

ROBERT WITKOWICZ, ELŻBIETA PISULEWSKA

WPLYW NAWOŻENIA MINERALNEGO I REGULATORÓW WZROSTU NA TRANSMISJĘ PROMIENIOWANIA BIOLOGICZNIE CZYNNEGO PRZEZ ŁAN OWSA NAGOZIARNISTEGO

Streszczenie

W pracy określono wpływ genotypu, nawożenia fosforowo-potasowego i nalistnego azotem oraz regulatorów wzrostu Moddus i Promalin na transmisję przez łan owsa promieniowania fotosyntetycznie czynnego (PAR). Ze względu na silny wpływ nawożenia fosforowo-potasowego na transmisję PAR określono również jego wpływ na zawartość azotu w zielonce owsa w sześciu terminach badań (26, 41, 48, 56, 61, 70 dni po siewie).

Doświadczenia zakładano wg planu frakcyjnego 2⁵⁻¹ w Wierzbicy (50°29' szerokości geograficznej północnej, 19°45' długości geograficznej wschodniej) na 290 m nad poziomem morza.

Wyniki badań potwierdziły statystycznie istotny wpływ nawożenia fosforowo-potasowego na ilość transmitowanego PAR przez łan owsa w czterech terminach badań przypadających na czerwiec. Wpływ ten wyrażony w jednostkach odchylenia standardowego wahał się w przedziale od 0,254 do 0,347. Potwierdzono również statystycznie istotnie wyższą transmisję PAR przez łan rodu karłowego STH 7000 w porównaniu z odmianą Akt. Nawożenie nalistne azotem powodowało znaczne przekroczenie zawartości azotu w zielonce owsa w stosunku do wartości zawartych w normach żywienia przeżuwaczy, ale nie spowodowało przekroczenia wartości optymalnego odżywienia roślin owsa w badanych sześciu terminach.

Słowa kluczowe: PAR, azot, regulator wzrostu rośliny

Wprowadzenie

Agroekosystemy podlegają wpływom szeregu czynników antropogenicznych, które na ogół wpływają na budowę morfologiczną rośliny. Modyfikacja powierzchni asymilacyjnej (zmiana indeksu liściowego, zmiana w rozłożeniu przestrzennym liści) musi skutkować zmianami w absorpcji przez aparat fotosyntetyczny promieniowania fotosyntetycznie czynnego (PAR) [1, 3]. Ponadto zmiana składu spektralnego światła

Dr inż. R. Witkowicz, prof. dr hab. E. Pisulewska, Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Wyzd. Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie im. Hugona Kollątaja, al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków

w łanie, powodująca wzrost stosunku dalekiej czerwieni do czerwieni skutkuje swoistą reakcją odmiany, jako odpowiedź na możliwość większej konkurencji [5, 9].

Wśród czynników znacząco modyfikujących ulistnienie można wymienić dostępność wody, nawożenie mineralne oraz genotyp warunkujący wysokość rośliny. Drecer i wsp. [6] zaobserwowali związek zawartości azotu w liściach z absorpcją promieniowania, a wpływ uwilgotnienia gleby i sposobu uprawy na absorpcję promieniowania przez kukurydzę potwierdził Bergamaschi i wsp. [2]. Również pszenica w siewie czystym i z bawelną w różnej rozstawie rzędów wykorzystywała PAR w różnym, szerokim zakresie [7]. Ilość docierającego do roślin PAR różnicowała również plony roślin warzywnych [12, 13] czy też warunkowała odnowienia drzewostanu w lukach [4].

Skórska i Lewandowski [14] wykazali natomiast różną reakcję odmian owsa na szkodliwe promieniowanie UV-B, które znacząco mogło być ograniczane przez promieniowanie z zakresu PAR.

