

*Zane Mintāle, Latvijas Augu aizsardzības pētniecības centrs, Latvija  
Māra Vikmane, Latvijas Universitāte, Latvija*

## **FOTOSINTĒZI RAKSTUROJOŠU RĀDĪTĀJU IZMAIŅAS VASARAS RAPŠA LAPĀS UN SĒKLU RAŽA SAISTĪBĀ AR SLĀPEKĻA UN SĒRA MĒSLOJUMU**

### **Abstract**

#### **Changes of photosynthesis describing parameters in spring oilseed rape leaves and the seed yield in dependence of nitrogen and sulphur fertilizers supply**

Requirement for high quality seed yield increases rapidly, accordingly with increasing number of opportunities for use of oilseed rape. To get high yield rates it is necessary to use integrated and environment friendly fertilizing systems. There is a lack of information about the effect of supplementary nitrogen and sulphur on physiological processes in plants, such as photosynthesis as a one of most important 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 nitrogen and sulphur supply. During laboratory experiments changes of chlorophyll *a* fluorescence parameters and during field experiment changes of yield parameters under different nitrogen and sulphur supply were observed. Laboratory experiments were carried out at University of Latvia, Faculty of Biology, but field experiments – at farmer's field in Priekuli municipality. Our research laboratory experiments show that chlorophyll *a* fluorescence parameter  $F_v/F_m$  can be used to describe sulphur and nitrogen mineral element supply efficacy on spring oilseed rape. Significant oilseed rape yield increase (+0.34 t ha<sup>-1</sup>) under optimal (S<sub>18</sub>N<sub>55</sub>) nutrient supply was observed in the field experiment, but lack of sulphur demonstrate significant yield losses.

***Atslēgas vārdi: Brassica napus L. var. napus, papildmēslojums, hlorofils,  $F_v/F_m$ , eļļa***

Rapsis (*Brassica napus L. var. napus*) ir nozīmīgs eļļas ieguves avots pasaulē un visplašāk audzētākais eļļas augs Eiropā (Orlovius 2003). Tas ir mērenā klimata augs, tāpēc piemērots audzēšanai visā Latvijas teritorijā (Borovko 2002: 79). Pasaulē strauji pieaug pieprasījums pēc augstvērtīgas rapša sēklu ražas, jo paplašinās izmantošanas iespējas – no rapša sēklām iegūst augstvērtīgu pārtikas eļļu un biodīzeļdegvielu, bet spraukumi ir laba, olbaltumvielām bagātīga lopbarība. Jaunākajām rapša šķirnēm raksturīga augsta ražība un sēklu kvalitāte, taču tām ir arī augstas prasības pret audzēšanas apstākļiem, tai skaitā – mēslojumu.

Hlorofila daudzums auga lapās un fotosintēzes aktivitāte ļauj spriest par auga fizioloģisko stāvokli (Гавриленко, Жигалова 2003; Neufeld et al. 2006: 281), kā arī raksturo augu apgādi ar minerālelementiem (Marschner 1999). Negatīvu ietekmi uz auga fizioloģiskajām funkcijām, fotosintēzi un auga produktivitāti var atstāt gan rapsim nepieciešamo minerālelementu trūkums augsnē, gan arī pārāk augstas to koncentrācijas (Hřivna et al. 2002: 1). No makroelementiem rapsim ir pastiprināta nepieciešamība pēc slāpekļa, un kā eļļas augam – arī pēc sēra (Abdallah et al. 2011: 511). Rapša augšana un fizioloģiskā aktivitāte ir atkarīga no šo elementu savstarpējām attiecībām. Ražas lielumu un kvalitāti visbiežāk ietekmē tas barības elements, kura trūkst (Hřivna et al. 2002: 1). Slāpekļlis ietilpst aminoskābju, nukleīnskābju, proteīnu, kā arī hlorofila sastāvā (Orlovius 2003). Sērs galvenokārt ir sēru saturošajās aminoskābēs, enzīmos, koenzīma A, kā arī tripeptīda,

glutaciona, lipolskābes, tiamīna, biotīna un citu vielu sastāvā (Marschner 1999). Vislabāk augu apgādes līmeni ar barības elementiem parāda jaunās lapas, kas tikko beigušas augšanu un sasniegušas normālu lielumu. Īpaši labi tās uzrāda barības elementu trūkumu (Colnenne et al. 1998: 311).

