**Przebieg niektórych procesów fotosyntetycznych
oraz plonowanie pszenicy ozimej i pszenżyta pod wpływem
deszczowania i nawożenia azotem
Część II. Aktywność niektórych enzymów oraz plonowanie
pszenicy ozimej i pszenżyta**

**STANISŁAW KARCZMARCZYK, EWA KOSZAŃSKA, DANIEL ŚCIAŻKO*,
MAŁGORZATA ROY**

Zakład Podstaw Produkcji Roślinnej i Nawadniania Roślin, * Katedra Biochemii AR,
ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin

S. Karczmarczyk, E. Koszańska, D. Ściążko, M. Roy (Academy of Agriculture at Szczecin, Department of Plant Production and Irrigation, * Department of Biochemistry, Słowackiego 17, 71-434 Szczecin, Poland). Acta Agrobotanica 46 (1): 31-38, 1993. *Physiological Processes and Yield of Winter Wheat and Triticale under the Influence of Sprinkling Irrigation and Nitrogen Fertilization Part II. Activity of Some Enzymes and Yield of Winter Wheat and Triticale.*

(Otrzymano dn. 1990. 08. 10)

A b s t r a c t

The second part of this paper presents effects of supplemental irrigation and nitrogen fertilization on nitrate levels in flag leaf, activity of some enzymes and yield of winter wheat and triticale. Both sprinkling irrigation and high doses of nitrogen enhanced the activity of nitrate reductase and peroxidase and slightly that of acid phosphatase. Plants from plots treated with high rates of nitrogen contained more nitrate nitrogen. Sprinkling irrigation and intensive nitrogen fertilization significantly increased the crops of winter wheat and triticale. As effect of sprinkling the yield of winter wheat increased by 35 % and triticale by 14 %. High nitrogen doses affected the yield respectively by 92 and 115 % and the combined effect of both treatments increased the yield of winter wheat by 158 % (3.3 t/ha and triticale by 139 % 3.10 t/ha).

WSTĘP

Intensywność procesów fizjologicznych w roślinie zależy głównie od zaspokojenia jej potrzeb wodnych i pokarmowych, zaś aktywność tych procesów jest ściśle skorelowana z plonowaniem. Motorem wszystkich przemian i procesów

w roślinach są enzymy. Należy podkreślić dużą rolę reduktazy azotanowej, która bierze udział w przemianach azotu, peroksydazy – odpowiedzialnej za proces biologicznego ułęniania i ochronę fitohormonów oraz fosfatazy odpowiedzialnej za gospodarkę fosforem w roślinie.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu deszczowania i zróżnicowanego nawożenia azotem na aktywność wyżej wymienionych enzymów w liściu flagowym pszenicy ozimej i pszenżyta, stopień zaopatrzenia roślin w azot oraz ich plonowanie.

METODY BADAŃ

Sposób przeprowadzenia doświadczeń polowych oraz warunki klimatyczne, glebowe i stosowaną agrotechnikę opisano w I części pracy.

Analizy przeprowadzono w fazie kwitnienia testowanych roślin. Azot azotanowy w świeżej masie liścia flagowego oznaczano potencjometrycznie przy użyciu jonoselektywnej elektrody. Reduktazę azotanową oznaczono stosując jako donator wodoru zredukowany dwunukleotyd nikotynoamidoadeninowy (NADH), natomiast aktywność fosfatazy kwaśnej i zasadowej oraz peroksydazy – kolorymetrycznie.

Ziarno i słomę zebrano z poletek o powierzchni 32 m², plony przeliczono na tony z ha, a wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji.

WYNIKI BADAŃ

O dobrym zaopatrzeniu roślin w azot, ten najbardziej plonotwórczy składnik mineralny, świadczy m.in. zawartość azotanów w roślinie w okresie wegetacji.

Zawartość azotanów w liściu flagowym pszenicy ozimej i pszenżyta oznaczono w fazie kłoszenia, kwitnienia i dojrzałości młeczej, a uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 1. Liść flagowy obu zbóż z obiektów nie nawożonych azotem i nie nawadnianych najwięcej azotanów zawierał w fazie kwitnienia; natomiast z poletek, które otrzymały 150 kg N/ha – w fazie dojrzałości młeczej. Wysokie nawożenie azotem spowodowało wzrost zawartości NO₃⁻ o 50-70 %, a w przypadku pszenżyta w fazie dojrzałości młeczej wzrost ten wynosił aż 114 %.

