

PL ISSN 0860-4088

POLSKIE TOWARZYSTWO NAUK AGROTECHNICZNYCH
POLISH SOCIETY OF AGROTECHNICAL SCIENCES
ПОЛЬСКОЕ ОБЩЕСТВО АГРОТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



FRAGMENTA AGRONOMICA

KWARTALNIK
NR 2(58)
ROK XV

2

98

PUŁAWY 1998

WPLYW DESZCZOWANIA I NAWOŻENIA NA PROCESY FIZJOLOGICZNE I PLONOWANIE JĘCZMIENIA UPRAWIANEGO NA GLEBIE LEKKIEJ

Irena I. Zbieć, Dariusz Wojtasik, Ewa Rumasz, Cezary Podsiadło

Zakład Podstaw Produkcji Roślinnej i Nawadniania Roślin AR
w Szczecinie

S y n o p s i s. Doświadczenia polowe i badania laboratoryjne wykazały, że uzupełniające deszczowanie i nawożenie mineralne powoduje gromadzenie azotanów w liściach jęczmienia, a także podwojenie aktywności reduktazy azotanowej. Pod wpływem nawadniania i nawożenia znacznie wzrosła asymilacja, transpiracja i przewodność dyfuzyjna liści w porównaniu z roślinami z poletek kontrolnych. Deszczowanie wydłużyło okres fotosyntetycznej aktywności roślin, a to umożliwiło większą akumulację biomasy. Dzięki temu jęczmień nawadniany i nawożony wydał plon dwukrotnie wyższy, niż rośliny kontrolne.

S ł o w a k l u c z o w e - key words: deszczowanie - irrigation, nawożenie mineralne - mineral fertilizer, jęczmień - barley.

WSTĘP

Warunki, w jakich rosną rośliny uprawne mają znaczny wpływ na ich rozwój, a zatem i plonowanie. Szczególne znaczenie ma zaopatrzenie w składniki pokarmowe i ich dostępność, stąd rola nawadniania, zwłaszcza na glebach lekkich o małej zdolności retencyjnej. W roślinach, które rosną w dobrych warunkach wszelkie procesy fizjologiczne przebiegają intensywnie. Z prac, między innymi, Wojcieszkiej i in. [9, 11], Nałborczyka i in. [7], Karczmarczyka i in. [4, 5] wynika, że rośliny pszenicy, pszenżyta, owsa, jęczmienia prawidłowo nawożone i nawadniane wytwarzają większą masę, odznaczają się większą zawartością chlorofilu i karotenu w liściach, przyswajają więcej dwutlenku węgla niż te, które były poddane stresowi pokarmowemu i wodnemu. Ponieważ możliwości plonotwórcze roślin, jakkolwiek zależne od środowiska, są także uwarunkowane genetycznie, konieczne jest empirycz-

ne określenie wpływu zabiegów agrotechnicznych na poszczególne gatunki i odmiany roślin uprawnych.

W pracy przedstawiono wyniki doświadczeń polowych i laboratoryjnych nad wpływem uzupełniającego deszczowania i nawożenia na aktywność niektórych enzymów, zawartość chlorofilu i karotenu w czasie wegetacji jęczmienia oraz na wielkość plonu.

MATERIAŁ I METODY

W latach 1996 i 1997 przeprowadzono doświadczenia polowe na glebie kompleksu żyniego dobrego, IVb klasy bonitacyjnej; 5Bw, pgl:pgm. Warunki termiczne i opady były zbliżone do średnich wieloletnich, niedobory opadów wystąpiły w 1996 r. w kwietniu i czerwcu, a w 1997 r. w maju i czerwcu.

Doświadczenie założono metodą split-plot, z trzema zmiennymi: deszczowanie, odmiany, nawożenie. Pierwszym czynnikiem było deszczowanie (O - bez deszczowania, W - deszczowanie), drugim: odmiana (jęczmień browarny Orlik i Rudzik, jęczmień pastewny Boss i Edgar), trzecim: nawożenie (0 - bez NPK, 1 - NPK 120 kg i 3 - NPK pod jęczmień browarny, a 140 kg NPK jako pojedyncza dawka i jej wielokrotność pod jęczmień pastewny).