Literatūrā ir maz aprakstīti pētījumi par slāpekļa un sēra ietekmi uz fizioloģisko procesu, tajā skaitā fotosintēzes kā nozīmīgākā ražas veidojošā faktora norisi rapša augos. Pētījuma mērķis – skaidrot kopējā hlorofila daudzumu, hlorofila *a* fluorescences rādītāju, kā arī sēklu ražas izmaiņas saistībā ar slāpekļa un sēra minerālelementu piegādi. Iegūtie rezultāti dos zinātniski pamatotas, vidi saudzējošas rapša audzēšanas rekomendācijas atbilstoši Latvijas augsnes un klimatiskajiem apstākļiem.

### **Materiāli un metodes**

Pētījums veikts Latvijas Augu aizsardzības pētniecības centrā 2010. gadā (lauka izmēģinājums) un LU Bioloģijas fakultātes Augu fizioloģijas katedrā 2011. gadā (laboratorijas izmēģinājums), rapsim lietojot papildmēslojumā sēru (S) un slāpekli (N) saturošus minerālmēslus. Izmēģinājumu varianti: 1) kontrole  $S_0N_0$ ; 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%) ar devu 18 un 36 kg ha<sup>-1</sup> (tīrvielā). Kā papildus slāpekļa avotu lietoja amonija nitrātu  $NH_4NO_3$  (N 34.4%). Piektais variants –  $S_0N_{55}$  ar slāpekļa devu 55 kg ha<sup>-1</sup> (tīrvielā) izmēģinājumā iekļauts ar mērķi noskaidrot, kāda ir amonija sulfātā esošā slāpekļa ietekme uz pētāmajiem rādītājiem.

Lauka izmēģinājumu iekārtoja pēc randomizēto bloku metodes četros atkārtojumos 2010. gada 4. aprīlī Priekuļu novadā velēnu podzolaugsnē ar granulometrisko sastāvu – mālsmilts. Lauciņa kopējā platība 28.5 m<sup>2</sup>. Nodrošinājums ar  $P_2O_5$  – 159 mg kg<sup>-1</sup>,  $K_2O$  – 130 mg kg<sup>-1</sup> augsnes. Organisko vielu saturs augsnē – 4.6 %,  $pH_{KCl}$  – 5.3. Reizē ar vasaras rapša sēju pievadīja arī pamatmēslojumu – NPK (4:15:31) – 250 kg ha<sup>-1</sup>. Vasaras rapša izsējas norma – 4.5 kg ha<sup>-1</sup>. Priekšaugi – viengadīgās aieres un āboliņa mistrs. Papildmēslošanu veica saskaņā ar izmēģinājuma plānu 19. jūnijā, kad rapsis atradās ģeneratīvo orgānu veidošanas sākuma stadijā. Kaitēkļu ierobežošanai lietoja insekticīdus: Fastaks 50 e. k. (alfa-cipermetrīns, 50 g L<sup>-1</sup>) – 0.2 L ha<sup>-1</sup> (11. jūnijā) un Kestaks 50 e. k. (alfa-cipermetrīns, 50 g L<sup>-1</sup>) – 0.2 L ha<sup>-1</sup> (2. jūlijā). Ražu novāca 17. augustā. Rapša sēklām noteica kopējo eļļas daudzumu (LLU Agronomisko analīžu zinātniskajā laboratorijā).

Veģētācijas sezona 2010. gadā raksturojās ar samērā augstām vidējām gaisa t<sup>o</sup>. Rapša augšanas sākumā nokrišņu daudzums bija normas robežās, taču jūlijā – sēklu veidošanās un nogatavošanās laikā nokrišņu daudzums pārsniedza normu divas reizes. Vidējā gaisa temperatūra jūlijā pārsniedza ilggadīgos rādītājus par 6.3 °C.