Deszczowanie spowodowało około dwukrotne obniżenie zawartości azotanów w liściu flagowym pszenicy ozimej, natomiast w liściach pszenżyta nie stwierdzono w tym względzie jednoznacznie ukierunkowanych różnic. Zmniejszona zawartość NO₃⁻ w roślinach z obiektów nawadnianych mogła być spowodowana stratami wynikłymi z przemieszczenia się pewnej części azotu do głębszych warstw gleby. Główną jednak przyczyną była szybsza redukcja azotanowej formy azotu i włączanie go do syntezy aminokwasów i białek w roślinie. Świadczy o tym większa aktywność

reduktazy azotanowej na obiektach nawadnianych (tab. 3). Aktywność reduktazy azotanowej wyraźnie wzrosła też na obiektach z wysokimi dawkami azotu (tab. 2). Przeciętnie była ona większa o 110 % (w pszenicy ozimej o 116, a w pszenżycie o 105 %). Aktywność reduktazy azotanowej w liściu flagowym pszenżyta była o 25 % większa niż w pszenicy ozimej i to też uzasadnia mniejszą zawartość NO_3^- w jego liściu flagowym (tab. 1).

Największą aktywność reduktazy azotanowej notowano w fazie kłoszenia (tab. 3), przykładowo w liściach pszenżyta z obiektów deszczowanych aktywność ta była o 123 % większa, a pszenicy o 160 % w porównaniu do aktywności w fazie dojrzałości młecznej. Podobne zależności między poziomem nawożenia azotem a aktywnością reduktazy azotanowej w owsie stwierdziła W o j c i e s k a (1981, 1982) oraz K a r c z m a r c z y k i wsp. (1990).

Drugim ważnym enzymem z klasy oksydoreduktaz, który jak podają M a c h a -
č k o w a i in. (1975) oraz S t a n i s ł a w s k i (1963) spełnia ważną rolę ochronną wobec fitohormonów jest peroksydaza. Enzym ten przy udziale nadtlenu wodoru utlenia kwas 3-indoliloctowy powodując jego dezaktywację. Kwas ten występując w nadmiarze powoduje zaburzenia w procesach wzrostu i rozwoju roślin. Aktywność peroksydazy w fazie kwitnienia była dwu- do trzykrotnie większa niż w fazie kłoszenia, później ulegała wyraźnemu zmniejszeniu (tab. 3). Zastosowane deszczowanie spowodowało wzrost aktywności peroksydazy w liściu flagowym pszenicy ozimej o 25 %, a pszenżyta o 9 %, natomiast wysokie nawożenie azotem (tab. 2) aż o 68 % w pszenicy ozimej, a w pszenżycie o 47 %. Podobne zależności aktywności peroksydazy w kapuście i w porach pod wpływem nawożenia mineralnego i nawadniania stwierdzili G u r g u l i K o ł o t a (1975).

Podobnie jak peroksydaza również fosfataza kwaśna była najbardziej aktywna w fazie kwitnienia; od 3 do 5 razy większa niż w okresie kłoszenia. Wysokie nawożenie azotem spowodowało wzrost aktywności fosfatazy kwaśnej o 45 % w liściach pszenicy, a o 30 % pszenżyta. Jak podaje K u b i c z (1973) kwaśna fosfataza reguluje poziom fosforu nieorganicznego w komórkach, który jest następnie wykorzystywany w procesach metabolicznych roślin.

Aktywność fosfatazy zasadowej wzrasta w fazie kwitnienia około dwukrotnie, nawożenie azotem spowodowało nieznaczne jej obniżenie, a deszczowanie nie miało wyraźnego wpływu na ten enzym.

Zastosowane zabiegi agrotechniczne modyfikując procesy fizjologiczne spowodowały zwiększenie plonów ziarna i słomy badanych roślin (tab. 4). Na obiektach nie nawadnianych, ziarna pszenicy ozimej uzyskano o 1,03 tony z ha więcej (wzrost o 35 %) a pszenżyta o ponad pół tony, co stanowi 14 % wzrost. Nawożenie wysokimi dawkami azotu spowodowało zwiększenie plonu pszenicy ozimej o 92 % (2,14 t z ha), a pszenżyta o 115 % (2,63 t z ha). Kompleksowe działanie obu zastosowanych zabiegów spowodowało wzrost plonu pszenicy o 158 % (3,34 t z ha), a pszenżyta o 139 % (3,10 t z ha).

