

Andrzej Dziamski, Zofia Stypczyńska

**WPŁYW DESZCZOWANIA I NAWOŻENIA AZOTEM
NA ZRÓŻNICOWANIE MORFOLOGICZNE
DWÓCH ODMIAN PROSA (*PANICUM MILIACEUM* L.)
NA GLEBIE BARDZO LEKKIEJ**

***THE INFLUENCE OF IRRIGATION AND NITROGEN
FERTILIZATION ON GROWTH OF PLANTS
AND GRAIN YIELD OF TWO VARIETIES OF MILLET
(*PANICUM MILIACEUM* L.) ON A VERY LIGHT SOIL***

Streszczenie

Celem badań przeprowadzonych w latach 2005–2006 w Kruszynie Krajeńskim koło Bydgoszczy było określenie wpływu nawodnienia deszczownianego i zróżnicowanego nawożenia azotem na cechy morfologiczne korzeni i pędu oraz strukturę plonu prosa dwóch odmian ‘Gierczyckie’ i ‘Jagna’, uprawianych na glebie bardzo lekkiej. Badania wykazały, że na zróżnicowanie wartości wyżej wymienionych cech morfologicznych testowanych odmian prosa istotnie wpływało nawadnianie, przy czym lepiej na ten czynnik doświadczenia reagowała odmiana ‘Jagna’. W obu odmianach nawodnienie intensywniej zwiększało masę pędu i ziarna w stosunku do masy korzeni, co odzwierciedlają wyższe wartości współczynników P_1 (stosunek masy ziarna do masy korzeni) oraz P_2 (stosunek masy części nadziemnej do masy korzeni). Obie odmiany reagowały również pozytywnie na nawożenie azotem, przy czym w warunkach bez deszczowania odmiana ‘Gierczyckie’ lepiej wykorzystuje wyższe dawki azotu (80–120 kg·ha⁻¹) a odmiana ‘Jagna’ dawki azotu w zakresie 40–80 kg·ha⁻¹. Deszczowanie natomiast zwiększyło efektywność nawożenia azotem u odmiany ‘Gierczyckie’ już po zastosowaniu azotu w ilości od 40 do 80 kg·ha⁻¹ a u odmiany ‘Jagna’ 40 kg·ha⁻¹.

Słowa kluczowe: proso, deszczowanie, nawożenie azotowe, cechy morfologiczne części nadziemnej, systemy korzeniowe, gleba bardzo lekka

Summary

The purpose of the study conducted in the years 2005–2006 in Kruszyn Krajeński near Bydgoszcz was determining the influence of irrigation and nitrogen fertilization on morphological features of root systems as well as overground parts of millet cultivable varieties Gierczyckie and Jagna including the structure of grain yield. The plants were cultivated on a very light soil. The research shown that irrigation significantly determined various values of morphological features of over- and underground parts in each tested variety of millet, where Jagna variety reacted better on this experiment factor than Gierczyckie variety. In each variety the mass of overground parts of millet as well as the mass of grain increased more intensive in relation to the mass of roots and P_2 (ratio of the overground-part mass and roots mass). Each variety used in the experiment reacted positive on nitrogen fertilisation, where, with no irrigation, Gierczyckie variety more effectively use higher nitrogen fertilisation doses (80-120 kg·ha⁻¹), whereas Jagna variety lower doses (40-80 kg·ha⁻¹). Irrigation increases the effectiveness of nitrogen fertilisation for Gierczyckie variety, when nitrogen fertilisation dose reach 40-80 kg·ha⁻¹ and for Jagna variety 40 kg·ha⁻¹.

Key words: millet, irrigation, nitrogen fertilisation, morphological features of overground parts of plant, root systems, very light soil

WSTĘP

Proso zwyczajne (*Panicum miliaceum* L.) jest jedną z najstarszych roślin uprawnych w Europie i Azji. Charakteryzuje się krótkim okresem wegetacji, dużymi wymaganiami świetlnymi i termicznymi oraz stosunkowo oszczędną gospodarką wodną – współczynnik transpiracji wynosi 200–250. Ziarno prosa charakteryzuje się brakiem glutenu, wysoką zawartością witaminy B₁ i B₂ oraz tłuszczu przez co jest doskonałym pokarmem dietetycznym. Służy ono głównie do produkcji kaszy jaglanej oraz paszy dla drobiu. Z kolei zielonka i słoma są cenną karmą dla przeżuwaczy [Krzymuski 1983, Songin 2003]. Ze względu na mały postęp hodowlany w porównaniu do coraz większej wartości gospodarczej innych zbóż powierzchnia zasiewów prosa i gryki w Polsce w roku 2005 według Rocznika Statystycznego [2006] wynosiła zaledwie 73 tys. ha, co stanowi 0,9% powierzchni zasiewów zbóż i 0,6% powierzchni gruntów ornych.

W Polsce uprawiane są dwie odmiany prosa. Jedną z nich to wczesna, plenna, podatna na wyleganie odmiana ‘Gierczyckie’, zarejestrowana od około 50 lat oraz odmiana ‘Jagna’ charakteryzująca się krótką słomą i wiechą oraz jasnożółtymi ziarniakami, wpisana do rejestru w 2000 roku. Przeciętne plony prosa w Polsce szacowane są na około 2,7 t·ha⁻¹ jednak jego potencjał produkcyjny jest większy (w doświadczeniach IUNG w Puławach uzyskuje się około 4,0 t·ha⁻¹). Spostrzeżenia Songin [2003] i Krzymuskiego [1983] wskazują, że warunkiem uzyskania takich plonów jest dobre zaopatrzenie gleby w wodę zwłaszcza w okresie strzelania w źdźbło i wyrzucania wiech.