Laboratorijas izmēģinājumā augus audzēja 1 L tilpuma veģetācijas traukos četros atkārtojumos (5 sēklas traukā) kūdras substrātā *KANO*, kurā slāpekļis – 180 mg L<sup>-1</sup>, fosfors – 245 mg L<sup>-1</sup>, kālijs – 400 mg L<sup>-1</sup>, pH – 5.5–7.0. Papildmēslojumu pievadīja 10. februārī, rapša 3–4 īsto lapu stadijā. Vispirms pagatavoja 10% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> un NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> šķīdumus. Traukos substrātam pārlēja mēslojumu šķīdumus, ko ieguva, atšķaidot 10% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> un NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> šķīdumu ar destilētu ūdeni līdz 50 ml: S<sub>18</sub>N<sub>15</sub> – 0.75 ml (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; S<sub>18</sub>N<sub>55</sub> – 0.75 ml (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> un 1.1 ml NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>; S<sub>36</sub>N<sub>55</sub> – 1.5 ml (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> un 0.67 ml NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>; S<sub>0</sub>N<sub>55</sub> – 1.57 ml NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>. Kontroles varianta substrātam uzlēja 50 ml destilēta ūdens. Hlorofila daudzumu noteica nedestruktīvi, izmantojot hlorofilmetru *Minolta SPAD-502*, mērījumus izdarot augu augšējā stāva lapām, kas tikko beigušas augšanu un sasniegušas normālu lielumu.

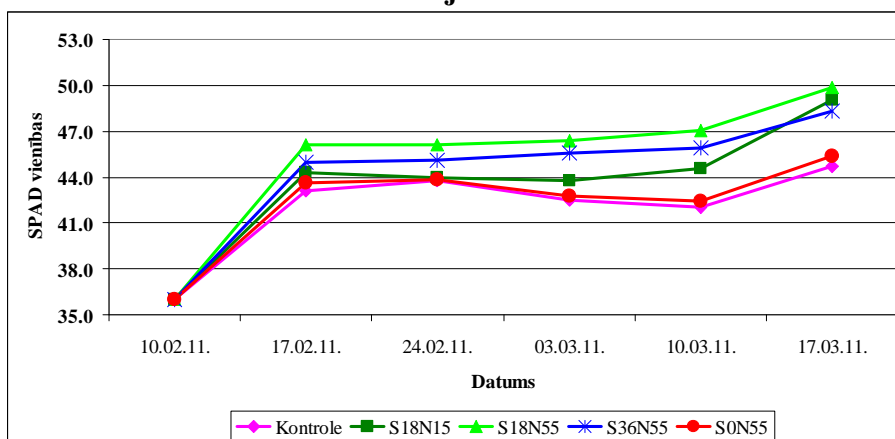
Pēc augu papildmēslošanas augiem mērīja hlorofila *a* fluorescences aktivitāti, nosakot fluorescences rādītāja F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub> izmaiņas. Mērījumus veica ar *Handy PEA* iekārtu 4 reizes ar nedēļas intervālu. Hlorofila *a* fluorescences mērīšanu plaši izmanto pētījumos, jo to uzskata par jutīgu, precīzu un ātru metodi (Netto et al. 2005: 199), ar kuras palīdzību var noteikt vides stresoru – barības vielu trūkuma/pārbagātības, augstu/zemu temperatūru, sausuma, gaisa piesārņojuma – ietekmi uz augiem (Гавриленко, Жигалова 2003). *Handy PEA* iekārta piemērota lietošanai lauka un laboratorijas apstākļos un ir nedestruktīva (Neufield et al. 2006: 281).

## Rezultāti un diskusija

Laboratorijas izmēģinājumos konstatēja, ka rapša lapās hlorofila daudzums ontogēnēzē (līdz ģeneratīvo orgānu veidošanās fāzei) pieaug un to ietekmē papildmēslojuma pievadīšana (1. attēls).

