

Tadeusz Łoboda^{1,4}, Mariusz Lewandowski², Jacek Markus³, Stefan Pietkiewicz¹
Daniela Ostrowska³

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

¹ Katedra Fizjologii Roślin, ² Katedra Entomologii Stosowanej, ³ Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin

⁴ Politechnika Białostocka, Katedra Produkcji Ekologicznej w Rolnictwie

Wymiana gazowa i plonowanie rzepaku ozimego w okresie żerowania słodyszka rzepakowego (*Meligethes aeneus* F.)

Gas exchange and yielding of winter oilseed rape during pollen beetle (*Meligethes aeneus* F.) feeding

Słowa kluczowe: fotosynteza, transpiracja, plonowanie, rzepak, słodyszek, kompensacja uszkodzeń, nawożenie azotowe

Key words: photosynthesis, transpiration, yielding, winter oilseed rape, pollen beetle, damage compensation, nitrogen fertilization

W trakcie przeprowadzonych badań nad wpływem żerowania słodyszka rzepakowego na wymianę gazową rzepaku ozimego odmiany Leo stwierdzono wyraźny wzrost intensywności transpiracji u roślin niechronionych i nieco mniejszy u roślin dekapitowanych. Na ogół w przypadku fotosyntezy stwierdzano u roślin niechronionych jej spadek, aczkolwiek reakcja ta była modyfikowana do pewnego stopnia przez nawożenie azotem oraz wielkość obsady roślin. Wykorzystanie wody w procesie fotosyntezy (WUE) było najniższe u roślin, na których żerował szkodnik, natomiast rośliny chronione najlepiej wykorzystywały wodę do produkcji biomasy. Zarysowała się również wyraźna tendencja do kompensacji uszkodzeń u roślin dekapitowanych. Rośliny dekapitowane miały znacząco niższy plon nasion i tłuszczu w porównaniu z roślinami chronionymi i niechronionymi.

During pollen beetle feeding lower photosynthetic rate for non protected plants of winter oilseeds rape cv. Leo as compared with protected and decapitated plants was observed. On the other hand, non protected plants had higher transpiration than plants from other combinations. Thus the lowest water use efficiency (WUE) was found for non protected plants. Higher seed and oil yields were obtained when higher sowing rate and higher fertilization were used. The lowest seed and fat yield was obtained from decapitated plants.

Wstęp

Szulc (1959) podkreślił duże znaczenie agrotechniki dla kompensacji szkód w uprawach rzepaku powodowanych przez słodyszka i inne szkodniki. Straty w plonowaniu powodowane przez agrofagi szacuje się nawet na 60% (Mrówczyński i in. 1993). Reakcja kompensacyjna rośliny na uszkodzenia obejmuje między innymi podwyższenie intensywności wymiany gazowej liści, ale możliwa jest również rozbudowa aparatu asymilacyjnego o dalsze jednostki o takiej samej intensywności fotosyntezy (Pietkiewicz i in. 1995, 1996). W warunkach intensywnego nawożenia azotem wykształca się lepiej pęd główny z większą liczbą łuszczyn (Diepenbrock 1979). Wzrasta również liczba łuszczyn na pędach bocznych, a więc i na całej roślinie (Wójtowicz i in. 1993), co częstokroć prowadzi do niemal całkowitego zniesienia wpływu żerowania szkodników na plonowanie rzepaku.

Celem pracy było poznanie wymiany gazowej i plonowania roślin rzepaku ozimego w warunkach żerowania agrofagów, głównie słodyszka, i określenie modyfikującej te procesy roli nawożenia azotowego.