Potrzeby deszczowania określano metodą dekadowych potrzeb wodnych [Dzieżyc i wsp. 1987]. W roku 1996 zastosowano 60 mm wody, w 1997 - 80 mm. Zawartość chlorofilu i karotenu oznaczano w liściu flagowym, dokłosiu i kłosie w próbach pobieranych z obiektów O i W oraz 0, 1 i 3 NPK. Stężenie barwników oznaczano w wyciągach N,N-dwumetyloformamidowych metodą kolorymetryczną - przy długości fal 663, 645 i 440 nm. Intensywność fotosyntezy, transpirację, stężenie CO₂ w komórkach przyszparkowych oraz przewodność dyfuzyjną szparek oznaczano analizatorem gazowym LCA-4 produkcji angielskiej. Aktywność enzymów oznaczano w liściu flagowym. Reduktazę azotanową oznaczano stosując zredukowany NADH jako donor wodoru, a fosfatazy i peroksydazy - kolorymetrycznie. Azotany oznaczano elektrodą jonoselektywną. Plony zebrane z poletek o powierzchni 15 m² przeliczono na t z 1 ha. Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji.

WYNIKI BADAŃ

Intensywność procesów biochemicznych w roślinie przejawia się aktywnością reakcji enzymatycznych. Jak wynika z danych zamieszczonych w tabeli 1, nawożenie mineralne wywarło duży wpływ na aktywność reduktazy azotanowej. Enzym ten odgrywa kluczową rolę w łańcuchu przemian azotu mineralnego w aminowy. Potrójna dawka NPK spowodowała wyraźne nagromadzenie azotanów w liściach, ale także ponad dwukrotny wzrost aktywności reduktazy azotanowej. Wpływ aktywności reduktazy azotanowej na dystrybucję azotu w roślinach żyta opisali także Erlich i Hageman [3], a związek jej aktywności z plonem Wojcieszka [11]. Wpływ deszczowania był pod tym względem również najkorzystniejszy na obiektach wysoko nawożonych.

Tabela 1. Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na zawartość N-NO₃ oraz aktywność niektórych enzymów w liściu flagowym jęczmienia jarego w fazie kwitnienia (średnie z 2 lat)

Table 1. Influence of irrigation and mineral fertilization on the N-NO₃ content and enzyme activity of barley flag leaf during flowering (2-year means)

Obiekty - <i>Objects</i>		N-NO ₃ (mg/kg)	Reduktaza azotanowa <i>Nitrate reductaze</i> ($\mu\text{molNO}_2/\text{g/h}$)	Peroxysydaza <i>Peroxydase</i> ($\Delta\text{E/s.100g}$)	Fosfotaza - <i>Phosphatase</i> (mmol/kg)	
Deszczowa- nie <i>Irrigation</i>	NPK (kg/ha)				zasadowa <i>alkaline</i>	kwaśna <i>acid</i>
Jęczmień jary pastewny, odmiana Boss - <i>Fodder barley cv Boss</i>						
O	0	240	150	208	23,8	71,8
	1	300	188	250	21,7	79,6
	3	340	300	271	20,7	90,8
Średnia - <i>mean</i>		293	213	243	22,1	80,7
W	0	180	106	216	29,4	77,0
	1	260	168	262	24,8	92,7
	3	300	262	292	24,4	106,6
Średnia - <i>mean</i>		247	179	257	26,2	92,1
Jęczmień jary browarny, odmiana Orlik - <i>Brewery barley, cv Orlik</i>						
O	0	200	126	204	28,7	77,6
	1	230	140	240	26,6	94,4
	3	260	210	280	25,2	111,8
Średnia - <i>mean</i>		230	159	241	26,8	94,6
W	0	160	96	224	27,7	88,3
	1	210	120	268	25,9	103,1
	3	230	186	296	22,8	115,4
Średnia - <i>mean</i>		200	134	263	25,5	102,3

Nawożenie i deszczowanie miało niewielki dodatni wpływ na aktywność kwaśnej fosfatazy, uczestniczącej w procesie przyswajania fosforu; podobnie zareagowała peroksydaza odpowiedzialna między innymi za syntezę i rozkład hormonów wzrostu, na co zwracała uwagę także Machackova i wsp. [6].

Zarówno nawożenie, jak i deszczowanie wywarło korzystny wpływ na fotosyntezę liści jęczmienia (tab. 2, 3). Reakcja obu odmian była podobna, choć jęczmień pastewny bardziej zareagował na deszczowanie, niż browarny, prawdopodobnie z powodu większej dawki nawozów. Pod wpływem potrójnej dawki NPK i nawadniania asymilacja była o 84% większa, niż na obiekcie kontrolnym. Również transpiracja była wyraźnie wzmożona: liście jęczmienia pastewnego - nawadnianego i nawożonego 3 NPK transpirowały o 135% więcej wody, a browarnego o 44% więcej od liści z obiektów kontrolnych. Największy wpływ miało nawadnianie na przewodność dyfuzyjną szparek, która wzrastała ponad 3-6 krotnie w roślinach deszczowanych, nic więc dziwnego, że fotosynteza mogła przebiegać bardziej intensywnie, liście dysponowały zwiększoną ilością dwutlenku węgla. Deszczowanie powodowało także obniżanie temperatury liści, a to również sprzyjało fotosyntezie. Jak to wynika z prac

między innymi Wojcieszkiej i wsp. [9], związki między produktywnością fotosyntezy a wielkością plonu zostały udowodnione, zatem każdy zabieg agrotechniczny korzystnie działający na asymilację powoduje zwiększenie plonu.

