Wpływ zaopatrzenia w azot na produktywność jęczmienia jarego i aktywność reduktazy azotanowej

U. WOJCIESKA¹, E. WOLSKA¹, M. KRÓL²

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

¹Samodzielna Pracownia Żywienia Roślin

²Zakład Roślin Zbożowych

⟨Otrzymano: 23.12.1981⟩

Abstract

U. Wojcieszka¹, E. Wolska¹, M. Król² *⟨Institute of Soil Science and Cultivation of Plants, Puławy, Poland, ¹Laboratory of Plant Nutrition, ²Department of Cereal Plants⟩ Acta Agrobotanica 35 <2>: 191-203, 1982.*

Influence of nitrogen supply on spring barley productivity and nitrate reductase activity

The aim of the present study was to obtain some informations on the productivity of four chosen barley varieties growing at low and high nitrogen level. Some parameters of the yield structure and nitrate reductase activity were taken into consideration. It was found that there exist some differences in the yield between the compared varieties and some differences in their reaction to a high N level in the soil. The grain yield increase of the plants treated with high nitrogen doses was above all the result of the increase in dry matter of the lateral shoots and in leaf area. Distinct increase in the number of grains per ear and 1000-grains weight was also observed. The amount of reduced nitrogen collected during the growth season depended, in part, on the nitrate reductase activity and in part on the amount of the enzyme present in the plant. A rise of the nitrogen level caused an increase in nitrate reductase activity, in all varieties. The different influence of nitrogen on the growth of green organs in the compared varieties caused differences in the amount of the enzyme present in the plants and in protein yields.

WSTĘP

Składniki mineralne, w tym głównie azot, to czynniki silnie oddziałujące na zmiany we wzroście i rozwoju jęczmienia (Bauer i in., 1965; Dubetz i Wells, 1968; Primost, 1960; Ruszkowska i Ruszkowski, 1977a, b). Wyniki licznych badań wskazują na różną reakcję odmian jęczmienia na wzrastające dawki azotu (Boguszewski i Ruszkowski, 1968; Primost, 1960; Fularowa i Ruszkowski, 1978; i inni). Możliwość poznania przyczyn zróżnicowanej produktywności roślin i ich reakcji na czynniki kształtujące plon stwarzają warunki kontrolowane (wazony — hala wegetacyjna).

Celem omawianych doświadczeń wazonowych było poznanie produktywności wybranych odmian jęczmienia jarego, rosnących w warunkach dostatecznego i obfitego zaopatrzenia w azot przy uwzględnieniu struktury plonu i aktywności reduktazy azotanowej. Z licznych badań wynika, że enzym ten stanowi etap ograniczający w redukcji azotanów i może być wykładnikiem ilości azotu zredukowanego, dostępnego dla syntezy białka (Beevers i in., 1965; Croy i Hageman, 1970; Eirlich i Hageman, 1973; Hernandez i in., 1974).

MATERIAŁ I METODA

W przeprowadzonym doświadczeniu wazonowym porównywano produktywność czterech odmian jęczmienia jarego (*Hordeum sativum* Jess.) – ‘Aramir’, ‘Diva’, ‘Menuet’ i ‘Gryf’, oraz dwa poziomy nawożenia azotem – 0,8 g i 3,6 g N/wazon. Zastosowano metodę serii niezależnych (2 zmienne i 4 powtórzenia). Wazony napełniono glebą mieszaną z piaskiem wiślanym w stosunku 5:2. Azot, w formie NH_4NO_3 , stosowano: niski poziom nawożenia – całą dawkę w fazie strzelania w źdźbło; wysoki poziom nawożenia – 1/2 dawki przed siewem i 1/2 w fazie strzelania w źdźbło. Nawożenie pozostałymi składnikami w przeliczeniu na wazon wynosiło: P_2O_5 – 1,5 g w formie K_2HPO_4 , K_2O – 2 g w formie K_2HPO_4 i K_2SO_4 , Mg – 0,6 g w postaci MgSO_4 . Uzupełniono je mikroelementami: żelazo – 50 mg, bor – 5 mg, miedź – 3 mg/wazon. Do wazonu wysiano po 15 nasion, pozostawiając do zbioru 10 roślin. Wilgotność podłoża utrzymywano na poziomie 60% całkowitej pojemności wodnej. W okresie wegetacji notowano wystąpienie faz: 3 liścia, krzewienia, strzelania w źdźbło, kłoszenia, dojrzałości mleczej i woskowej. Kilkakrotnie w ciągu sezonu wegetacyjnego mierzono aktywność reduktazy azotanowej w tkance blaszek liściowych, oraz wielkość powierzchni asymilacyjnej liścia flagowego (terminy podano w tabelach i na wykresach).

