

WIESŁAWA PIOTROWSKA ¹
STEFAN PIETKIEWICZ ¹
ZDZISŁAW WYSZYŃSKI ²
TADEUSZ ŁOBODA ³
DARIUSZ GOZDOWSKI ²
EDYTA KOTLARSKA-JAROS ¹
SŁAWOMIR STANKOWSKI ⁴

¹ Katedra Fizjologii Roślin, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

² Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

³ Katedra Podstaw Produkcji Rolniczej, Politechnika Białostocka, Białystok

⁴ Katedra Biometrii i Doświadczalnictwa Rolniczego, Akademia Rolnicza w Szczecinie

Wymiana gazowa owsa w zależności od poziomu nawożenia azotem

Gas exchange of oat depending on nitrogen fertilization

W doświadczeniu przeprowadzonym w hali wegetacyjnej w wazonach wagnerowskich określono przy pomocy analizatora gazów w podczerwieni Li-6400 wymianę gazową (fotosyntezę, transpirację, ich pochodną współczynnik wykorzystania wody oraz przewodnictwo szparkowe) u dwóch nowych odmian owsa: oplewionej Chwat i nieoplewionej Akt. Cechy te badano na tle trzech dawek azotu (0,5, 0,75 i 1 g N/wazon) i trzech różnych nawozów azotowych. Nie stwierdzono wpływu stosowanych rodzajów nawozów azotowych na zróżnicowanie wymiany gazowej. W przypadku zróżnicowanych dawek azotu wyższą intensywność fotosyntezy obserwowano tylko w fazie wysuwania się wiechy u roślin w wazonach z największą dawką azotu 1,0 g N/wazon w porównaniu z 0,75 i 0,50 g N/wazon. Stwierdzono ścisłą korelację pomiędzy intensywnością fotosyntezy i przewodnictwem szparkowym ($r = 0,87$ średnio dla odmiany i $0,88$ średnio dla dawek azotu), co świadczy o podobnym wpływie zastosowanych w doświadczeniu czynników. Współczynnik wykorzystania wody (WUE), był znacznie wyższy u odmiany Akt w porównaniu z odmianą Chwat tylko u roślin we wczesnych fazach ontogenezy, niezależnie od dawki azotu. Wartość WUE wyraźnie malała w trakcie ontogenezy w roślinach u obu odmian. W późniejszych fazach ontogenezy nie obserwowano natomiast różnic WUE między badanymi odmianami, a także nie było różnic w WUE na tle dawek azotu.

Słowa kluczowe: azot, nawożenie, owies, WUE, wymiana gazowa

In a greenhouse experiment, gas exchange parameters (photosynthesis, transpiration, their derivative water use efficiency and stomatal conductance) were studied for two new oat cultivars: hulled Chwat and naked Akt. The plants were grown in Wagner's pots, fertilized with different nitrogen doses (0.5, 0.75 and 1 g N/pot), from three different fertilizers, and examined with the Li-6400 gas analyzer. No effect of the applied nitrogen fertilizers upon gas exchange differentiation was found. For the differentiated rates of nitrogen, a higher photosynthetic intensity was observed only during the

phase of panicle appearance in plants grown in pots with the highest nitrogen rate, 1.0 g N/pot. Strong correlation was found between photosynthetic intensity and stomatal conductance ($r = 0.87$ average for cultivars and 0.88 for nitrogen rates), which shows a similar effect of the factors studied in the experiment. Water use efficiency (WUE) was much higher in the cv. Akt as compared to the cv. Chwat only in the early phases of ontogeny, independently of nitrogen rate. Value of WUE clearly decreased during the ontogeny for both cultivars. In later phases of ontogeny no differences were found in WUE neither for the cultivars nor for the nitrogen rates.

Key words: gas exchange, fertilization, nitrogen, oat, WUE

WSTĘP

W ostatnim okresie nastąpiło zintensyfikowanie hodowli owsa. W latach 1999–2002 do doboru wprowadzono 15 nowych odmian (aktualnie on zawiera 27 odmian), w tym pierwsze odmiany nieoplewione: Akt, Cacko i Polar. Nowe odmiany owsa różnią się wymaganiami nawozowymi. Zatem, ważne jest poznanie fizjologicznych reakcji nowych odmian owsa na zróżnicowane nawożenie azotem.