### 1. attēls

#### Hlorofila daudzuma izmaiņas vasaras rapša 'Forte' lapās atkarībā no slāpekļa un sēra mēslojuma



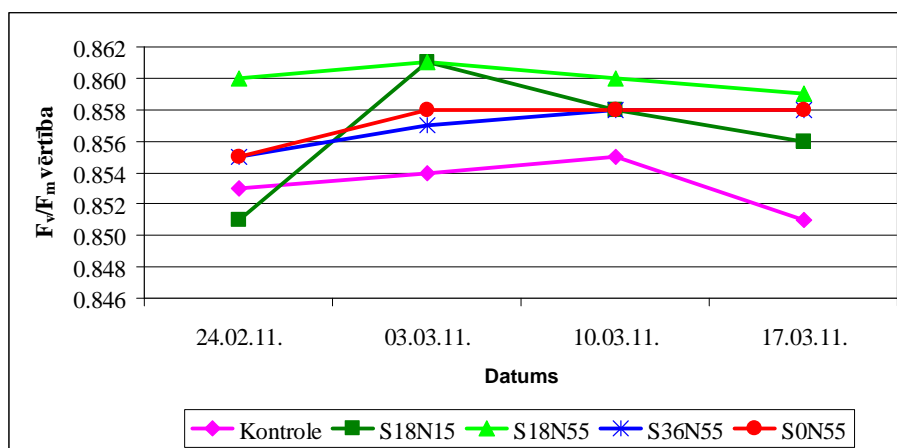
Viszemākais hlorofila daudzums noteikts kontroles varianta augiem, kā arī augiem, kas mēsloti ar nesabalansēti lielu slāpekļa mēslojumu (S<sub>0</sub>N<sub>55</sub>). Visaugstākie rādītāji konstatēti

S<sub>18</sub>N<sub>55</sub> (optimālā mēslojuma deva) varianta augu lapās. No tā var secināt, ka sēra un slāpekļa saturošu mēslojumu piegāde optimālās devās sekmē hlorofila biosintēzi rapša lapās.

Hlorofila *a* fluorescences tiek uzskatīta par stresa rādītāju, jo tās izmaiņas spēj atspoguļot dažāda mēslojuma piegādes pozitīvo vai negatīvo ietekmi uz augiem. Nosakot hlorofila *a* fluorescences parametru  $F_v/F_m$ , kas raksturo fotosintēzes gaismas reakciju norisi (jeb fotosistēmas II reakcijas centru efektivitāti), novēroja tā izmaiņas atkarībā no papildmēslojuma piegādes devas. Salīdzinot  $F_v/F_m$  rādītāju eksperimenta variantu augiem (2. attēls), viszemākā rādītāja vērtība visās mērījumu reizēs ir kontroles varianta augiem, kas jāvērtē kā fotosistēmas II samazināta spēja reducēt elektronu primāro akceptoru.

## 2. attēls

$F_v/F_m$  izmaiņas vasaras rapša 'Forte' lapās, nosakot ar Handy PEA



Visaugstākā  $F_v/F_m$  vērtība konstatēta S<sub>18</sub>N<sub>55</sub> varianta augiem, kas liecina, ka mēslojuma piegāde optimālās devās nodrošina efektīvu fotosintēzes gaismas reakciju norisi. S<sub>36</sub>N<sub>55</sub> un S<sub>0</sub>N<sub>55</sub> variantu augiem  $F_v/F_m$  rādītājs ir nedaudz zemāks nekā S<sub>15</sub>N<sub>15</sub> un S<sub>18</sub>N<sub>55</sub> variantu augiem. No tā var secināt, ka sēra mēslojuma pārbagātība (S<sub>36</sub>N<sub>55</sub>) un sēra deficīts (S<sub>0</sub>N<sub>55</sub>) izraisa fotosintēzes efektivitātes samazināšanos. Arī citu autoru veiktajos pētījumos ar spinātiem (Verhoeven et al. 1997: 817) novērots, ka slāpekļa deficīts/pārbagātība samazina  $F_v/F_m$  vērtību. Neliela gaismas kvantu efektivitātes rādītāju samazināšanās augu ģeneratīvo orgānu veidošanās fāzē netieši liecina par fotosintēzes asimilātu atplūdi uz ģeneratīvajiem pumpuriem.

Lauka izmēģinājumā, salīdzinot vasaras rapša sēklu ražu starp kontroli un ar papildmēslojumu apstrādātajiem variantiem, var spriest par mēslojuma būtisko nozīmi augu augšanā un attīstībā, jo sēklu raža kontroles lauciņos nerasniedza pat 1 t ha<sup>-1</sup> (1. tabula). Tas apliecina literatūrā minēto informāciju, ka augstvērtīgas ražas ieguvei nepietiek ar pamatmēslojuma iestrādi, jo tas galvenokārt tiek izmantots veģetatīvo orgānu veidošanai (Sidlauskas, Bernotas 2003: 229).