Aktywność reduktazy azotanowej (RA) oznaczano *in vivo* metodą opisaną przez Kleppera i in. (1971). Pomiary przeprowadzano na skrawkach najmłodszych, w pełni wyrosniętych blaszek liściowych. Wyniki dla porównywanych odmian i poziomów azotu przedstawiono w procentach, przyjmując za 100% aktywność enzymu w blaszkach liściowych roślin odmiany ‘Aramir’ rosnących przy niskim poziomie azotu. W fazie dojrzałości pełnej określono liczbę pędów bocznych kłosonośnych i płonnych, plon biomasy i plon ziarna oraz masę 1000 ziarn. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie według metody przyjętej dla doświadczeń wazonowych, zaś istotność różnic obliczono testem Tukeya.

WYNIKI

Porównywane odmiany wykazywały pewne różnice we wzroście i rozwoju roślin i w efekcie w plonie biomasy (tab. 1). Przy niskim poziomie azotu najwyższy plon biomasy i ziarna wytworzyła odmiana 'Menuet', a najniższy — 'Gryf'. Odmiany różniły się też udziałem masy i liczby poszczególnych pędów w ogólnym plonie części nadziemnych (rys. 1). Najlepiej plonująca odmiana 'Menuet' charakteryzowała się wysokim udziałem masy pędów głównych i bocznych kłosonośnych oraz najmniejszym udziałem masy i liczby pędów bocznych płonnych. Największą masę i liczbę pędów bocznych płonnych wytworzyły najslabiej plonujące odmiany 'Gryf' i 'Diva'. Odmiana 'Aramir' charakteryzowała się stosunkowo małym udziałem pędu głównego i dużym udziałem pędów bocznych kłosonośnych. Pędy te były jednak słabiej wykształcone niż pędy boczne odmiany 'Menuet'; mimo większej liczby, miały znacznie mniejszą masę. Najbardziej korzystny stosunek plonu ziarna do plonu słomy wykazywała odmiana 'Menuet', a najgorszy odmiana 'Gryf' (tab. 2). Najlepiej plonująca w warunkach niskiego poziomu azotu odmiana 'Menuet' wykształciła też największą liczbę ziarn w kłosach pędu głównego i bocznych, o najwyższej masie 1000 ziarn (tab. 2). Porównywane odmiany różnie reagowały na zwiększoną dawkę azotu. Najmniejszą zwyżkę plonu dała, najlepiej plonująca w warunkach niskiego poziomu azotu, odmiana 'Menuet', a największą 'Gryf' (tab. 1). W efekcie odmianą najlepiej plonującą przy wysokim poziomie azotu była odmiana 'Gryf'. Jednocześnie odmiana ta dawała najniższy plon biomasy i ziarna przy niskiej dawce tego składnika pokarmowego. Najmniejszy plon biomasy i ziarna przy wysokim poziomie azotu dała odmiana 'Aramir'. Pod wpływem wzrostu stężenia azotu w środowisku odżywczym wystąpiły różnice w przyrostach masy poszczególnych organów. Najbardziej zwiększała się masa blaszek liściowych, co spowodowało duży przyrost powierzchni fotosyntetycznej i w efekcie wpłynęło dodatnio na przyrost biomasy roślin obficie zaopatrzonych w azot. Znacznie mniejsze przyrosty masy notowano w wypadku źdźbeł i ziarniaków. Bardziej przyrastała też masa pędów bocznych niż pędu głównego. Wpłynęło to na zmianę udziału poszczególnych organów w plonie biomasy pędów i poszczególnych pędów w plonie biomasy całej części nadziemnej (rys. 1). Wysoka dawka azotu zwiększyła stosunek plonu ziarna do plonu słomy u odmian dających duży przyrost plonu ziarna pod wpływem zwiększonej dawki azotu, a obniżyła u odmian u których zwyżka plonu ziarna była mała. Największy wzrost liczby i masy pędów bocznych stwierdzono u odmiany 'Gryf', reagującej największą zwyżką plonu pod wpływem zwiększonej dawki azotu. Azot wyraźnie wpłynął na zwiększenie liczby ziarn w kłosach pędów głównych i bocznych, a zwiększając stopień krzewienia produkcyjnego spowodował bardzo duży wzrost liczby ziarniaków przypadających na 1 roślinę (tab. 2), szczególnie u odmiany 'Gryf' i 'Diva'. U wszystkich odmian stwierdzono wzrost masy 1000 ziarn pod wpływem