Wprowadzone w ostatnich latach do uprawy różne formy owsa będą odmiennie kształtować wykorzystanie PAR z powodu zdecydowanie różnej wysokości (formy karłowe oraz wysokie) czy też z powodu luźniejszej wiechy o większych kłoskach u form nagoziarnistych, bowiem wg Kocurek i Pilarskiego [10] absorpcja PAR pędów roślin zielnych jest taka sama jak liści. W związku z brakiem w literaturze opracowań dotyczących PAR w łanie owsa podjęto badania, których celem była analiza zmian wielkości strat PAR w łanie różnych form owsa nagoziarnistego w zależności od genotypu, nawożenia mineralnego oraz regulatorów wzrostu.

Materiał i metody badań

Eksperymenty polowe z owsem nagoziarnistym prowadzono w miejscowości Wierzbica w 2003 r. Właściwości fizykochemiczne gleby na poziomie 0 - 27 cm były następujące: 43 % łu, 44 % pyłu i 7 % piasku. Zawartość form przyswajalnych P = 8,5 i K = 6,5 mg·100g⁻¹, pH w H₂O = 5,9. Do badań wybrano odmianę Akt, ród STH 4770 cechujący się zwiększoną masą 1000 ziaren i ród karłowy STH 7000. Doświadczenie polowe było zakładane wg planu frakcyjnego 2⁵⁻¹ w dwóch powtórzeniach. Wielkość poletek wynosiła 6 m², a plon oszacowano z powierzchni próbnej 1 m². Gęstość siewu wynosiła 500 szt. kielkujących nasion na 1 m². Czynniki doświadczenia i ich poziomy zamieszczono w tab. 1. Dane meteorologiczne z rejonu Wierzbicy pochodzą ze stacji meteorologicznej w Pilicy odległej o 10 km od pola doświadczenia (tab. 2).

Wielkość dawek nawożenia NPK wynikała z założonego plonu ziarna owsa nagoziarnistego na poziomie 4 t·ha⁻¹ oraz z zasobności gleby. Nawożenie nalistne azotem stanowiło ¼ nawożenia azotowego zastosowanego doglebowo (17 kg·ha⁻¹). Moddus (cimectacarps, CGA 163 935, trinexapac-etyl (250 g·l⁻¹)) oraz Promalin (giberelins A₄+A₇ (1,8 %), N-(phenylmethyl)-1H-purine 6 amine (1,8 %)) nanoszono nalistnie w fazie pierwszego kolanka (31 w skali Zadoksa).

Tabela 1

Czynniki różnicujące i ich poziomy w eksperymentach polowych I i II w Wierzbicy.
Differentiating factors and their levels in the field experiments I and II in Wierzbica.

Czynnik agrotechniczny Agro-technological factor	Poziom czynnika / Factor level	
	1 (niski / low)	2 (wysoki / high)
Genotyp / Genotype [eksperyment / experiment I]	Ród / Strain STH 4770	Odmiana/Cultivar Akt
Genotyp / Genotype [eksperyment / experiment II]	Ród / Strain STH 7000	Odmiana/Cultivar Akt
Nawożenie PK / PK fertilization	0 kg ha ⁻¹ PK	226 kg ha ⁻¹ PK
Nawożenie nalistne mocznikiem / Foliar application with urea	0 kg ha ⁻¹ N	17 kg ha ⁻¹ N
Regulator wzrostu Moddus / Moddus plant growth regulator	0 dm ³ ha ⁻¹	0,4 dm ³ ha ⁻¹
Regulator wzrostu Promalin / Promalin plant growth regulator	0 dm ³ ha ⁻¹	0,15 dm ³ ha ⁻¹

Tabela 2

Opady atmosferyczne i temperatura powietrza w 2003 roku w rejonie poletek doświadczalnych.
Precipitation and air temperature in 2003 in the area of experimental fields

Wskaźniki Indicators	Miesiąc / Month				Suma Sum
	Kwiecień April	Maj May	Czerwiec June	Lipiec July	
Potrzeby wodne owsa Water requirement for oats	60,0	78,0	90,0	72,0	300,0
Opady / Precipitation	50,9	95,0	29,7	94,2	269,8
Niedobór (-) / Nadmiar (+) Deficiency (-) / Excess (+)	-9,1	+17,0	-60,3	+22,2	-30,2
Temperatura / Temperature	6,8	15,6	18,5	18,6	–

Wielkość promieniowania fotosyntetycznie czynnego (PAR) wyznaczano przy użyciu miernika promieniowania kwantowego Line Quantum Sensor LI 191.