Tabela 2. Fotosynteza, transpiracja i przewodność dyfuzyjna liści jęczmienia browarnego odmiany Orlik

Table 2. Photosynthesis, transpiration and stomatal conductance of brewery barley cv Orlik

Obiekty - Objects		Szybkość asymilacji CO ₂ Assimilation speed ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	Transpi-racja Transpira-tion ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	C _i * ($\mu\text{mol.mol}^{-1}$)	T _{leaf} * (°C)	g _s * ($\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)
O	0 NPK	13.7	3.09	287	21.4	0.28
	3 NPK	17.6	3.81	273	21.3	0.35
W	0 NPK	16.6	4.11	322	20.8	1.02
	3 NPK	18.8	4.46	314	20.3	1.57
Wpływ deszczowania Effect of irrigation	O	15.6	3.45	280	21.3	0.32
	W	17.7	4.28	318	20.5	1.29
Wpływ nawożenia Effect of fertilization	0 NPK	15.1	3.60	305	21.1	0.65
	3 NPK	18.2	4.13	293	20.8	0.96
NIR _{0.05} -LSD _{0.05} dla deszczowania for irrigation		1.13	0.43	14.0	0.40	0.50
dla nawożenia for fertilization		1.07	0.29	r.n.	r.n.	r.n.
dla współdziałania for interaction		2.01	0.61	r.n.	r.n.	0.65

- C_i - stężenie CO₂ w komorach szparkowych - sub/stomatal concentration
- T_{leaf} - temperatura liści - leaf temperature
- g_s - przewodność dyfuzyjna szparki - stomatal conductance

Tabela 3. Fotosynteza, transpiracja, przewodność dyfuzyjna liści jęczmienia pastewnego odmiany Edgar

Table 3. Photosynthesis, transpiration and stomatal conductance of fodder barley cv Edgar

Obiekty - Objects		Szybkość asymilacji Assimilation speed ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	Transpiracja Transpiration ($\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	C_i^* ($\mu\text{mol.mol}^{-1}$)	T_{leaf} ($^{\circ}\text{C}$)	g_s^* ($\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)
O	0 NPK	10,0	2,13	320	22,1	0,27
	3 NPK	12,3	2,76	260	22,1	0,29
W	0 NPK	14,7	4,79	338	20,8	1,34
	3 NPK	18,4	5,00	324	20,2	1,71
Wpływ deszczowania Effect of irrigation	O	11,1	2,44	290	22,1	0,28
	W	16,5	4,89	331	20,5	1,52
Wpływ nawożenia Effect of fertilization	0 NPK	12,3	3,46	320	21,4	0,80
	3 NPK	15,3	3,88	292	21,1	1,00
NIR _{0,05} - LSD _{0,05} dla deszczowania for irrigation		2,53	1,42	17,1	0,66	0,77
dla nawożenia for fertilization		1,87	r.n.	11,2	r.n.	r.n.
dla współdziałania for interaction		3,55	r.n.	23,1	r.n.	r.n.

- C_i - stężenie CO_2 w komorach szparkowych - sub/stomatal concentration
- T_{leaf} - temperatura liścia - leaf temperature
- g_s - przewodność dyfuzyjna szparki - stomatal conductance

W procesie fotosyntezy uczestniczą głównie liście, ale znaczny udział biorą też inne organy roślin zawierające chlorofil, np. źdźbła, kłosa. Zarówno nawożenie, jak i nawadnianie spowodowało znacznie większy wzrost liścia flagowego, dokłosa i kłosa, a wskutek współdziałania obu zabiegów organy te były nawet dwa razy większe, niż z obiektów kontrolnych (tab. 4).

Ilość chlorofilu zawartego w każdym organie była zależna w większym stopniu od masy organu, niż zawartości pigmentu, a zatem też znacznie większa w liściach z poletek nawadnianych i nawożonych. Należy też podkreślić, że wprawdzie w miarę czasu zawartość chlorofilu się obniżała, ale w roślinach z obiektów nawadnianych dłużej się utrzymywał jego poziom; na przykład w liściu flagowym jęczmienia nie deszczowanego było w fazie dojrzałości 75 mg chlorofilu, a deszczowanego aż 275.