Tabela 1—Table 1
Plon suchej masy (w g na 1 roślinę)
Dry weight yield (grams per plant)

Odmiana i poziom N – Variety and N level												Półprzedział ufności Tukeya		Interakcja odmian z na- wożeniem Interaction of varieties and fertilization	
Organ Organ	'Aramir'			'Diva'			'Menuet'			'Gryf'			Confidence semiinterval of Tukey		
	niski low	wysoki high	% przy- rostu growth incre- ment %	niski low	wysoki high	% przy- rostu growth incre- ment %	niski low	wysoki high	% przy- rostu growth incre- ment %	niski low	wysoki high	% przy- rostu growth incre- ment %	od- miany varie- ties		pozio- my N levels
Pęd główny – Main shoot															
Liście – Leaves	0,08	0,24	200,0	0,07	0,19	171,4	0,15	0,29	93,3	0,07	0,20	185,7	0,14	0,07	istotna significant
Zdźbło – Culm	0,25	0,48	92,0	0,32	0,50	56,3	0,40	0,60	50,0	0,28	0,54	92,9			
Ziarno – Grain	0,57	1,03	80,7	0,57	1,11	94,7	0,93	1,18	26,9	0,55	1,15	109,1			
Reszta kłosa – Rest of ear	0,10	0,20	100,0	0,09	0,18	100,0	0,15	0,18	20,0	0,09	0,21	133,3	0,12	0,06	istotna significant
Razem – Total	1,00	1,95	95,0	1,05	1,98	88,6	1,63	2,25	38,0	0,99	2,10	112,1			
Pędy boczne kłosonośne – Lateral ear-bearing shoots															
Liście – Leaves	0,32	1,30	306,3	0,25	1,25	400,0	0,39	1,17	200,0	0,23	1,21	426,1	0,17		
Zdźbło – Culm	0,67	2,29	241,8	0,60	2,67	345,0	0,87	2,37	172,4	0,54	3,27	505,6			
Ziarno – Grain	1,57	4,21	168,2	1,40	5,86	318,6	2,13	4,69	120,2	1,13	6,56	480,5	0,89	0,47	istotna significant