Tabela 1 – Table 1

Zawartość N-NO₃ w liściu flagowym pszenicy ozimej i pszenżyta (mg/kg s. m.)
Content of N-NO₃ in flag leaf of winter wheat and triticale (mg/kg d. m.)

Deszczowanie Sprinkling irrigation	Dawki azotu Doses of nitrogen (kg/ha)	Pszenica ozima – Winter wheat			Pszenżyto – Triticale		
		Kłoszenie Heading	Kwitnienie Flowering	Dojrzałość mleczna Milk ripeness	Kłoszenie Heading	Kwitnienie Flowering	Dojrzałość mleczna Milk ripeness
O	0	285	352	286	180	230	208
	90	288	403	572	171	285	288
	150	294	574	615	184	309	452
	Średnie Means	289	443	491	178	275	316
W	0	122	208	197	139	156	240
	90	142	290	229	179	232	376
	150	171	300	223	218	276	508
	Średnie Means	145	266	216	179	221	375
Wpływ nawo- żenia azotem Effect of nitro- gen fertilizing	0	204	280	242	160	193	224
	90	215	347	401	175	259	332
	150	233	437	419	201	293	480
	Średnie Means	217	355	354	179	260	345

O — bez deszczowania – not sprinkled, W — deszczowane – sprinkled

Tabela 2 – Table 2

Wpływ nawożenia azotem na aktywność enzymów w liściu flagowym pszenicy ozimej i pszenżyta
Effect of nitrogen fertilization on enzymes activity in winter wheat and triticale flag leaf

Roślina Cultivar	Nawożenie azotem Nitrogen fertilizing (kg/ha)	Reduktaza azotanowa Nitrate reductase ($\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	Peroksydaza Peroxidase $\frac{\text{E}}{100 \text{ g} \cdot \text{s}}$	Fosfataza – Phosphatase ($\text{m mol} \cdot \text{kg}^{-1}$)	
				zasadowa alkaline	kwaśna acid
Pszenica ozima Winter wheat	0	157,2	90,2	17,2	56,6
	90	217,5	119,4	15,1	66,6
	150	339,3	151,3	14,2	82,1
	Średnie Means	238,0	120,3	15,5	68,4
Pszenżyto Triticale	0	194,1	97,2	14,1	65,7
	90	303,1	117,9	13,2	75,9
	150	397,3	142,8	12,9	85,6
	Średnie Means	298,2	119,3	13,4	75,7
Wpływ nawożenia azotem Effect of nitrogen fertilizing	0	175,7	93,7	15,7	61,2
	90	260,3	118,7	14,2	71,3
	150	368,3	147,1	13,6	83,9

Tabela 3 – Table 3

Aktywność wybranych enzymów w liściu flagowym pszenicy ozimej i pszenżyta pod wpływem deszczowania

Activity of some enzymes in winter wheat and triticale flag leaf under the influence of sprinkling irrigation

Roślina Cultivar	Deszczowanie Sprinkling irrigation	Fenofaza Stage	Reduktaza azotanowa Nitrate reductase ($\mu\text{mol} \cdot \text{g} \cdot \text{h}^{-1}$)	Peroxydaza Peroxydase $\frac{\text{E}}{100 \text{ g} \cdot \text{s}}$	Fosfataza – Phosphatase ($\text{m mol} \cdot \text{kg}^{-1}$)	
					zasadowa alkaline	kwaśna acid
Pszenica ozima Winter wheat	O	Kłoszenie Heading	314,5	52,1	14,6	27,9
		Kwitnienie Flowering	212,2	183,3	23,7	152,8
		Dojrzałość mleczna Milk ripeness	114,2	85,7	8,6	15,5
		Średnie – Means	213,6	107,0	15,6	65,4
	W	Kłoszenie Heading	378,2	80,6	13,8	34,3
		Kwitnienie Flowering	258,8	211,4	21,9	161,1
		Dojrzałość mleczna Milk ripeness	150,0	108,6	10,2	18,8
		Średnie – Meas	162,3	133,5	15,3	71,4
	Średnia dla pszenicy Means for wheat		238,0	120,3	15,5	68,4
Pszenżyto Triticale	O	Kłoszenie Heading	318,4	64,0	8,6	29,9
		Kwitnienie Flowering	282,5	190,8	22,3	164,8
		Dojrzałość mleczna Milk ripeness	223,5	87,4	9,3	19,2
		Średnie – Means	274,8	114,1	13,4	71,3
	W	Kłoszenie Heading	405,5	79,0	10,9	36,3
		Kwitnienie Flowering	310,3	197,7	19,1	182,9
		Dojrzałość mleczna Milk ripeness	229,8	96,8	10,1	21,3
		Średnie – Meas	315,2	124,5	13,4	80,2
	Średnia dla pszenżyta Means for triticale		295,0	119,3	13,4	75,8