Tabela 4. Sucha masa 1 organu jęczmienia jarego oraz zawartość chlorofilu i karotenu
Table 4. Dry matter of 1 barley organ, and chlorophyll and carotene content

Deszczowanie <i>Irrigation</i>	NPK	Liść flagowy - <i>Flag leaf</i>			Dokłósie - <i>Shank</i>			Kłos - <i>Spike</i>		
		Kłoszenie <i>Heading</i>	Kwitnienie <i>Flowering</i>	Dojrzałość mleczna <i>Milk ripenes</i>	Kłoszenie <i>Heading</i>	Kwitnienie <i>Flowering</i>	Dojrzałość mleczna <i>Milk ripenes</i>	Kłoszenie <i>Heading</i>	Kwitnienie <i>Flowering</i>	Dojrzałość mleczna <i>Milk ripenes</i>
Sucha masa - <i>Dry matter</i> (mg/l organ)										
O	0	16	22	24	32	50	52	54	95	330
	1	20	32	40	45	58	66	80	108	515
	3	28	46	51	68	72	80	115	166	625
W	0	18	35	38	56	67	73	70	200	500
	1	26	47	53	63	80	95	110	323	632
	3	31	60	74	98	112	128	150	414	804
Chlorofil - <i>Chlorophyll</i> (µg/ l organ)										
O	0	148	172	19	83	147	81	49	54	55
	1	200	345	49	164	257	105	78	68	151
	3	292	575	75	317	360	158	122	153	196
W	0	227	359	71	125	233	155	36	88	107
	1	328	522	121	171	372	245	80	285	195
	3	421	724	275	316	612	422	132	439	260
Karoten - <i>Carotene</i> (µg/ l organ)										
O	0	25	47	28	28	42	13	11	14	28
	1	47	65	41	39	64	32	19	17	41
	3	66	117	65	51	102	47	30	39	65
W	0	35	69	38	38	85	24	22	48	38
	1	48	105	69	53	124	36	44	83	69
	3	58	141	115	100	218	91	60	147	115

Analogicznie przedstawiała się sytuacja w doklosiu i klosie. Zawartość karotenu w liście, doklosiu i klosie zmieniała się podobnie jak chlorofilu, co też jest istotne, jako że karoten chroni chlorofil przed fotooksydacją, a zatem ma duży wpływ na proces fotosyntezy [2]. Dzięki nawadnianiu i nawożeniu jęczmień mógł przez dłuższy czas gromadzić biomasa, co znalazło wyraz w plonie wyraźnie większym z poletek, które nie cierpiały niedostatku wody i składników pokarmowych. Uzyskane wyniki w pełni potwierdzają rezultaty badań Karczmarczyka i wsp. [4, 5] wykonanych na pszenicy ozimej, pszenzycie i owsie. Również Sestak i Catsky [1962] stwierdzili, że zawartość barwników nie jest bezpośrednio skorelowana z fotosyntezą, a zatem nie stężenie chlorofilu, ale wielkość powierzchni asymilacyjnej decyduje o tym, jaką masę roślina wytworzy.

Z porównania plonów jęczmienia browarnego i pastewnego (tab. 5) wynika, że odmiany pastewne bardziej zareagowały na nawożenie i deszczowanie, dając plony nieco wyższe, niż browarne. Działanie podwójnej dawki NPK uwidoczniło się szczególnie wyraźnie w plonie ziarna pastewnej odmiany Boss; plon był około dwa razy większy niż z obiektów nie nawożonych, a ponad 200% ziarna uzyskano przy zastosowaniu uzupełniającego deszczowania. Stosunkowo małe różnice plonów roślin nie nawadnianych i nawadnianych, jeśli nie stosowano wysokich dawek nawozów można tłumaczyć tym, że zastosowano bardzo małe dawki wody, w 1996 r. jęczmień deszczowano tylko raz, a w 1997 r. łączna dawka wody wynosiła tylko 80 mm. O korzystnym wpływie deszczowania połączonego z wysokim nawożeniem na plony zbóż donoszą też prace między innymi Podsiadły [8], Bieszczada i Piotrowskiego [1].