Reszta kłosa — Rest of ear	0,35	1,05	200,0	0,24	0,88	266,7	0,39	0,92	135,9	0,20	1,19	495,0			
Razem — Total	2,91	8,85	204,1	2,49	10,66	328,1	3,78	9,15	142,1	2,10	12,23	482,4	0,83	0,44	istotna significant
Pędy boczne płone — Sterile lateral shoots	0,09	0,45	400,0	0,28	0,31	10,7	0,06	0,24	300,0	0,43	0,71	65,1	0,43	0,23	istotna significant
Razem pędy boczne — Total lateral shoots	3,00	9,30	210,0	2,77	10,97	296,0	3,84	9,39	144,5	2,53	12,94	411,5			
Razem część nadziemna — Total above-ground part	4,00	11,25	181,3	3,82	12,95	239,0	5,47	11,64	112,8	3,52	15,04	327,3	0,89	0,47	istotna significant
W tym ziarno — Grain included in this	2,14	5,24	144,9	1,97	6,97	253,8	3,06	5,87	91,8	1,68	7,71	358,9	0,95	0,50	istotna significant
Liczba pędów bocznych kłosonośnych — Number of lateral ear-bearing shoots	3,8	6,4		2,4	6,5		2,7	4,4		2,2	7,5		1,4	0,7	istotna significant
Liczba pędów bocznych płonych — Number of sterile lateral shoots	1,3	3,7		2,5	2,6		0,4	1,6		2,1	3,2		1,2	0,6	istotna significant

Tabela 2 — Table 2
Niektóre elementy struktury plonu
Some elements of yield structure

Pęd Shoot	Odmiana i poziom N — Variety and N level								Półprzedział ufności Tukeya Tukey's confidence semiinterval		Interakcja odmian z nawożeniem Interaction of varieties with fertilization
	'Aramir'		'Diva'		'Gryf'		'Menuet'		odmiany varieties	poziomy N N levels	
	niski low	wysoki high	niski low	wysoki high	niski low	wysoki high	niski low	wysoki high			
Stosunek plonu ziarna do plonu słomy Grain yield to straw yield ratio											
Pęd główny — Main shoot	1,32	1,12	1,19	1,27	1,25	1,21	1,33	1,10			
Pędy boczne kłosonośne Lateral ear-bearing shoots	1,17	0,91	1,28	1,22	1,16	1,16	1,29	1,05			
Cała część nadziemna Above-ground part as a whole	1,15	0,87	1,06	1,16	0,91	1,05	1,27	1,02			
Liczba ziarn w kłosie Number of grains in ear											
Pęd główny — Main shoot	14,2	19,3	12,7	21,2	12,8	21,3	18,4	21,9	2,3	1,2	istotna significant istotna significant
Pędy boczne kłosonośne Lateral ear-bearing shoots	10,7	13,8	14,0	19,1	13,0	17,8	16,9	20,3	1,0	1,0	
Liczba ziarn na 1 roślinę Number of grains per plant	53,5	108,6	46,4	145,4	41,6	154,6	64,4	112,3			
Masa tysiąca ziarn (w g) 1000-grain weight (g)											
Pęd główny — Main shoot	40,3	53,1	45,1	52,2	43,3	54,0	50,4	53,9			
Pędy boczne kłosonośne Lateral ear-bearing shoots	39,9	47,1	41,6	47,2	39,3	49,2	46,3	51,8			
Cała roślina — Whole plant	40,0	48,2	42,6	47,9	40,5	49,8	47,5	52,2			

Tabela 3 — Table 3
Powierzchnia zielona blaszek liściowych (dm²)
Surface of leaf blades (dm²)

Faza i organ Phase and organ	Odmiana i poziom N — Variety and N level											
	'Aramir'			'Diva'			'Gryf'			'Menuet'		
	niski low	wysoki high	% przyrostu growth increment %	niski low	wysoki high	% przyrostu growth increment %	niski low	wysoki high	% przyrostu growth increment %	niski low	wysoki high	% przyrostu growth increment %
Kłoszenie — Heading												
Blaszka liścia flagowego Flag leaf blade	0,027	0,108	307	0,016	0,077	381	0,035	0,166	374	0,081	0,171	111
Blaszka liścia 2-go Second leaf blade	0,059	0,304	415	0,046	0,258	461	0,073	0,310	325	0,185	0,328	77
Razem — Total	0,086	0,412	379	0,062	0,335	440	0,108	0,476	341	0,266	0,499	88
Zawiązywanie ziarniaków Setting of caryopses												
Blaszka liścia flagowego Flag leaf blade	0,023	0,125	443	0,015	0,104	593	0,062	0,123	98	0,110	0,124	13
Blaszka liścia 2-go Second leaf blade	0,063	0,299	375	0,041	0,262	539	0,105	0,256	144	0,174	0,184	6
Razem — Total	0,086	0,424	393	0,056	0,366	554	0,167	0,379	127	0,284	0,308	8