Metodyka badań

Przy pomocy analizatora gazów Li-6200 (Li-Cor, Lincoln, Nebraska, USA) na wyrośniętych liściach pędu głównego oznaczono w 1998 r. w trzech terminach (na początku żerowania, w okresie kwitnienia i w okresie wytwarzania łuszczyn) podstawowe parametry wymiany gazowej (fotosyntezę, przewodność szparkową, międzykomórkowe stężenie CO₂ i transpirację) oraz wyznaczono fotosyntetyczny współczynnik wykorzystania wody (WUE) u chronionych chemicznie, głównie przed słodyszkiem, niechronionych oraz dekapitowanych roślin rzepaku ozimego odmiany Leo, uprawianego przy dwóch gęstościach siewu tj. 80 i 160 nasion/m², i nawożonych różnymi dawkami azotu, tj. 80 (N1) i 160 (N2) kg N/ha. Na końcu doświadczenia określono plon nasion i ich skład chemiczny. Wyniki opracowano statystycznie przy pomocy ANOVA. Podano NIR tylko dla istotnych różnic.

Wyniki i dyskusja

Niezależnie od nawożenia rośliny niechronione wykazały spadek fotosyntezy w porównaniu z chronionymi w wyniku spadku aktywności aparatu fotosyntetycznego (tab. 1). Przewodnictwo szparkowe kształtowało się różnie i nie stwierdzono jednoznacznej zależności między poszczególnymi kombinacjami (tab. 2).

Tabela 1

Fotosynteza ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) roślin rzepaku ozimego odmiany Leo zależnie od sposobu chronienia plantacji i dawki nawożenia azotem w okresie wiosennej wegetacji 1998 r. *Photosynthesis of winter oilseed rape cv. Leo depending on the method of insect control and plant nitrogen fertilization during spring vegetation 1998*

Kombinacja <i>Treatment</i>	Termin pomiarów — <i>Time of measurement</i>		
	29 kwietnia <i>April 29th</i>	9 maja <i>May 9th</i>	8 czerwca <i>June 8th</i>
N1 chronione — <i>N1 protected</i>	11,92	20,35	17,41
N2 chronione — <i>N2 protected</i>	13,22	21,33	16,63
Chronione średnio — <i>Average protected</i>	12,57	20,84	17,02
N1 dekapitowane — <i>N1 decapitated</i>	12,36	19,02	16,06
N2 dekapitowane — <i>N2 decapitated</i>	11,74	17,28	16,26
Dekapitowane średnio — <i>Average decapitated</i>	12,05	18,15	16,16
N1 niechronione — <i>N1 non protected</i>	11,40	17,15	11,61
N2 niechronione — <i>N2 non protected</i>	11,08	18,55	16,14
Niechronione średnio — <i>Average non protected</i>	11,24	17,85	13,88

$\text{NIR}_{0,01}$ dla terminu = 2,72 — $\text{LSD}_{0,01}$ for time of measurement = 2.72

Tabela 2

Przewodnictwo szparkowe ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) roślin rzepaku ozimego odmiany Leo zależnie od sposobu chronienia plantacji i dawki nawożenia azotem w okresie wiosennej wegetacji 1998 r. — *Stomatal conductance of winter oilseed rape cv. Leo depending on the method of insect control and plant nitrogen fertilization during spring vegetation 1998*

Kombinacja <i>Treatment</i>	Termin pomiarów — <i>Time of measurement</i>		
	29 kwietnia <i>April 29th</i>	9 maja <i>May 9th</i>	8 czerwca <i>June 8th</i>
N1 chronione — <i>N1 protected</i>	0,5140	0,6950	0,5295
N2 chronione — <i>N2 protected</i>	0,6426	0,6838	0,4503
Chronione średnio — <i>Average protected</i>	0,5783	0,6894	0,4899
N1 dekapitowane — <i>N1 decapitated</i>	0,5180	0,5200	0,5084
N2 dekapitowane — <i>N2 decapitated</i>	0,5252	0,5542	0,5872
Dekapitowane średnio — <i>Average decapitated</i>	0,5216	0,5371	0,5478
N1 niechronione — <i>N1 non protected</i>	0,5532	0,7090	0,3795
N2 niechronione — <i>N2 non protected</i>	0,5292	0,6932	0,4838
Niechronione średnio — <i>Average non protected</i>	0,5412	0,7011	0,4316

$\text{NIR}_{0,01}$ dla terminu = 0,07 — $\text{LSD}_{0,01}$ for time of measurement = 0.07