Tabela 5. Plon ziarna jęczmienia jarego, średnie z 2 lat (t/ha)

Table 5. Spring barley grain yield, 2-year means

Deszczowanie <i>Irrigation</i>	NPK	Browarny <i>Brewery</i>		Pastewny <i>Fodder</i>		Średnia <i>Mean</i>
		Orlik	Rudzik	Boss	Edgar	
O	0	1,95	2,17	2,19	2,37	2,17
	1	3,63	3,05	3,44	3,30	3,36
	2	3,81	4,20	4,09	3,55	3,91
	3	4,25	4,47	4,86	4,10	4,41
W	0	2,58	2,62	2,43	1,78	2,35
	1	3,73	3,59	3,58	3,25	3,54
	2	4,43	4,54	4,60	4,24	4,45
	3	4,60	4,55	4,86	4,49	4,63
NIR _{p=0,05} LSD _{p=0,05} dla deszczowania		0,321		0,290		
odmiany		0,254		0,291		
nawadniania		0,240		0,316		
współdziałania		0,470		0,633		

WNIOSKI

1. Duże dawki nawozów mineralnych powodowały gromadzenie azotanów w liściach jęczmienia i dwukrotny wzrost aktywności reduktazy azotanowej, szczególnie wyraźny był efekt nawożenia na obiektach, na których stosowano uzupełniające deszczowanie.
2. Intensywność asymilacji w liściach jęczmienia nawadnianego i nawożonego dużą dawką nawozów była niemal dwukrotnie większa, niż rosnącego w warunkach naturalnych, wzmożona była także transpiracja. Wielokrotnie większa, niż na obiektach kontrolnych, była też przewodność dyfuzyjna szparek roślin nawadnianych. Reakcja jęczmienia pastewnego na nawadnianie była większa, niż browarnego, który był nawożony mniejszymi dawkami NPK.
3. Deszczowanie, zwłaszcza połączone z wysokim nawożeniem, powodowało zmiany zawartości chlorofilu i karotenu w liściach, dokłosiu i kłosach jęczmienia. Szczególnie korzystne jest wydłużanie okresu aktywności barwników fotosyntetycznych roślin deszczowanych i nawożonych oraz ich większa masa w lepiej rozwiniętych i większych organach.
4. Zwiększona aktywność fotosyntetyczna i enzymatyczna liści jęczmienia deszczowanego i nawożonego dużymi dawkami NPK spowodowała lepszy wzrost i rozwój roślin, które wydawały plon do dwóch razy większy, niż z poletek nie nawadnianych i nie nawożonych.

PIŚMIENNICTWO

1. Bieszczad S., Piotrowski M., 1992: Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, 180, 15-21.
2. Devlin R.M., Barker A.K., 1971: Van Nostrand Reinhard. New York.
3. Erlich G.L., Hageman R.H., 1973: Crop Sci., 13, 59-66.
4. Karczmarczyk S., Koszański Z., Podsiadło C., 1990: Acta Agrobotanica 46, 1, 15-30.
5. Karczmarczyk S., Koszański Z., Ściążko D., Roy M., 1993: Acta Agrobotanica 46, 1, 31-38.
6. Machackova J., Ganceva K., Zmarkal Z., 1975: Photochemistry, 4: 1251-1254.
7. Nalborczyk E., Nalborczyk T., Wawrzonowska B., 1981: Photosynthesis and Environment. Ed.: G. Akoyunoglu, 97-106.
8. Podsiadło C., 1993: Praca doktorska. AR Szczecin, maszynopis.
9. Wojcieszka U., Wolska E., Samiec H., 1983: Hod. Rośl. Aklim. i Nas., 27, 69-84.
10. Wojcieszka U., 1994: Post. Nauk Roln., 1/94, 127-143.
11. Wojcieszka U., 1996: Acta Physiologiae Plantarum, 18, 1: 19-24.

I.I. Zbieć, D. Wojtasik, E. Rumas, C. Podsiadlo

EFFECT OF IRRIGATION AND FERTILIZATION ON PHYSIOLOGICAL PROCESSES AND YIELD OF BARLEY CULTIVATED ON LIGHT SOIL

Summary

Field experiments and laboratory tests have shown that, supplemental irrigation and high doses of mineral fertilizers caused accumulation of nitrates in barley leaves and also doubled the activity of nitrate reductase. As effect of irrigation and fertilization the photosynthesis, transpiration and diffusive conductivity of leaves surpassed those of not-irrigation and low-fertilized plants. Irrigation combined with high fertilization extended the photosynthetic activity of the plants which enabled a larger accumulation of biomass during vegetation, hence the watered and well fertilized barley yielded crops twice as big as the control plants.

Prof.dr hab. Irena I. Zbieć
Zakład Podstaw Produkcji Roślinnej i Nawadniania AR
ul. Słowackiego 17
71-434 Szczecin

Recenzent:

Prof.dr hab. Urszula Wojcieszka-Wuskupajtys
IUNG Puławy

Praca wpłynęła do Redakcji w styczniu 1998 r.