Rys. 1. Procentowy udział pędów w ogólnej masie części nadziemnej czterech odmian jęczmienia.

100% = masa całej części nadziemnej. I – niski poziom N; II – wysoki poziom N

Fig. 1. Proportion of shoots in total weight of above-ground parts of four barley varieties. 100% = weight of whole above-ground part. I – low N level; II – high N level

Rys. 2. Aktywność reduktazy azotanowej w blaszkach liściowych czterech odmian jęczmienia <średnie wartości wszystkich pomiarów w okresie wegetacji>. 100% = aktywność reduktazy azotanowej u odmiany „Aramir” przy niskiej dawce N. I – niski poziom N; II – wysoki poziom N

Fig. 2. Nitrate reductase activity in leaf blades of four barley varieties <mean values of all measurements in vegetation period> 100% = nitrate reductase activity in „Aramir” variety at low level of nitrogen. I – low N level; II – high N level

Rys. 3. Aktywność reduktazy azotanowej w różnych okresach wegetacji jęczmienia. 100% = aktywność reduktazy azotanowej u odmiany 'Aramir' przy niskiej dawce N. I – niski poziom N; II – wysoki poziom N. A – 'Aramir', D – 'Diva', G – 'Gryf', M – 'Menuet'. 27 IV – faza 2-go liścia, 14 V – krzewienie, 23 V – początek strzelania w źdźbło, 5 VI – przed kłoszeniem, 12 VI – kłoszenie, 20 VI – zawiązywanie ziarniaków

Fig. 3. Nitrate reductase activity in various periods of barley vegetation. 100% = nitrate reductase activity in 'Aramir' variety at low level of nitrogen. I – low N level, II – high N level. A – 'Aramir', D – 'Diva', G – 'Gryf', M – 'Menuet'. April 27 – 2-nd leaf phase, May 14 – tillering, May 23 – beginning of shooting, June 5 – before heading, June 12 – heading, June 20 – setting of caryopses

azotu <tab. 2>. Rośliny odmiany 'Menuet' miały największą powierzchnię asymilacyjną liścia flagowego i drugiego, mierzoną bezpośrednio po kłoszeniu i w fazie dojrzałości młecznej <tab. 3>.

Aktywność reduktazy azotanowej blaszek liściowych roślin rosnących przy niskim poziomie azotu była zbliżona u wszystkich porównywanych odmian <rys. 2>. Stosunkowo najwyższą aktywność tego enzymu <przedstawioną jako średnia wszystkich pomiarów przeprowadzonych w okresie wegetacji> wykazała odmiana 'Aramir', mimo iż plony tej odmiany miały wartość pośrednią w porównaniu z odmianami 'Menuet', 'Diva' i 'Gryf'. Najniższą aktywność reduktazy azotanowej cechowała odmianę 'Menuet', która wytworzyła najwyższy plon biomasy i ziarna. Najslabiej plonujące odmiany 'Gryf' i 'Diva', wykazywały pośrednią aktywność enzymu. Nie stwierdzono również współzależności między wielkością plonów a aktywnością enzymu w poszczególnych fazach wzrostu i rozwoju roślin <rys. 3>. Należy jednak zaznaczyć, że zarówno różnice w aktywności enzymu u roślin porównywanych odmian jak i w plonach odmiany 'Aramir', 'Diva' i 'Gryf' nie przekraczają błędu doświadczenia. Wysoka dawka azotu spowodowała bardzo wyraźny wzrost aktywności enzymu <rys. 2, 3>. Nie stwierdzono jednak wyraźnych różnic odmianowych we wzroście aktywności reduktazy azotanowej. Przy wysokiej dawce azotu wzrosła również zawartość białka w ziarnie <tab. 4>.