$\text{NIR}_{0,01}$ dla termin \times ochrona = 0,12 — $\text{LSD}_{0,01}$ for time of measurement \times protection = 0.12

U roślin chronionych obserwowano tendencję do utrzymywania się niższego międzykomórkowego stężenia CO₂ w porównaniu z pozostałymi badanymi kombinacjami, co może wskazywać także na wyższe wykorzystanie CO₂ w fotosyntezie (tab. 3). Rośliny niechronione wykazywały wyższą transpirację niż rośliny chronione (tab. 4). W efekcie doszło u nich do najbardziej niekorzystnego wykorzystania wody w procesie wymiany gazowej (tab. 5) w porównaniu z pozostałymi roślinami. Rośliny mechanicznie pozbawione kwiatostanów na pędzie głównym (dekapitowane) wykazały kompensację fotosyntezy, ale zarazem i obniżenie WUE, w stosunku do roślin chronionych.

Tabela 3

Międzykomórkowe stężenie CO₂ (μmol mol⁻¹) roślin rzepaku ozimego odmiany Leo zależnie od sposobu chronienia plantacji i dawki nawożenia azotem w okresie wiosennej wegetacji 1998 r. — *Intercellular CO₂ concentration of winter oilseed rape cv. Leo depending on the method of insect control and plant nitrogen fertilization during spring vegetation 1998*

Kombinacja <i>Treatment</i>	Termin pomiarów <i>Time of measurement</i>		
	29 kwietnia <i>April 29th</i>	9 maja <i>May 9th</i>	8 czerwca <i>June 8th</i>
N1 chronione — <i>N1 protected</i>	326,25	298,25	298,75
N2 chronione — <i>N2 protected</i>	321,50	294,25	303,25
Chronione średnio — <i>Average protected</i>	323,88	296,25	301,00
N1 dekapitowane — <i>N1 decapitated</i>	331,20	306,50	301,25
N2 dekapitowane — <i>N2 decapitated</i>	333,00	301,50	306,25
Dekapitowane średnio — <i>Average decapitated</i>	332,10	304,00	303,75
N1 niechronione — <i>N1 non protected</i>	334,50	312,00	310,50
N2 niechronione — <i>N2 non protected</i>	327,90	308,50	309,00
Niechronione średnio — <i>Average non protected</i>	331,20	310,25	309,75

NIR_{0,01} dla terminu = 13,05 — *LSD_{0,01} for time of measurement = 13.05*

Według Dmocha (1996) uszkodzenia powodowane przez słodyszka rzepakowego nie obniżają plonu nasion przy prawidłowej agrotechnice. Plon nasion rzepaku ozimego wyniósł od 357,16 do 693,51 g/m², średnio 520,59 g/m². Stwierdzono istotny wzrost plonu w wyniku zwiększenia nawożenia mineralnego o 25%. Wyższa gęstość siewu i wyższe nawożenie zwiększyły plon nasion rzepaku odpowiednio nieistotnie o 41,78 (dane nie pokazane) i istotnie o 115,73 g/m² (tab. 6). Dmoch (1996) stwierdził, że słodyszkowi rzepakowemu często przypisuje się straty powodowane przez inne szkodniki, szczególnie pryszczarka kapustnika (*Dasyneura brassicae* Winn.) i chowacza podobnika (*Ceutorhynchus assimilis* Payk.), które stwarzają bardzo duże zagrożenie dla plonu nasion rzepaku (Dmoch 1996, Jankowski 1998, Mrówczyński i in. 1993).