Azot jest jednym z głównych czynników modyfikujących wzrost, rozwój i produktywność roślin uprawnych. Niedobór azotu, który wchodzi w skład wielu związków organicznych, w tym chlorofilu, ogranicza fotosyntezę. Przy małej zawartości azotu dochodzi również do wyraźnego zmniejszenia przewodnictwa szparkowego (von Caemmerer i Farquhar, 1981). Natomiast zwiększenie zawartości azotu w liściach powoduje wzrost ich powierzchni i intensywności fotosyntezy, dwóch podstawowych składowych aktywności fotosyntetycznej. Dostępność azotu wpływa na długotrwałość utrzymywania się powierzchni asymilacyjnej, która w dużej mierze decyduje o przyroście biomasy i plonowaniu. Azot jest głównie pobierany w formie NH_4^+ i NO_3^- , pobieranie obu tych form przez rośliny jest zróżnicowane, a dostępne nawozy azotowe różnią się pod względem zawartości tych form. Na tle zróżnicowanych dawek azotu i jego form, szczególnie ważne są dane dotyczące procesu wymiany gazowej, pozwalające określić wielkość fotosyntezy i transpiracji, czyli wielkości decydujące o wartości współczynnika wykorzystania wody WUE (Water Use Efficiency), a także przewodnictwo szparkowe, od którego zależą te parametry wymiany gazowej. W wielu przypadkach stwierdzono, że drogą hodowlaną można uzyskać formy uprawne charakteryzujące się wydajniejszym zużyciem wody (Yoshie, 1986).

Celem badań było porównanie dwóch odmian owsa, tradycyjnej Chwat i pierwszej polskiej odmiany nieoplewionej Akt pod względem intensywności fotosyntezy i transpiracji, dwóch składowych wymiany gazowej umożliwiających wyznaczenie współczynnika wykorzystania wody WUE oraz określenie przewodnictwa szparkowego liści tych odmian.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w 2002 roku w hali wegetacyjnej Katedry Fizjologii Roślin SGGW na dwóch odmianach owsa (tradycyjnej oplewionej Chwat i nieoplewionej Akt). Nasiona obu odmian pozyskano ze Stacji Hodowli Roślin Strzelce. Rośliny prowadzono