Tabela 4 – Table 4

Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na plonowanie pszenicy ozimej i pszenżyta (średnie z 3 lat w t/ha)
 Effect of sprinkling irrigation and nitrogen fertilization on the yield of winter wheat and triticale
 (means of 3 years in t/ha)

Deszczowanie Sprinkling irrigation	Dawki azotu Doses of nitrogen (kg/ha)	Plon ziarna – Yield of grain		Plon słomy – Yield of straw	
		Pszenica ozima Winter wheat	Pszenżyto Triticale	Pszenica ozima Winter wheat	Pszenżyto Triticale
O	0	2,12	2,38	2,59	2,66
	90	3,32	3,87	3,80	4,16
	150	3,48	4,35	4,44	4,90
	Średnie – Means	2,98	3,53	3,61	3,90
W	0	2,54	2,30	2,55	3,16
	90	4,04	4,15	4,39	4,71
	150	5,46	5,69	5,98	6,65
	Średnie – Means	4,01	4,04	4,31	4,84
Wpływ nawożenia Effect of fertilizing	0	2,33	2,34	2,57	2,91
	90	3,68	4,00	4,09	4,43
	150	4,47	5,02	5,20	5,78
Średnia ogólna – General means		3,49	3,79	3,96	4,37
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}					
dla roślin – for plants		r. n. – n. s.			
dla deszczowania – for sprinkling		0,52			
dla nawożenia – for fertilizing		0,63			
dla współdziałania – for interaction		r. n. – n. s.			

O — bez deszczowania – not sprinkled, W — deszczowane – sprinkled

Należy podkreślić, że różnica plonów pszenicy i pszenżyta na obiektach kontrolnych bez deszczowania wynosiła 0,55 t/ha na korzyść pszenżyta (wzrost o 19 %) natomiast na obiektach nawadnianych oba gatunki plonowały jednakowo. Plony słomy kształtowały się w podobnych proporcjach. Interpretacja przytoczonych wyników upoważnia do stwierdzenia, że na glebie typowo żyzniejszej, zaliczanej do kompleksu żyniego dobrego, pszenżyto plonuje lepiej niż pszenica ozima. Na tych glebach pszenica plonuje wiernie i dorównuje w plonach pszenżytu tylko w warunkach intensywnej agrotechniki, w tym przypadku deszczowania i wysokiego nawożenia mineralnego. Ponadto ze względu na bardziej rozwinięty system korzeniowy i dłuższy okres wegetacji pszenżyta, azot został lepiej wykorzystany i stąd większy przyrost plonu.

Rośliny nawadniane oraz intensywnie nawożenie azotem pozostawały dłużej w stanie fizjologicznej aktywności. Świadczą o tym wyniki przedstawione w I części pracy, dotyczące ilości chlorofilu i karotenoidów w testowanych częściach roślin, przyrostu suchej masy, zawartości azotanów w liściu flagowym i aktywności enzymów (tab. 1, 2, i 3), zwłaszcza reduktazy azotanowej.

Intensywna fotosynteza w organach roślin nawadnianych i traktowanych wysokimi dawkami azotu była jednocześnie źródłem elektronów wykorzystywanych przez reduktazę azotanową i azotynową w procesie redukcji azotanów w roślinie (Wojcieśka i wsp., 1981). Również aktywność enzymatyczna np. kłosa, jak podaje Rossi i in. (cyt. za Wojcieśką i wsp., 1981) oraz wzmożona fotosynteza związana z dużą ilością barwników przyczyniły się do istotnego wzrostu plonów na obiektach z intensywną agrotechniką.