Tabela 4

Transpiracja ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) roślin rzepaku ozimego odmiany Leo zależnie od sposobu chronienia plantacji i dawki nawożenia azotem w okresie wiosennej wegetacji 1998 r. *Transpiration ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) of winter oilseed rape cv. Leo depending on the method of insect control and plant nitrogen fertilization during spring vegetation 1998*

Kombinacja <i>Treatment</i>	Termin pomiarów — <i>Time of measurement</i>		
	29 kwietnia <i>April 29th</i>	9 maja <i>May 9th</i>	8 czerwca <i>June 8th</i>
N1 chronione — <i>N1 protected</i>	4,95	7,00	11,08
N2 chronione — <i>N2 protected</i>	6,25	7,40	10,48
Chronione średnio — <i>Average protected</i>	5,60	7,20	10,78
N1 dekapitowane — <i>N1 decapitated</i>	6,05	8,19	11,90
N2 dekapitowane — <i>N2 decapitated</i>	6,51	8,37	11,70
Dekapitowane średnio — <i>Average decapitated</i>	6,28	8,28	11,80
N1 niechronione — <i>N1 non protected</i>	6,23	8,76	11,70
N2 niechronione — <i>N2 non protected</i>	6,15	8,92	12,83
Niechronione średnio — <i>Average non protected</i>	6,19	8,84	12,26

$\text{NIR}_{0,01}$ dla terminu i ochrony = 0,97 — $\text{LSD}_{0,01}$ for time of measurement and protection = 0.97

Tabela 5

Współczynnik wykorzystania wody (WUE) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) roślin rzepaku ozimego odmiany Leo zależnie od sposobu chronienia plantacji i dawki nawożenia azotem w okresie wiosennej wegetacji 1998 r. — *Water use efficiency (WUE) of winter oilseed rape cv. Leo depending on the method of insect control and plant nitrogen fertilization during spring vegetation 1998*

Kombinacja <i>Treatment</i>	Termin pomiarów — <i>Time of measurement</i>		
	29 kwietnia <i>April 29th</i>	9 maja <i>May 9th</i>	8 czerwca <i>June 8th</i>
N1 chronione — <i>N1 protected</i>	2,41	2,91	1,57
N2 chronione — <i>N2 protected</i>	2,12	2,88	1,59
Chronione średnio — <i>Average protected</i>	2,24	2,89	1,58
N1 dekapitowane — <i>N1 decapitated</i>	2,04	2,32	1,35
N2 dekapitowane — <i>N2 decapitated</i>	1,80	2,06	1,39
Dekapitowane średnio — <i>Average decapitated</i>	1,92	2,19	1,37
N1 niechronione — <i>N1 non protected</i>	1,83	1,96	0,99
N2 niechronione — <i>N2 non protected</i>	1,80	2,08	1,26
Niechronione średnio — <i>Average non protected</i>	1,82	2,02	1,13

Tabela 6

Plon nasion i tłuszczu (g/m^2) roślin rzepaku ozimego odmiany Leo zależnie od sposobu chronienia plantacji i dawki nawożenia azotem w 1998 r. — *Seed and fat yield of winter oilseed rape cv. Leo depending on the method of insect control and plant nitrogen fertilization in 1998*

Ochrona <i>Protection</i>	Nawożenie <i>Fertilization</i>	Plon nasion <i>Seed yield</i>	Plon tłuszczu <i>Oil yield</i>
Chronione — <i>Protected</i>	N1	476,99	212,26
	N2	591,53	260,57
	Średnio — <i>Average</i>	534,26	236,42
Dekapitowane — <i>Decapitated</i>	N1	440,52	200,44
	N2	524,57	234,48
	Średnio — <i>Average</i>	482,55	217,46
Niechronione — <i>Non protected</i>	N1	470,67	208,98
	N2	619,26	269,69
	Średnio — <i>Average</i>	544,97	239,34

$\text{NIR}_{0,05}$ dla nawożenia (plon nasion) = 80,35 — $\text{LSD}_{0,05}$ for fertilization (seed yield) = 80,35

$\text{NIR}_{0,05}$ dla nawożenia (plon tłuszczu) = 8,68 — $\text{LSD}_{0,05}$ for fertilization (oil yield) = 8,68

Przyczarek kapustnik (*Dasyneura brassicae* Winn.) i chowacz podobnik (*Ceutorhynchus assimilis* Payk.) żerują na wykształconych łuszczynach, co uniemożliwia wysoką kompensację tych uszkodzeń przez rośliny (Jankowski 1998, Mrówczyński i in. 1993), ponieważ zarówno liczba nasion w łuszczynie, jak i MTN zmienia się tylko w niewielkim zakresie w przeciwieństwie do liczby łuszczyn na roślinie.