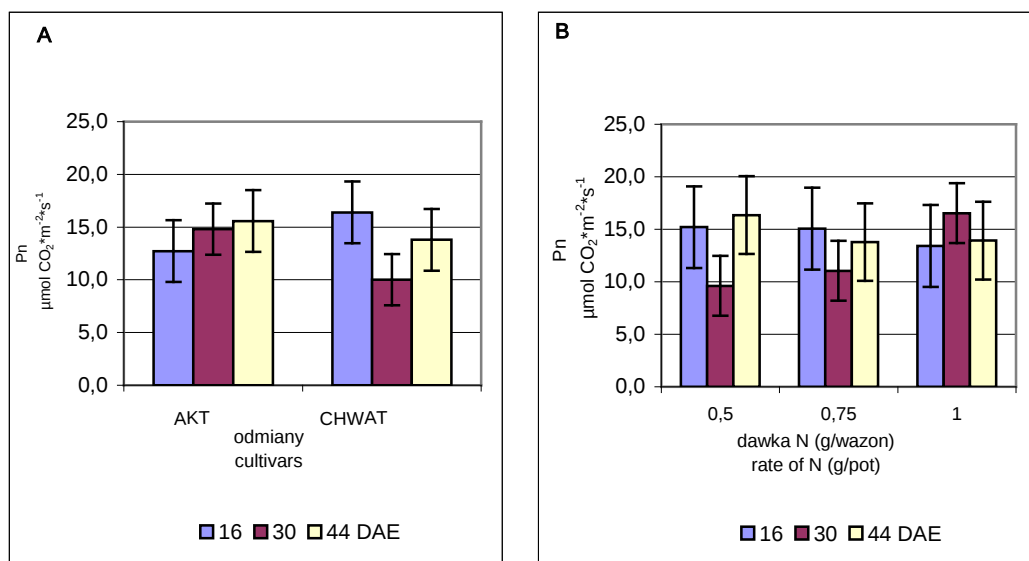
w wazonach wagnerowskich, wypełnionych mieszaniną gleby i piasku w odpowiednich proporcjach wagowych. W każdym wazonie znajdowało się 7 kg czarnej ziemi i 2 kg piasku. Pełna pojemność wodna (PPW) wynosiła 22,70% s.m. gleby, a w czasie doświadczenia utrzymywano 70% PPW. Gleba w wazonach przed dodaniem nawozów azotowych zawierała 0,07% N. Nawożenie azotem wraz z niezbędnymi innymi składnikami mineralnymi stosowano w czasie zakładania doświadczenia. Do każdego wazonu dodano: 0,60 g magnezu, 0,15 g wapnia, 0,35 g fosforu i 0,90 g potasu. Składniki te wprowadzono jako $MgSO_4 \times 7H_2O$, $Ca (H_2PO_4)_2 \times H_2O$, KH_2PO_4 , i K_2SO_4 . Żelazo było podane w postaci cytrynianu żelaza, a mikroelementy według zmodyfikowanej pożywki Hoaglanda. Azot stosowano w trzech różnych nawozach, tj. w saletrze amonowej, siarczanie amonu i preparacie z radiacyjnego oczyszczania gazów w elektrowni „Dolna Odra” (Niedźwiedzki i in., 2000 a, b). Preparat z radiacyjnego oczyszczania gazów odpowiadał składem chemicznym siarczanowi amonu i zawierał podobną ilość metali ciężkich jak pozostałe nawozy azotowe (Niedźwiedzki i in., 2000 a). Każdy z 3 rodzajów nawozów po przeliczeniu na czysty składnik (N) zastosowano w trzech dawkach (0,5, 0,75 i 1,0 g N/wazon). W efekcie uzyskano 9 kombinacji nawozowych. Każda kombinacja występowała w 5 powtórzeniach. Łącznie dla 2 odmian doświadczenie liczyło 90 wazonów, tj. 45 z odmianą Akt i 45 z odmianą Chwat. Do każdego wazonu wysiano (05.04.2002) po 15 ziaren owsa. Wschody obserwowano już w trzy dni po siewie. Większą energią kiełkowania i szybszym wzrostem w początkowym okresie charakteryzował się Chwat. Pełnia krzewienia wystąpiła pod koniec kwietnia, odmiana Akt krzewiła się znacznie silniej niż Chwat. Rośliny odmiany Akt dnia 02.05.2002 miały jeden pęd główny i cztery boczne, a Chwat pęd główny i trzy pędy boczne, w dniu 14.05.2002 był początek strzelania w źdźbło, a 03–05.06.2002 obie odmiany zaczęły się kłosić. Wkrótce po wykłoszeniu rozpoczęło się kwitnienie. W związku z wystąpieniem porażenia roślin przez mszyce 05.06.2002 wykonano oprysk roślin preparatem Decis. Część dolnych liści zaczęła zasychać 16.06.2002, a 11.07.02 owies osiągnął fazę dojrzałości pełnej ziarniaków.

W trakcie wegetacji w trzech terminach 24 kwietnia, 08 i 22 maja za pomocą przenośnego analizatora Li-6400 oznaczono podstawowe parametry wymiany gazowej liści (intensywność fotosyntezy i transpiracji, przewodność szparkową i międzykomórkowe stężenie CO_2) oraz obliczono ich współczynnik wykorzystania wody WUE (Nalborczyk, 1996). W trakcie zbioru oceniono plon ziarna w przeliczeniu na jedną wiechę. Wszystkie wyniki opracowano przy pomocy ANOVA (pakiet Statgraphics 3.1).

WYNIKI I DYSKUSJA

Nie stwierdzono istotnych różnic w oddziaływaniu stosowanych rodzajów nawozów azotowych na intensywność fotosyntezy u obu badanych odmian owsa. Dlatego prezentację wyników zawężono do analizy wpływu odmian i dawek azotu na parametry wymiany gazowej, tj. intensywność fotosyntezy, przewodnictwo szparkowe, transpirację i fotosyntetyczny współczynnik wykorzystania wody (WUE). Wzrost roślin i ich końcowy plon są wypadkową wielu procesów, z których intensywność fotosyntezy jest jednym z najważniejszych (Penning de Vries i van Laar, 1982). Pozostałe parametry wymiany