Weryfikację zerowych hipotez roboczych przeprowadzono testem F-Fishera-Snedecora. W celu łatwiejszego porównania wpływu poszczególnych czynników w tabelach zamieszczono standaryzowane współczynniki regresji, których istotność statystyczna potwierdza statystycznie istotny wpływ odpowiedniego źródła zmienności. W opracowaniu istotność statystyczną na poziomie $\alpha = 0,05$ oznaczono czcionką pogrubioną, a na poziomie $\alpha = 0,01$ czcionką pogrubioną kursywą.

Wyniki i dyskusja

Jedynym czynnikiem, który podczas trwania badań systematycznie powodował zmiany transmisji PAR było nawożenie fosforowo-potasowe (tab. 3). Zastosowane nawożenie powodowało znaczący spadek ilości transmitowanego PAR (od 0,273 do 0,657 jednostki odchylenia standardowego). Nieco wyższe współczynniki obserwowano przy porównywaniu odmiany Akt z rodem karłowym STH 7000. Oceniając wpływ nawożenia azotem, należy podkreślić brak jego wpływu na ilość PAR transmitowanego przez łan. Ocena oddziaływania na transmisję PAR regulatora wzrostu Moddus musi być rozpatrywana odrębnie w obu eksperymentach. W eksperymencie z rodem karłowym STH 7000 nie zaobserwowano jego wpływu. Natomiast w eksperymencie z rodem wysokim STH 4770 (wyższym od odmiany Akt) w pierwszych trzech terminach obserwowano wzrost ilości transmitowanego PAR, co mogło być spowodowane silniejszym skróceniem źdźbła tego genotypu (o ponad 20 cm). Oddziaływanie regulatora wzrostu Promalin nie wywoływało większych zmian w transmisji PAR przez łan owsa.

Ilość PAR transmitowanego przez łan owsa ulegała w czasie ontogenezy zmianom. Najwyższe wartości spośród analizowanych czterech terminów obserwowano w 48. dniu po siewie, najniższą natomiast 13 czerwca, w 56. dniu po siewie. Pomimo różnych wartości transmitowanego PAR w poszczególnych terminach jego kształtowanie w poszczególnych terminach przez czynniki badawcze pozostawało niezmiennym. Najwięcej niewykorzystanego PAR docierało do powierzchni gruntu w łanie rodu karłowatego STH 7000 (poza pomiarem 21 czerwca). Szczególnie wyraźną różnicę obserwowano w 48. dniu po siewie i wynosiła ona blisko 0,8 jednostki odchylenia standardowego w stosunku do odmiany Akt, co wyraźnie uwidoczniło wolniejsze kształtowanie się powierzchni asymilacyjnej rodu karłowatego. Ta wyraźnie wyższa zdolność do absorpcji PAR (przy założeniu podobnej refleksji PAR) mogła być przyczyną statystycznie wyższego plonu ziarna o blisko 0,4 jednostki odchylenia standardowego (67 g) odmiany Akt. Kocurek i Pilarski [10] określili refleksje w zakresie PAR u roślin zielnych na 7 - 12 %. W przypadku porównywania wyższego rodu STH 4770 z odmianą Akt statystycznie nieistotnie więcej PAR docierało do powierzchni gleby w łanie wymienionej odmiany. Można więc stwierdzić, że im wyższy łan owsa, tym mniejsze straty PAR w postaci promieniowania transmitowanego i to we wszystkich czterech analizowanych terminach.

Z powodu bardzo podobnego kształtowania się wartości transmitowanego przez łan owsa PAR w poszczególnych terminach wyliczono współczynniki regresji wielokrotnej, w której zmienną zależną był plon ziarna owsa. Niestety współczynnik determinacji równania, do którego włączono jako zmienne niezależne transmisję PAR z czterech terminów był bardzo mały. Należy zauważyć, że wyłączenie pierwszego terminu, a nawet drugiego niezbyt mocno zmniejszyło i tak nikłą wartość prognostyczną regresji (tab. 4).