Tabela 4 – Table 4

Zawartość białka w ziarnie (%)

Protein content in grain (%)

Odmiana Variety	Poziom N – N level	
	niski low	wysoki high
'Aramir'	10,0	11,1
'Diva'	7,8	11,1
'Menuet'	6,8	10,1
'Gryf'	8,6	8,7

DYSKUSJA

Aby rośliny mogły wytworzyć duży plon ziarna o wysokiej zawartości białka, muszą charakteryzować się, obok wysokiej produkcji fotosyntetycznej, sprawnym mechanizmem asymilacji azotu i jego przemian do formy zredukowanej. W nawiązaniu do powyższego, przeprowadzone zostały pomiary aktywności reduktazy azotanowej, kluczowego enzymu w redukcji azotanów <Beever i Hageman, 1969; Eirlich i Hageman, 1973>. W przeprowadzonych badaniach wpływ poziomu azotu na wielkość plonu porównywanych odmian jęczmienia jarego nie był jednakowy. Nie stwierdzono ponadto współzależności

między wielkością plonu biomasy i ziarna, a aktywnością enzymu. Wyraźnie wyższy plon odmiany 'Menuet' i jednocześnie niska aktywność RA, sugerują, że nie sama aktywność, a ilość enzymu i jego aktywność łącznie decydowały o ilości nagromadzonego w ciągu sezonu wegetacyjnego azotu zredukowanego, dostępnego dla syntezy białka. Wskazuje na to o wiele wyższa masa słomy tej odmiany, a w szczególności masa blaszek liściowych, w których to organach redukowana jest podstawowa ilość zasymilowanego azotu azotanowego. Odmiana ta miała również największą powierzchnię asymilacyjną liścia flagowego i drugiego, mierzoną bezpośrednio po kłoszeniu i w fazie dojrzałości młeczej. Zapewniało to z jednej strony wysoką produkcję asymilatów, w tym szkieletów węglowych wykorzystywanych dla tworzenia związków wielkocząsteczkowych, z drugiej strony, zwiększona fotosynteza była źródłem elektronów wykorzystywanych przez reduktazę azotanową i azotynową (Joy i Hageman, 1966), które u odmiany 'Menuet' występowały w większych niż u innych odmian ilościach, ze względu na większą masę liści zielonych. W efekcie odmiana ta była zdolna wytworzyć większy plon biomasy i ziarna niż odmiany pozostałe.