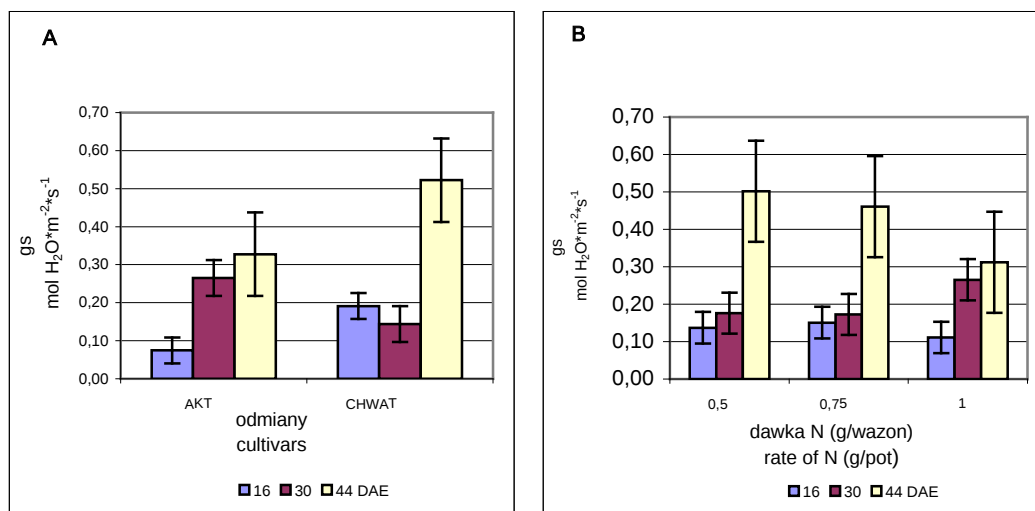
gazowej, a szczególnie przewodnictwo szparkowe bezpośrednio albo pośrednio wpływają na intensywność fotosyntezy. Intensywność fotosyntezy analizowana w fazie krzewienia u obu odmian nie różniła się istotnie, natomiast w fazie strzelania w źdźbło istotnie wyższą intensywnością fotosyntezy odznaczała się odmiana Akt niż Chwat ($14,79$ wobec $10,00 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, $\text{NIR}_{0,05} = 4,76$). Podobnie wyższą intensywność fotosyntezy charakteryzowała rośliny tej odmiany, choć nieistotnie, w fazie wysuwania się wiechy ($15,58$ wobec $13,78 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (rys. 1). W przypadku dawek azotu istotne zróżnicowanie intensywności fotosyntezy stwierdzono tylko w fazie strzelania w źdźbło. Wyższą intensywność fotosyntezy obserwowano u roślin w wazonach z największą dawką azotu $1,0 \text{ g N/wazon}$ w porównaniu z $0,75$ i $0,50 \text{ g N/wazon}$ ($16,53$ wobec $11,04$ i $9,61 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, $\text{NIR}_{0,05} = 5,09$) (rys. 1).



Rys. 1. Intensywność fotosyntezy (Pn) owsa w zależności od odmiany (A) oraz dawki azotu (B)
Fig. 1. Photosynthetic rate (Pn) depending on cultivar (A) and nitrogen dose (B)

Przewodnictwo szparkowe było modyfikowane przez czynniki doświadczenia w podobnym stopniu, co intensywność fotosyntezy. W fazie krzewienia i strzelania w źdźbło obserwowano istotne różnice w przewodnictwie szparkowym badanych odmian (rys. 2). W fazie krzewienia było ono wyższe u odmiany Chwat ($0,19$ wobec $0,08 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, $\text{NIR}_{0,05} = 0,07$), a w fazie strzelania w źdźbło u odmiany Akt ($0,27$ wobec $0,14 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, $\text{NIR}_{0,05} = 0,09$). Nie było zaś istotnych różnic w przewodnictwie szparkowym w zależności od zastosowanych dawek azotu.

Ścisła korelacja pomiędzy powyższymi badanymi parametrami wymiany gazowej ($r = 0,87$ średnio dla odmiany i $0,88$ średnio dla dawek azotu) świadczy o podobnym wpływie zastosowanych w doświadczeniu czynników na intensywność fotosyntezy i przewodnictwo szparkowe. Jest to zgodne z wynikami badań von Caemmerer i Farquhara (1981).

