzinot ar optimālo mēslojuma devu variantu. Sēra mēslojuma deficīta gadījumā (S_0N_{55}) novēroja būtisku ražas samazinājumu salīdzinājumā ar kontroles un citiem variantiem. Sēra deficīta gadījumā novēroja arī tendenci samazināties 1000 sēklu masai salīdzinājumā ar pārējo izmēģinājuma variantu augiem. Arī $S_{18}N_{15}$ variantā novēroja ražas pieauguma tendenci, kas apliecina, ka augstu ražas rādītāju ieguvei ir būtiskas abu minerālelementu atbilstošas savstarpējās attiecības.

Lai gan mēslojuma lietošana uzrādīja būtisku ietekmi uz ražas iznākumu, ražības rādītāji ir salīdzinoši zemi. Kā viens no ražas lielumu ietekmējošiem faktoriem minami nepastāvīgie meteoroloģiskie apstākļi visu veģetācijas sezonu. Arī augsnes pH bija salīdzinoši zems un neatbilstošs vasaras rapša audzēšanas prasībām, jo par optimālu tiek uzskatīts augsnes pH robežās no 6.2 līdz 7.5 (Augkopība, 2004).

Secinājumi

1. Slāpekļa un sēra mēslojuma ietekmē izmainās hlorofila *a* fluorescence vasaras rapša lapās. Fluorescences rādītāju F_v/F_m var izmantot vasaras rapša slāpekļa un sēra mēslojuma efektivitātes raksturošanai.
2. Sēra un slāpekļa minerālelementu piegāde optimālās devās ($S_{18}N_{55}$) sekmē ražas pieaugumu, taču sēra mēslojuma deficīta gadījumā (S_0N_{55}) novēro ražas samazinājumu.

Literatūras saraksts

1. *Augkopība* (2004). A. Ružas red. Jelgava, LLU, 374 lpp.
2. Colnenne, C., Meynard, M.J., Reau, R. et al. (1998) Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter oilseed rape. *Annals of Botany*, 81, pp. 311-317.
3. Hřivna, L., Richter, R., Lošák, T. et al. (2002) Effect of increasing doses of nitrogen and sulphur on chemical composition of plants, yields and seed quality in winter rape. *Rolstlinná Výroba*, 48(1), pp. 1-6.
4. Marschner, H. (1999) *Mineral nutrition of higher plants*. Second edition. London, Academic Press, 889 p.
5. Maxwell, K., Johnson, G.N. (2000) Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51, pp. 659-668.
6. Netto, A.T., Campostrini, E., de Oliveira, J.G. et al. (2005) Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll *a* fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulturae*, 104, pp.199-209.
7. Neufeld, H.S., Chappelka, A.H., Somers, G.L. et al. (2006) Visible foliar injury caused by ozone alters the relationships between SPAD meter readings and chlorophyll concentrations in cut leaf coneflower. *Photosynthesis Research*, 87, pp. 281-286.
8. Piniór, A., Grunewaldt-Stöcker, G., Alten, H. et al. (2005) Mycorrhizal impact on drought stress tolerance of rose plants probed by chlorophyll *a* fluorescence, proline content and visual scoring. *Mycorrhiza*, 15, pp. 596-605.
9. Sidlauskas, G., Bernotas, S. (2003) Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agronomy Research*, 1, pp. 229-243.
10. Verhoeven, A.S., Demmig-Adams, B., Adams, W.E. (1997) Enhanced employment of the xanthophyll cycle and thermal energy dissipation in spinach exposed to high light and N stress. *Plant Physiology*, 113, pp. 817-824.
11. Гавриленко, В.Ф., Жигалова, Т.В. (2003) *Большой практикум по фотосинтезу*. Москва, Академия, 256 с.