Tabela 3

PAR transmitowane przez łan do powierzchni gruntu [% PAR docierającego do łanu].

PAR transmitted by plant canopy into the soil surface [% of PAR values reaching plant canopy].

Czynnik Factor	Eksperyment I / Experiment I			Eksperyment II / Experiment II		
	STH 4770 – Akt			STH 7000 – Akt		
	¹ Poziom czynnika oraz standaryzowany współczynnik regresji Factor level and standardized regression coefficient					
	1	2	Współczynnik Coefficient	1	2	Współczynnik Coefficient
5 czerwca (48 dni po siewie / day after sowing (DAS))						
Odmiana / Ród Cultivar / Strain	4,21	4,21	0,001	8,53	4,21	-0,787
PK	4,75	3,67	-0,254	8,17	4,57	-0,657
N	3,90	4,52	0,145	5,89	6,86	0,177
Moddus	3,56	4,86	0,303	6,37	6,37	0,000
Promalin	3,81	4,61	0,189	6,27	6,47	0,035
13 czerwca (56 dni po siewie / day after sowing (DAS))						
Odmiana / Ród Cultivar / Strain	1,10	1,28	0,167	1,90	1,28	-0,249
PK	1,36	1,02	-0,312	1,96	1,22	-0,300
N	1,19	1,19	0,002	1,65	1,54	-0,044
Moddus	1,10	1,28	0,167	1,47	1,71	0,097
Promalin	1,16	1,22	0,056	1,67	1,51	-0,067
21 czerwca (64 dni po siewie / day after sowing (DAS))						
Odmiana / Ród Cultivar / Strain	3,24	3,62	0,157	4,63	3,62	-0,196
PK	3,76	3,10	-0,273	4,97	3,28	-0,327
N	3,27	3,59	0,135	3,89	4,36	0,090
Moddus	3,23	3,63	0,163	3,99	4,26	0,052
Promalin	3,31	3,55	0,101	3,92	4,33	0,079
28 czerwca (71 dni po siewie/day after sowing (DAS))						
Odmiana / Ród Cultivar / Strain	3,04	3,31	0,100	4,53	3,31	-0,324
PK	3,65	2,70	-0,347	4,59	3,25	-0,355
N	3,05	3,30	0,090	3,67	4,18	0,134
Moddus	3,40	2,96	-0,159	3,92	3,92	0,000
Promalin	3,16	3,19	0,010	3,78	4,06	0,074
Plon ziarna/Grain yield [g m ⁻²]						
Odmiana / Ród Cultivar / Strain	505,6	567,2	0,465	500,2	567,2	0,394
PK	509,0	563,9	0,414	493,4	574,1	0,474
N	544,2	528,7	-0,117	536,5	530,9	-0,033
Moddus	537,7	535,2	-0,019	572,9	494,5	-0,460
Promalin	538,6	534,3	-0,033	536,8	530,6	-0,036

¹ – patrz tab. 1/ see Tab. 1

Tabela 4

Zależność pomiędzy plonem ziarna owsa a PAR transmitowanym przez łan (regresja krokowa).
Dependence between oat grain yield and PAR transmitted by plant canopy (stepwise regression).

Regresja krokowa Stepwise regression (R^2)	Stała Constant	48 DAS	56 DAS	64 DAS	71 DAS
1 (0,16)	525 ± 37	18,7 ± 11,4	-26,1 ± 13,7	22,8 ± 6,4	-43,6 ± 21,1
2 (0,13)	555 ± 32	-	-15,9 ± 12,4	22,3 ± 6,5	-42,5 ± 21,3
3 (0,12)	531,5 ± 26	-	-	16,6 ± 4,7	-45,9 ± 21,2
4 (0,00)	548,4 ± 27	-	-	-	8,1 ± 15,5

Tabela 5

Zawartość N w suchej masie zielonki owsa w okresie wegetacji w zależności od nawożenia PK.
Content of nitrogen in dry green matter of oats during vegetation period [g kg^{-1}] depending on PK fertilization.