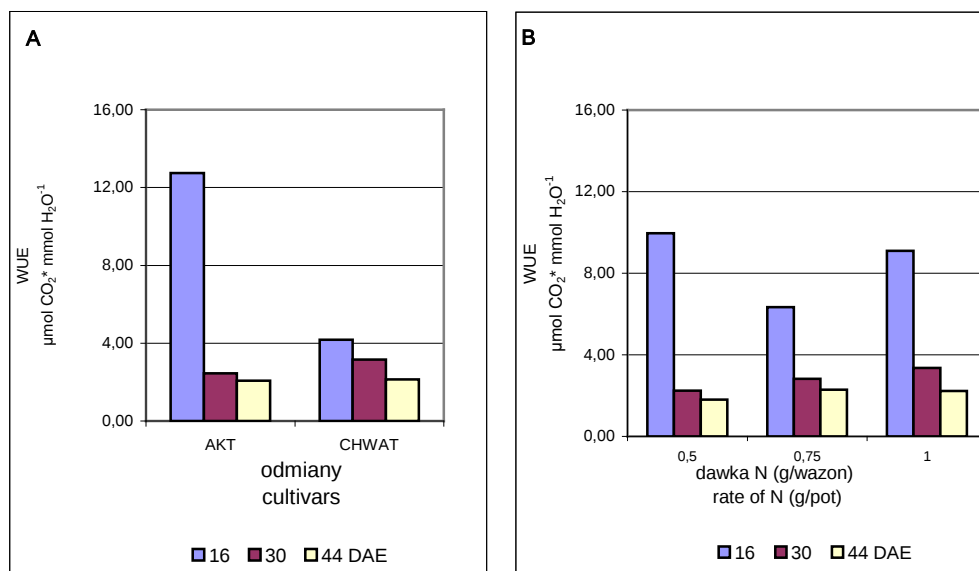


Rys. 2. Przewodnictwo szparkowe (g_s) owsa w zależności od odmiany (A) oraz dawki azotu (B)
Fig. 2. Stomatal conductance (g_s) depending on cultivar (A) and nitrogen dose (B)

Intensywność transpiracji w fazie krzewienia była istotnie wyższa u odmiany Chwat w porównaniu z odmianą Akt (3,98 wobec 1,35 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, $\text{NIR}_{0,05} = 1,41$), a w fazie strzelania w źdźbło była wyższa u odmiany Akt (6,19 wobec 3,27 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, $\text{NIR}_{0,05} = 1,73$), a w fazie wysuwania wiechy była ponownie wyższa u odmiany Chwat (11,08 wobec 5,71 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, $\text{NIR}_{0,05} = 2,61$) (dane zawarte w WUE). Dawki azotu nie wpłynęły w istotny sposób na intensywność transpiracji. Wartości intensywności fotosyntezy, przewodnictwa szparkowego oraz intensywności transpiracji uzyskane w doświadczeniu nie odbiegały od podawanych w literaturze w przypadku innych roślin zbożowych, np. jęczmienia jarego browarnego (Łoboda i in., 2000).

Współczynnik wykorzystania wody (WUE) przez rośliny owsa, będący ilorazem intensywności fotosyntezy i intensywności transpiracji, był znacznie wyższy u odmiany Akt w porównaniu z odmianą Chwat w fazie krzewienia, niezależnie od dawki azotu (rys. 3). W późniejszych fazach ontogenezy nie obserwowano natomiast różnic w WUE między badanymi odmianami, a także nie było różnic w WUE na tle dawek azotu. Wartość WUE w roślinach u obu odmian wyraźnie malała w trakcie ontogenezy

Plon ziarna z wiechy u obu badanych odmian owsa wzrastał wraz ze stosowaną dawką azotu na wazon od 1,42 do 1,72 u odmiany Akt i od 2,00 do 2,27 g u odmiany Chwat (od 1,50 do 1,70 g po odjęciu udziału plewki w plonie ziarna) (tab. 1). Po odjęciu plewki plon ziarna z wiechy badanych odmian nie różnił się istotnie. Podobną relację stwierdzili Gregorczyk i Piech (2000) porównując plonowanie odmiany Akt z odmianą konwencjonalną Bajka.