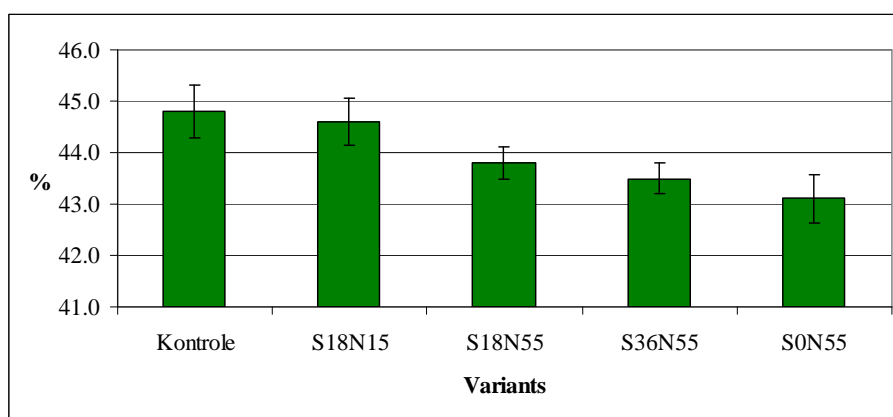
**Vasaras rapša 'Forte' sēklu raža atkarībā no sēra un slāpekļa mēslojuma**

Mēslojuma variants	Raža, t ha <sup>-1</sup>	Ražas pieaugums, +/- t
1. Kontrole	0.92	0.00
2. S <sub>18</sub> N <sub>15</sub>	1.08	+0.15
3. S <sub>18</sub> N <sub>55</sub>	1.26	+0.34
4. S <sub>36</sub> N <sub>55</sub>	1.29	+0.37
5. S <sub>0</sub> N <sub>55</sub>	0.70	-0.22
RS <sub>0.05</sub>	×	0.21

Būtisku ražas pieaugumu izraisīja sēra un slāpekļa minerālelementu piegāde to optimālajās devās (S<sub>18</sub>N<sub>55</sub>). Vadoties pēc Latvijas rapša audzētāju rekomendācijām 1 t sēklu ražas veidošanai nepieciešami 55 kg slāpekļa un 18 kg sēra (Ruža u. c. 2004). Arī sēra mēslojuma devas dubultošana (S<sub>36</sub>N<sub>55</sub>) palielināja rapša ražu salīdzinājumā ar kontroli.

Sēra mēslojuma deficīta gadījumā (S<sub>0</sub>N<sub>55</sub>) novēroja būtisku sēklu ražas zudumus salīdzinājumā ar kontroles un citiem variantiem, kas apliecina, ka augstu ražas rādītāju ieguvei ir jālieto sabalansētas mēslojuma devas. Lai gan papildmēslojuma lietošana uzrādīja pozitīvu ietekmi uz ražas iznākumu, ražības rādītāji ir salīdzinoši zemi. Iespējams, ka nepastāvīgie meteoroloģiskie apstākļi atstāja negatīvu ietekmi uz ražas rādītājiem. Lai spriestu par meteoroloģisko apstākļu ietekmes būtiskumu, lauka izmēģinājums jāveic atkārtoti.

Eļļas saturs vasaras rapša šķirnes 'Forte' sēklās ir 43.1–44.8% (3. attēls). Pēc literatūras datiem, eļļas saturs rapša sēklās ir 40–44% (Māeorg et al. 2005: 133).

**3. attēls****Eļļas saturs vasaras rapša 'Forte' sēklās**

Lietojot rapšim papildmēslojumā slāpekli, novēro eļļas satura samazināšanos sēklās. Viszemākais eļļas saturs konstatēts S<sub>0</sub>N<sub>55</sub> varianta augu sēklās, kur netika pievadīts sēra papildmēslojums. Tas sakrīt ar citu zinātnieku veikto pētījumu rezultātiem (Ahmad et al. 2007: 731) par sēra ietekmi uz eļļas saturu rapša sēklās. Var secināt, ka sabalansētām mēslojuma devām ir būtiska nozīme maksimālā eļļas daudzuma ieguvē.