Reduktaza azotanowa jest enzymem silnie reagującym na warunki środowiskowe a szczególnie na zawartość azotanów (Candela i in., 1957; Hageman i Fletcher, 1960; Wolska i in., 1980). Również u porównywanych odmian jęczmienia jarego stwierdzono bardzo wyraźny wzrost aktywności enzymu przy wzroście poziomu azotu w środowisku odżywczym, a zatem i stężenia dostępnych azotanów. Mimo dużych różnic odmianowych we wzroście plonów biomasy i ziarna pod wpływem zwiększonego zaopatrzenia w azot, nie stwierdzono wyraźnych różnic we wzroście aktywności RA. Inne wyniki otrzymali Croy i Hageman (1975); Deckard i in. (1973), Brunetti i in. (1975), Wolska i in. (1980), którzy na przykładzie pszenicy wykazali współzależność pomiędzy wielkością plonu i aktywnością tego enzymu. Odmiany reagujące największą zwykłą plonu wykazywały bardzo duży przyrost masy, w tym blaszek liściowych, głównych organów fotosyntetyzujących oraz kłosa, najmłodszego w tym czasie organu, a u jęczmienia charakteryzującego się również dużą zdolnością fotosyntetyczną (Thorne, 1963, 1965; Birecka i in., 1964, 1967; Frey-Wyssling i Buttrose, 1959). Według Watsona i in. (1958), Bireckiej i in. (1964, 1967) średnio 40-50% masy ziarna jęczmienia pochodzi z fotosyntezy kłosa. Przyrost masy organów asymilujących spowodował również ilościowy wzrost reduktazy azotanowej, która zlokalizowana jest przede wszystkim w młodych tkankach zielonych. W miarę starzenia się organów obniża się poziom enzymów, w tym również RA. Najlepiej plonująca w warunkach niskiego poziomu azotu odmiana 'Menuet', wykazywała natomiast bardzo małe przyrosty masy tych organów pod wpływem wzrostu stężenia azotu oraz bardzo małe przyrosty zielonej powierzchni blaszek liści flagowych i podflagowych. W efekcie mimo stosunkowo największego wzrostu aktywności RA, ale malej jego ilości w przeliczeniu na roślinę oraz mniejszego niż u innych odmian wzrostu produkcji fotosyntetycznej.

przyrost plonu odmiany 'Menuet' był mały, a końcowy plon biomasy i ziarna był zbliżony do plonu odmian znacznie słabiej plonujących w warunkach niskiego poziomu azotu.

STRESZCZENIE

Badania miały na celu porównanie produktywności czterech wybranych odmian jęczmienia, rosnących w warunkach dostatecznego i obfitego zaopatrzenia w azot przy uwzględnieniu struktury plonu i aktywności reduktazy azotanowej. Porównywane odmiany jęczmienia różniły się wielkością plonu. Zwiększenie dawki azotu spowodowało wzrost plonu biomasy i ziarna, ale w różnym stopniu u poszczególnych odmian. Wzrost plonów ziarna przy wysokim poziomie azotu był w głównej mierze rezultatem zwiększonego krzewienia produkcyjnego oraz przyrostu masy i powierzchni liści a także zielonych części kłosa. Bardzo wyraźnie wzrosła też liczba ziarn w kłosie i masa 1000 ziarn. Godnym uwagi jest fakt, że przyrost masy i powierzchni asymilacyjnej blaszek liściowych i zielonych części kłosa był większy u tych odmian, które dały większą zwyzkę plonu przy wysokim poziomie azotu. W rezultacie u tych odmian wzrastała zarówno produkcja fotosyntetyczna, jak i ilość reduktazy azotanowej — enzymu zlokalizowanego głównie w organach zielonych roślin. Zwiększenie dawki azotu spowodowało też bardzo wyraźny wzrost aktywności reduktazy azotanowej.

Uzyskane wyniki wskazują, że na ilość azotu zredukowanego, niezbędnego dla syntezy białka, miała wpływ nie tylko aktywność reduktazy azotanowej, ale i ogólna ilość enzymu występująca w roślinach.