Rys. 3. Współczynnik wykorzystania wody (WUE) owsa w zależności od odmiany (A) oraz dawki azotu (B)
 Fig. 3. Water use efficiency (WUE) depending on cultivar (A) and nitrogen dose (B)

Tabela 1

Plon ziarna w przeliczeniu na wiechę odmiany nieoplewionej (Akt) i oplewionej (Chwat) owsa nawożonego różnymi dawkami azotu. W przypadku odmiany konwencjonalnej podano również skorygowany plon ziarna bez plewki
 Grain yield of naked (Akt) and hulled (Chwat) oat cultivars per panicle. In the case of conventional variety a corrected grain yield without a glume is also presented

Dawka azotu/wazon (g) Nitrogen rate/pot (g)	Plon na wiechę (g) Yield per panicle (g)		
	Akt	Chwat	
		z plewką glume involved	bez plewki glume excluded
0,5	1,42	2,00	1,50
0,75	1,53	2,12	1,59
1,0	1,72	2,27	1,70

Wydaje się, że występujące różnice w plonowaniu odmian nagoziarnistych i oplewionych nie są spowodowane wyższą intensywnością fotosyntezy liści odmian oplewionych, a raczej mogą być wywołane zarówno większą intensywnością fotosyntezy wiechy, jak i powierzchnią liści i ich długotrwałością u tych odmian (Gregorczyk i Piech, 2000).

W przeciwieństwie do innych roślin zbożowych owies charakteryzuje się wiechowoliściowym modelem fotosyntezy: wiecha, podobnie jak liście odpowiada za około 40% fotosyntezy całej rośliny (Nalborczyk i in., 1981; Nalborczyk i Sowa, 2001). Stąd w celu

dokładnej charakterystyki wymiany gazowej owsa w ciągu dnia trzeba byłoby brać pod uwagę szczególnie intensywność fotosyntezy wiechy, która nie była badana.

WNIOSKI

1. Intensywność fotosyntezy liści analizowanych roślin owsa nie zależy od stosowanego nawożenia azotem i jest podobna u obu badanych odmian.
2. Intensywność fotosyntezy liści badanych roślin ściśle koreluje ze stopniem rozwarcia aparatów szparkowych tylko do fazy wysuwania wiechy.
3. Współczynnik wykorzystania wody (WUE) charakteryzuje się wyraźnym spadkiem w trakcie ontogenezy niezależnie od odmiany i nawożenia azotem.

LITERATURA

- Gregorczyk A., Piech M. 2000. Porównanie dynamiki wzrostu owsa nieoplewionego z oplewionym. *Biul. IHAR* 215: 201 — 208.
- Łoboda T., Pietkiewicz S., Czembor H., Wiewióra J. 2000. Określenie potencjału plonowania wybranych odmian jęczmienia jarego browarnego. *Biul. IHAR* 215: 141 — 152.
- Nalborczyk E. 1996. Dobór i wykorzystanie nowoczesnej aparatury kontrolno pomiarowej w doświadczalnictwie polowym. Cz. I. Oznaczanie wymiany gazowej, struktury przestrzennej i bilansu energii fotosyntetycznej czynnej radiacji roślin w łanie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 447: 81 — 90.
- Nalborczyk E., Nalborczyk T., Wawrzonowska B. 1981. Models of photosynthetic activity in cereals. In: *Photosynthesis and Productivity*. Bal. Intern. Sci. Publ. Philadelphia: 97 — 106.
- Nalborczyk E., Sowa A. 2001. Physiology of rye. In: *Rye: production, chemistry and technology*. (ed. Bushuk W.) St. Paul. Minnesota, USA: 53 — 68.
- Niedźwiedzki E., Stankowski S., Malinowski R. 2000 a. Skład chemiczny produktu w postaci siarczanu amonu i saletry amonowej z odsiarczania i odazotowania spalin oraz jego wpływ na właściwości gleby piaszczystej. *Zesz. Nauk AR Szczecin*. 81: 197 — 202.
- Niedźwiedzki E., Stankowski S., Malinowski R., Murkowski A. 2000 b. Wstępne badania przydatności nawozowej produktu w postaci siarczanu amonu i saletry amonowej z odsiarczania i odazotowania spalin kotłowych pod uprawę kukurydzy. *Zesz. Nauk AR Szczecin*. 81: 203 — 210.
- Penning de Vries F. W. T., van Laar H. H. 1982. Simulation of growth processes and the model BACROS. In: *Simulation of plant growth and crop production. Simulation Monographs*. F.W.T. Penning de Vries, H. H. van Laar (eds.). Pudoc, Wageningen: 114 — 135.
- von Caemmerer S., Farquhar G. D. 1981. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. *Planta* 15: 376 — 387.
- Yoshie F. 1986. Intercellular CO₂ concentration and water-use-efficiency of temperate plants with different life-form and from different microhabitats. *Oecologia*. 68: 364 — 370.