WNIOSKI

1. Deszczowanie i wysokie nawożenie azotem spowodowało istotny wzrost plonów pszenicy ozimej i pszenżyta. Nawadnianie spowodowało wzrost plonu pszenicy ozimej o 35 %, a pszenżyta o 14 %, wysokie nawożenie azotem odpowiednio o 92 i 115 %; pod wpływem obu zastosowanych zabiegów plon pszenicy ozimej wzrósł o 158 % (3,34 t/ha) i pszenżyta o 139 % (3,1 t/ha).

2. Zastosowane zabiegi agrotechniczne modyfikowały zawartość azotu azotanowego w roślinie oraz aktywność oznaczonych enzymów. Nawadnianie, a w jeszcze większej mierze nawożenie azotem, spowodowało wyraźny wzrost aktywności reduktazy azotanowej i peroksydazy oraz nieznaczny fosfatazy kwaśnej. Liście roślin z obiektów nawożonych wysokimi dawkami azotu zawierały znacznie więcej azotanów niż tych, które nie były nawożone azotem.

Streszczenie

Przedstawiono wyniki dotyczące wpływu deszczowania i wysokiego nawożenia azotem na zawartość azotu azotanowego w okresie wegetacji roślin, aktywność wybranych enzymów oraz plony pszenicy ozimej i pszenżyta.

Zastosowane zabiegi agrotechniczne modyfikowały zawartość azotanów w roślinie oraz aktywność wybranych enzymów. Nawadnianie, a w jeszcze większej mierze nawożenie azotem spowodowało wzrost aktywności reduktazy azotanowej i peroksydazy oraz nieznaczną intensyfikację fosfatazy kwaśnej. Liście roślin z obiektów z wysokimi dawkami azotu zawierały znacznie więcej azotanów niż tych, które nie były nawożone azotem.

Deszczowanie i wysokie nawożenie azotem spowodowało istotne zwiększenie plonów pszenicy ozimej i pszenżyta. Nawadnianie spowodowało wzrost plonu pszenicy ozimej o 35 %, a pszenżyta o 14 %, wysokie nawożenie azotem odpowiednio o 92 i 115 %; pod wpływem obu zastosowanych zabiegów plon pszenicy ozimej był o 158 % (3,34 t/ha) większy, a pszenżyta o 139 % (3,10 t/ha).

LITERATURA

- Gurgul E., Kołota E., 1975. Wpływ nawożenia mineralnego i nawadniania na aktywność peroksydazy, katalazy i fosfatazy kwaśnej w dwóch fazach wzrostu kapusty i porów. *Acta Agrobot.* 28 z. 2: 273-288.
- Karczmarczyk S., Kaczmarek G., Kowalski W., Friedrich S., 1990. Plonowanie oraz wzrost i rozwój wybranych odmian owsa w zależności od deszczowania i nawożenia mineralnego. Cz. III. Zmiany wybranych cech budowy rośliny oraz zawartości barwników i aktywności enzymów. *Szczec. Roczn. Nauk.* t V. 22: w druku.
- Kubicz A., 1973. Kwaśne fosfatazy – heterogenności, budowa chemiczna oraz właściwości fizykochemiczne. *Post. Bioch.* 19:1.
- Machačková J., Gančeva K., Zmákal Z., 1975. The role of peroxidase in the metabolism of indole-3-acetic acid phenols in wheat. *Phytochemistry*, 4: 1251-1254.
- Stanisławski J., 1963. Mechanizm działania katalazy i peroksydazy. *Wiad. Bot.* 7, z. 1: 39-51.
- Wojcieszka U., Wolska E., Król M., 1981. Wielkość i struktura plonu oraz aktywność reduktazy azotanowej u kilku odmian owsa w zależności od dawki azotu. *Pam. Puł. z.* 75: 31-43.
- Wojcieszka U., Wolska E., Król M., 1982. Wpływ zaopatrzenia w azot na produktywność jęczmienia jarego i aktywność reduktazy azotanowej. *Acta Agrobotanica* vol. 35 z. 2: 191-203.