Dni po siewie DAS	Obiekt / Object		\bar{X}	NRI dla terminów LSD for DAS
	0 PK	226 PK		
26	52,3	52,0	52,1	14,2
41	38,1	38,4	38,2	
48	30,2	30,6	30,4	
56	22,7	23,7	23,2	
61	21,0	21,4	21,2	
70	13,1	14,6	13,8	
\bar{X}	29,6	30,1	-	
NIR dla nawożenia PK LSD for PK fertilization	7,5-r.n. / ns		-	-
NIR dla interakcji LSD for interaction	2,02-r.n. / ns			

Nawożenie fosforowo-potasowe mocno warunkowało transmisję PAR przez łan owsa, dlatego zanalizowano jego wpływ na zawartość azotu w zielonce. Jednoznacznie wynika z niej bardzo wysoka zawartość azotu w suchej masie, co oczywiście było efektem podania azotu nałistnie ($17 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) w fazie pierwszego kolanka. Zawartość azotu spadała od około $52,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ w zielonce w 26. dniu po siewie do około $13,8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ w 70. dniu po siewie. Pomędzy terminami oznaczeń różnice zawartości były statystycznie istotne. Nie wykazano zróżnicowania zawartości azotu w zielonce owsa w wyniku zastosowania nawożenia fosforowo-potasowego. Podkreślić jednak należy, że przez cały analizowany okres nieznacznie większą zawartość azotu oznaczano

w zielonce z obiektu nawożonego fosforem i potasem. Obserwacje te są zbieżne z obserwacjami Dreccer i wsp. [6], którzy zaobserwowali zależność pomiędzy indeksem powierzchni liści i zawartością w nich azotu, co pozwalało na pochłonięcie większej ilości promieniowania. W odniesieniu do norm żywienia przeżuwaczy [8] w każdym z terminów zbioru zielonki przekroczone wartości zawartego w zielonce owsa białka (stosując iloczyn 6,25). Mercik i wsp. [11] stwierdzili mniejsze zawartości azotu w zielonce pszenicy z różnych faz rozwojowych. W odniesieniu natomiast do optymalnych zawartości azotu w owsie wg Wiśniowskiej-Kielian i Lipińskiego [15], zwłaszcza natychmiast po podaniu nalistnie azotu obserwowano nieznaczne przekroczenie skrajnej wartości $50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ N}$ w suchej masie.

Wnioski

1. Spośród badanych czynników agrotechnicznych nawożenie fosforowo-potasowe we wszystkich czterech terminach badań różnicowało najmocniej (statystycznie istotnie) ilość transmitowanego PAR przez łan owsa.
2. Statystycznie istotnie więcej PAR transmitował łan rodu karłowego STH 7000 w porównaniu z odmianą Akt w czterech terminach badań przypadających na czerwiec.
3. Nie wykazano zdolności prognostycznej regresji szacującej plon ziarna na podstawie PAR transmitowanego przez łan owsa.
4. Nawożenie nalistne azotem nie powodowało przekroczenia zawartości azotu w roślinie rozpatrywane jako zaspokojenie jej potrzeb żywieniowych. Powodowało natomiast przekroczenie norm zawartości azotu w zielonce owsa stosowanej w żywieniu przeżuwaczy we wszystkich sześciu terminach badań.

Literatura

- [1] Andrade F.H., Calvino P., Cirilo A., Barbieri P.: Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. *Agron. J.*, 2002, **94**, 975-980.
- [2] Bergamaschi H., Dalmago G.A., Bergonci J.I., Bianchi C.A.M., Heckler B.M.M., Comiran F.: Solar radiation intercepted by maize crops as function of soil tillage systems and water availabilities. 13th Int. Soil Conservation Organisation Conference-Brisbane, July 2004, Paper No. 778.
- [3] Czarnowski M.: Zastosowanie spektrometrii w ekofizjologii roślin. *Wiad. Bot.*, 1993, **37**, 59-72.
- [4] Dobrowolska D.: Warunki mikroklimatyczne w lukach w drzewostanach mieszanych w rezerwacie Jata. *Leśne Prace Badawcze*, 2006, **3**, 45-56.
- [5] Doroszewski A.: Kształtowanie pokroju i produktywności pszenicy ozimej przez promieniowanie odbite. *Pam. Puł.*, 1999, **118**, 121-130.
- [6] Dreccer M.F., Pot C.S., Rabbinge R.: Radiation and nitrogen use at the leaf and canopy by wheat and oilseed rape during the critical period for grain number definition. *Aust. J. Plant Physiol.*, 2000, **27**, 899-910.