Rzepak ma ogromny potencjał genetyczny wytwarzania dużej liczby pąków kwiatowych (nawet 4000–5000 na roślinę) (Dmoch 1996), co daje znaczne możliwości kompensacji uszkodzeń występujących do okresu kwitnienia roślin (Dmoch 1996, Jankowski 1998, Podlaska i in. 1996). W wyniku żerowania słodyszka rzepakowego na ogół niszczone są pąki kwiatowe na pędzie głównym (Budzyński i in. 1994, Jankowski 1998), natomiast zwiększeniu ulega liczba łuszczyn wykształcanych na pędach bocznych (Jankowski 1998, Podlaska i in. 1996). W sprzyjających warunkach doprowadza to do kompensacji uszkodzeń (Dmoch 1996, Jankowski 1998, Podlaska i in. 1996), czasami powodując nawet nadkompensację (Jankowski 1998). W wyniku zwalczania słodyszka rozmieszczenie łuszczyn na roślinie jest odmienne: wzrasta udział łuszczyn na pędzie głównym, a maleje na pędach bocznych (Podlaska i in. 1996).

Stwierdzono istotny wpływ sposobu uszkodzania pąków kwiatowych na obsadę roślin, na obiektach chronionych chemicznie obsada była niższa o 20,7% w porównaniu do obiektów ze ścinanym kwiatostanem głównym i o 60%

w porównaniu do kontroli (dane nie przedstawione w tabeli). W 1998 roku zwiększenie nawożenia spowodowało obniżenie obsady w czasie zbioru o 22%.

Plon tłuszczu rzepaku ozimego wynosił od 160,72 g/m² do 303,06 g/m², średnio 231,04 g/m². Wyższe nawożenie azotem zwiększyło istotnie plon tłuszczu z 1 m² odpowiednio o 22,21 i 47,80 g (tab. 6). Jankowski (1998) podaje, że następuje wzrost zawartości tłuszczu w nasionach rzepaku w wyniku zaniechania stosowania insektycydów, natomiast Muśnicki i in. (1995) stwierdzili spadek zawartości tłuszczu o 0,9%, a Budzyński i in. (1994) spadek plonu tłuszczu o 48%. Markus i in. (1996) uzyskali spadek zawartości tłuszczu i wzrost zawartości glukozyolanów w wyniku dekapitacji kwiatostanu głównego. Zaniechanie ochrony może spowodować wzrost zawartości glukozyolanów w nasionach (Jankowski 1998), czego nie potwierdza Muśnicki i in. (1995). Skład kwasów tłuszczowych jest cechą wysoce odziedziczną, która w niewielkim stopniu podlega wpływom pogody, a czynniki agrotechniczne praktycznie go nie zmieniają. Woyke (1993) natomiast stwierdziła dodatnią korelację zawartości tłuszczu i plonu tłuszczu z plonem nasion.

Wnioski

1. Obcięcie kwiatostanu na głównym pędzie oraz brak ochrony chemicznej przed słodyszkiem rzepakowym obniżają intensywność fotosyntezy rzepaku ozimego.
2. Przewodność szparkowa zwiększa się u roślin pozbawionych ochrony chemicznej przed słodyszkiem rzepakowym, a zmniejsza się u roślin dekapitowanych.
3. Zaniechanie ochrony chemicznej i dekapitacja kwiatostanu na pędzie głównym wywołują wyraźny wzrost transpiracji, prowadząc do obniżonej efektywności wykorzystania wody w procesach wymiany gazowej.
4. Uzyskiwane, podobne we wszystkich badanych wariantach, plony nasion i tłuszczu świadczą o wysokiej produktywności fotosyntetycznej roślin rzepaku ozimego, umożliwiającej kompensację uszkodzeń powodowanych przez słodyszka rzepakowego.
5. Nawożenie azotowe modyfikuje wymianę gazową oraz plonowanie i zawartość tłuszczu w nasionach rzepaku wszystkich badanych wariantów w okresie żerowania słodyszka rzepakowego.