## Secinājumi

Vasaras rapša šķirnes 'Forte' lapās ontogēnēzē līdz ziedēšanai palielinās hlorofila daudzums un izmainās hlorofila *a* fluorescence slāpekļa un sēra papildmēslojuma (S<sub>18</sub>N<sub>15</sub>, S<sub>18</sub>N<sub>55</sub>, S<sub>36</sub>N<sub>55</sub>, S<sub>0</sub>N<sub>55</sub>) ietekmē. Slāpekļa un sēra minerālelementu piegāde devās S<sub>18</sub>N<sub>55</sub>, S<sub>36</sub>N<sub>55</sub>, S<sub>18</sub>N<sub>55</sub> sekmē sēklu ražas pieaugumu, taču sēra deficīta gadījumā (S<sub>0</sub>N<sub>55</sub>) novēro būtisku ražas samazinājumu. Slāpekļa papildmēslojums 55 kg tīrvielas uz 1 ha negatīvi ietekmē eļļas daudzumu rapša sēklās. Hlorofila daudzumu un fluorescences rādītāju F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub> rapša lapās var izmantot slāpekļa un sēra mēslojuma efektivitātes raksturošanai.

## Bibliogrāfija

1. Abdallah M., Etienne P., Ourry A., Meuriot F. (2011) Do initial S reserves and mineral S availability alter leaf S-N mobilization and leaf senescence in oilseed rape? *Plant Science*, 180: 511-520.
2. Ahmad G., Jan A., Arif M., Jan M. T., Khattak R. A. (2007) Influence of nitrogen and sulphur fertilization on quality of canola (*Brassica napus* L.) under rainfed conditions. *Journal of Zhejiang University Science*, 8 (10): 731-737.
3. Borovko L. (2002) Vasaras rapša šķirņu ražība. *Agronomijas Vēstis*, No. 4: 79-82.
4. Colnenne, C., Meynard, M.J., Reau, R., Justes E., Merrien A. (1998) Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter oilseed rape. *Annals of Botany*, Vol. 81: 311-317.
5. Henriksen B. I. F., Lundon A. R., Prestløkken E. (2009) Nutrient supply for organic oilseed crops, and quality of potential organic protein feed for ruminants and poultry. *Agronomy Research*, 7 (Special issue II): 592-598.
6. Hřivna, L., Richter, R., Lořák, T., Hluřek J. (2002) Effect of increasing doses of nitrogen and sulphur on chemical composition of plants, yields and seed quality in winter rape. *Rolstlinná Vřyroba*, Vol. 48 (1): 1-6.
7. Marschner, H. (1999) *Mineral nutrition of higher plants*. Second edition. London, Academic Press.
8. Māeorg, E., Lāāniste, P., Jōudu, J., Māeorg, U. (2005) The oil content and sterol composition of spring oilseed rape seeds. *Agronomijas Vēstis*, No. 8: 133-136.
9. Netto, A.T., Campostrini, E., de Oliveira, J.G., Bressan-Smith R.E. (2005) Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll *a* fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulturae*, 104: 199-209.
10. Neufield, H.S., Chappelka, A.H., Somers, G.L., Burkey K.O., Davison A.W., Finkelstein P.L. (2006) Visible foliar injury caused by ozone alters the relationships between SPAD meter readings and chlorophyll concentrations in cut leaf coneflower. *Photosynthesis Research*, 87: 281-286.
11. Orlovius, K. (2003) Fertilizing for high yield and quality oilseed rape. *IPI Bulletin No. 16*, International Potash Institute, Switzerland.
12. Ruža, A., Adamovičs, A., Bankina, B., Bērziņš A., Driķis J., Kārklīņš A., Kreišmane Dz., Kreita Dz., Turka I., Ruža E. (2004) *Augkopība*. Jelgava, Latvijas Lauksaimniecības Universitāte.
13. Sidlauskas, G., Bernotas, S. (2003) Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agronomy Research*, 1: 229-243.
14. 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: 817-824.

15. Гавриленко, В.Ф., Жигалова, Т.В. (2003) *Большой практикум по фотосинтезу*. Москва: Академия.