- [7] Hang L., Werf W., Bastiaans L., Hang S., Li B., Spiertz J.H.J.: Light interception and utilization I relay intercrops of wheat and cotton. *Field Crop Res.*, 2008, **107**, 29-42.
- [8] Jarrige R. (pod red.): *Żywnienie przeżuwaczy. Zalecane normy i tabele wartości pokarmowej pasz.* Omnitech Press, Warszawa 1989.
- [9] Jaśkiewicz B.: Kształtowanie pokroju roślin odmian jęczmienia jarego w warunkach różnego składu spektralnego promieniowania. *Biul. IHAR*, 2005, **236**, 167-172.
- [10] Kocurek M., Pilarski J.: Dystrybucja promieniowania w liściach i pędach roślin zdrewniałych i zielnych. *Pam. Pul.*, 2007, **144**, 91-104.
- [11] Mercik M., Sommer K., Rossini K.: Normy oceny stanu odżywienia pszenicy ozimej w różnych fazach rozwojowych metodą DRIS. *Rocz. Nauk Rol., Ser. AT*, 1993, **110**, 34-41.
- [12] Siwek P.: Modyfikacja warunków środowiska w uprawie ogórka i selera naciowego poprzez ściółkowanie gleby i bezpośrednie osłanianie roślin. *Rozprawy AR, Kraków 2002*, **279**.
- [13] Siwek P., Wojciechowska R., Libik A., Kalisz A.: Wpływ rodzaju folii i jej barwy na plon oraz jakość sałaty masłowej uprawianej w tunelach niskich. *Rocz. AR w Poznaniu*, 2007, **CCCLXXXIII**, 609-614.
- [14] Skórska E., Lewandowski R.: Porównanie reakcji trzech odmian owsa na promieniowanie UV-B. *Biul. IHAR*, 2003, **229**, 199-204.
- [15] Wiśniowska-Kielian B., Lipiński W.: Ocena składu chemicznego roślin. *PPH Plastik, Lubliniec 2007*.

EFFECT OF MINERAL FERTILIZATION AND PLANT GROWTH REGULATORS ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVE RADIATION TRANSMISSION BY NAKED OAT CANOPY

S u m m a r y

In the research study, the effect was determined of the genotype, phosphorus and potassium fertilization, of foliar application of nitrogen, and of Moddus and Promalin plants growth regulators on the transmission of photosynthetic active radiation (PAR) by the oat canopy. Owing to a strong impact of phosphorus and potassium fertilization on the PAR transmission, its effect was also determined on the content level of nitrogen in green matter of oats; the determination was made on six diverse days of the entire research project performed (i.e. on the 26th, 41st, 48th, 56th, 61st, and 70th day after the sowing day).

The experiment was conducted according to a fraction plan 2⁵⁻¹ in Wierzbica (50°29' N; 19°45' E) at 290 m AMSL.

The research results confirmed the statistically important effect of phosphorus and potassium fertilization on the PAR quantity transmitted by the oat canopy on four (4) investigation days in June. The effect studied, expressed in standard deviation units, varied from 0.254 to 0.347. In addition, it was confirmed that the PAR transmission by a STH 7000 dwarf genotype was statistically significantly higher if compared to the transmission by the *Akt* cultivar. The foliar application of nitrogen caused the content of nitrogen in the green matter of oats to essentially exceed the values as indicated by the nutritional standards ref. to ruminants, but, it did not cause the values of optimal nutrition of oat plants to be exceeded on the six days of investigation.

Key words: PAR, nitrogen, plant growth regulator 