Literatura

- Budzyński W., Muśnicki Cz., Kotecki A., Jankowski K. 1994. Produktywność azotu w rzepaku chronionym i nie chronionym przeciwko owadom. *Rośliny Oleiste*, XV (1): 35-40.
- Diepenbrock W. 1979. Einfluss der Stickstoffernahrung auf qualitative und quantitative Sameneigenschaften von Raps (*Brassica napus* L.). *Z. L. Pflanzenernahrung u. Bodenkunde*, 142, 5: 740-750.
- Dmoch J. 1996. Uwagi na temat ochrony rzepaku przed szkodnikami. *Postępy Nauk Roln.*: 90-97.
- Jankowski K. 1998. Skutki uszkodzeń owadzych rzepaku w różnych warunkach odżywiania azotem. Artykuł przeglądowy. *Fragm. Agron.*, XV (1): 40-52.
- Markus J., Podlaska J., Dmoch J., Pietkiewicz S., Łoboda T., Lewandowski M. 1996. Kompensacja uszkodzeń powodowanych przez słodyszka (*Meligethes aeneus* F.) na rzepaku ozimym przy różnej obsadzie i nawożeniu. III. Skład chemiczny nasion rzepaku odmiany Leo. *Rośliny Oleiste*, XVII (2): 325-330.
- Mrówczyński M., Widerski K., Grala B., Piekarczyk K. 1993. Zmiany w zwalczaniu szkodników rzepaku ozimego w Polsce w latach 1966-1993. *Postępy Nauk Roln.*, 6: 77-83.
- Muśnicki Cz., Toboła P., Muśnicka B. 1995. Jakość nasion rzepaku w zależności od intensywności ochrony roślin przed szkodnikami. *Rośliny Oleiste*, XVI (2): 209-216.
- Pietkiewicz S., Łoboda T., Dmoch J., Podlaska J., Szczygieski T. 1995. Wymiana gazowa łąnu rzepaku ozimego pod wpływem żerowania słodyszka rzepakowca (*Meligethes aeneus* F.). Odporność roślin na choroby, szkodniki i niesprzyjające czynniki środowiska. IHAR, Radzików: 375-376.
- Pietkiewicz S., Łoboda T., Dmoch J., Podlaska J., Markus J. 1996. Kompensacja uszkodzeń powodowanych przez słodyszka (*Meligethes aeneus* F.) na rzepaku ozimym przy różnej obsadzie i nawożeniu. II. Wskaźniki fotosyntetycznej produktywności. *Rośliny Oleiste*, XVII (2): 319-324.
- Podlaska J., Markus J., Dmoch J., Łoboda T., Pietkiewicz T., Lewandowski M. 1996. Kompensacja uszkodzeń powodowanych przez słodyszka (*Meligethes aeneus* F.) na rzepaku ozimym przy różnej obsadzie i nawożeniu. I. Niektóre cechy morfologiczne. *Rośliny Oleiste*, XVII (2): 311-318.
- Szulc P. 1959. Badania nad wpływem zabiegów uprawowych na straty w plonie rzepaku ozimego wywołane przez szkodniki. I. Znaczenie słodyszka rzepakowca jako szkodnika rzepaku. *Prace Nauk. IOR*, 1: 231-276.
- Woyke T. 1993. Plon nasion rzepaku ozimego podwójnie uszlachetnionego a wartość cech określanych w doświadczeniach hodowlanych w latach 1991 i 1992. *Postępy Nauk Roln.*, 5: 51-59.
- Wójtowicz M., Krótka K., Wielebski F. 1993. Wpływ wiosennego nawożenia azotowego na plon, elementy plonotwórcze oraz jakość nasion rzepaku podwójnie ulepszanego. *Postępy Nauk Roln.*, 6: 51-58.