LITERATURA

- Bauer A., Young P. H., Ozbun I. Z., 1965. Effect of moisture and fertilizer on yields of spring wheat and barley. *Agron. J.* 57: 354-360.
- Beevers L., Schrader L. E., Flesher D., Hageman R. H. 1965. The role of light and nitrate in the induction of nitrate reductase in radish cotyledons and maize seedlings. *Plant Physiol.* 40: 691-698.
- Beevers L., Hageman R. H., 1969. Nitrate reduction in higher plants *A. Rev. Plant Physiol.* 20: 495-522.
- Birecka H., Skupińska J., Bernstein I., 1964. Photosynthesis, translocation and accumulation of assimilate in cereals during grain development. V. Contribution of products of current photosynthesis after heading to the accumulation of organic compounds in the grain of barley. *Acta Soc. Bot. Pol.* 33: 601-618.
- Birecka H., Skupińska J., Bernstein I., 1967. Photosynthetic activity and productivity before and after ear emergence in spring barley. *Acta Soc. Bot. Pol.* 36: 387-409.
- Boguszewski W., Ruszkowski M., 1968. Nawożenie zbóż dużymi dawkami nawozów mineralnych. PWRiL, Warszawa.
- Brunetti N., Rossi L., Ferrandi L., 1975. Attività nitrato — riduttasica proteasica in dieci varietà di frumento duro durante la fase maturazione della granella. *Genetica Agraria* 29: 79-94.
- Candela M. J., Fisher E. G., Hewitt E. J., 1957. Molybdenum as a plant nutrient. X. Some factors affecting the activity of nitrate reductase in cauliflower plants grown with different nitrogen sources and molybdenum levels in sand culture. *Plant Physiol.* 32: 280-288.
- Croy L. I., Hageman R. H., 1970. Relationship of nitrate reductase activity to grain protein production in wheat. *Crop Sci.* 10: 280-285.
- Deckard E. L., Lambert R. J., Hageman R. H., 1973. Nitrate reductase activity in corn leaves as related to yields of grain and grain protein. *Crop Sci.* 13: 343-350.

- Dubetz S., Wells S. A., 1968. Reaction of barley varieties to nitrogen fertilizer. J. Agric. Sci. 70: 253-256.
- Eirlich G. L., Hageman R. H., 1973. Nitrate reductase activity and its relationship to accumulation of vegetative and grain nitrogen in wheat (*Triticum aestivum* L.) Crop Sci. 13: 59-66.
- Frey-Wyssling A., Buttrose M. S., 1959. Photosynthesis in the ear of barley. Nature 184: 2026-2031.
- Fularowa K., Ruszkowski M., 1978. Produktywność odmian jęczmienia jarego na różnych dawkach azotu. Biul. Inst. Hod. Rośl. 133: 131-137.
- Hageman R. H., Flesher D., 1960. Nitrate reductase activities in corn seedlings as affected by light and nitrate content of nutrient media. Plant Physiol. 35: 700-708.
- Hernandez H. H., Walsh D. E., Bauer A., 1974. Nitrate reductase of wheat. Its relation to nitrogen fertilization. Cereal Chem. 51: 330-336.
- Joy K., Hageman R. H., 1966. The purification and properties of nitrite reductase from higher plants and its dependence on ferredoxin. Biochem. J. 100: 263-273.
- Klepper L., Flesher D., Hageman R. H., 1971. Generation of reduced nicotinamide adenine dinucleotide for nitrate reduction in green leaves. Plant Physiol. 48: 580-590.
- Primost E., 1960. Der enfluk steigender stickstoffgaben auf den ertragsanfbau von winter — und sommergerste. Bodenkultur 11: 332-342.
- Ruszkowska B., Ruszkowski M., 1977a. Wpływ nawożenia i ilości wysiewu na plonowanie kilku odmian jęczmienia jarego. Wyd. własne IUNG 120: 113-132.
- Ruszkowska B., Ruszkowski M., 1977b. Wpływ wzrastających dawek azotu przy wysokim poziomie nawożenia fosforowo-potasowego oraz różnych gęstości wysiewu na plonowanie jęczmienia jarego uprawianego dla celów pastewnych. Wyd. własne IUNG 120: 133-143.
- Thorne G. N., 1963. Varietal differences in photosynthesis of ears and leaves of barley. Ann. Bot. 27: 155-174.
- Thorne G. N., 1965. Photosynthesis of ears and flag leaves of wheat and barley. Ann. Bot. 29: 317-329.
- Watson D. J., Thorne G. N., French S. A. W., 1958. Physiological causes of difference in grain yield between varieties of barley. Ann. Bot. 22: 321-352.
- Wolska E., Wojcieszka U., Król M., 1980. Aktywność reduktazy azotanowej jako wskaźnik potencjalnej produktywności roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.