Zastosowanie w uprawie prosa zabiegów agrotechnicznych, takich jak deszczowanie i nawożenie azotem może wpływać nie tylko na zwiększenie plonów ziarna ale również przyczyniać się do intensywniejszego wzrostu części nadziemnej i podziemnej tej rośliny.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu deszczowania i nawożenia azotem na cechy morfologiczne pędu oraz korzeni prosa dwóch odmian 'Gierczyckie' i 'Jagna', uprawianych na glebie bardzo lekkiej (kompleks żytni bardzo słaby) w rejonie o obniżonych opadach atmosferycznych w okresie wegetacyjnym.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania polowe przeprowadzono w latach 2005–2006 w Kruszynie Krajeńskim koło Bydgoszczy ($\varphi = 53^{\circ}05'$, $\lambda = 17^{\circ}52'$) na glebie zaliczanej do VI klasy bonitacyjnej i kompleksu żytniego bardzo słabego. Gleba charakteryzuje się małą zawartością części spławialnych w warstwie ornej (7%) i podornej (3–5%). Ponadto posiada słabą zdolność zaopatrywania roślin w wodę – pojemność wodna gleby w warstwie 0–50 cm wynosi 57 mm a retencja użyteczna 43 mm. Doświadczenia założono dla dwóch odmian prosa 'Gierczyckie' i 'Jagna', w układzie zależnym losowanych podbloków w trzech powtórzeniach. Czynnikiem pierwszym było deszczowanie zastosowane w dwóch wariantach: W_0 – bez deszczowania (kontrola), W_1 – z deszczowaniem. Czynnikiem drugim było zróżnicowane nawożenie azotem: N_0 – 0 kg·ha⁻¹ (kontrola), N_1 – 40 kg·ha⁻¹, N_2 – 80 kg·ha⁻¹, N_3 – 120 kg·ha⁻¹. Nawożenie fosforowo – potasowe było jednokowe na wszystkich poletkach.

Średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji prosa (V–VIII) w roku 2005 wynosiła 15,7°C i była niższa niż średnia za dwudziestolecie 1987–2006 (16,4°C) a w roku 2006 przewyższała tę średnią i wynosiła 17,1°C. Analizując temperaturę powietrza w poszczególnych miesiącach okresu wegetacji prosa, można stwierdzić, że wysokie wartości temperatur wystąpiły w lipcu, szczególnie w 2006 roku (22,4°C). Rozkład opadów w okresie intensywnej wegetacji (VI–VII) w latach badań 2005–2006 był przeciętnie o połowę mniejszy niż ilość opadów jakie występowały w tym samym czasie w wieloleciu (1987–2006). Wzajemny rozkład temperatur i opadów wskazuje, że w latach badań obecny był chłodny i wilgotny maj, bardzo suchy czerwiec, upalny lipiec oraz suchy (w roku 2005) lub mokry (w roku 2006) sierpień. W związku z czym dawki nawodnieniowe kształtowały się zależnie od ilości i przebiegu opadów i wynosiły w 2005 roku 95 mm, a w 2006 roku 155 mm. Nawodnienie deszczowniane stosowano tylko w lipcu. Szczegółową charakterystykę warunków termicznych, wilgotnościowych oraz potrzeby wodne prosa, w okresie prowadzenia badań zamieszczono w publikacji Rolbiecki i in. [2007].

Próby roślin do badań części nadziemnych pobierano w każdym roku doświadczenia z powierzchni 1m^2 gdy wiechy prosa były w pełni wykształcone a ziarniaki w szczytowych ich partiach dojrzałe. Po wysuszeniu roślin do powietrznie suchej masy określono masę nadziemną całkowitą, którą stanowiły masy wszystkich niżej podanych komponentów, tj. słomy, wiechy oraz ziarna wyrażone w $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Zmierzone również długość słomy (cm), średnicę źdźbła – pierwsze międzywęźle (mm) oraz długość wiechy (cm). Korzenie do badań pobierano w tym samym terminie co części nadziemne przez pobranie z każdego obiektu dwóch monolitów glebowych do głębokości 30 cm, w których wyróżniono sekcje (próby) o objętości 200 cm^3 ($10\times 10\times 2\text{ cm}$). Z prób glebowych, ręcznie za pomocą pincety wybierano korzenie usuwając jednocześnie zanieczyszczenia organiczne i mineralne. Suchą masę korzeni (zwanej dalej masą korzeni) określano po ich wysuszeniu przez dwie godziny w temperaturze 60°C i wyrażono w $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$. W celu określenia wzajemnych proporcji, a tym samym możliwości produkcyjnej prosa w zależności od kształtowania się masy korzeniowej w stosunku do części nadziemnej roślin, obliczono dwa współczynniki: P_1 określający stosunek masy ziarna do masy korzeni oraz P_2 określający stosunek całej masy nadziemnej do masy korzeni [Sytnik i in. 1977].

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały, że bez względu na zastosowane czynniki, tj. deszczowanie i nawożenie azotem, istotnie wyższą masę całkowitą części nadziemnych w tym masę słomy i wiechy u obydwu odmian prosa uzyskano w 2006 roku (tab. 1). Ponadto stwierdzono istotne zwiększenie się długość wiechy i długość słomy przy jednoczesnym wzroście średnicy źdźbła. Inaczej natomiast wzrastał system korzeniowy prosa, w roku 2005 rośliny wykształciły większą masę części podziemnych niż w roku 2006. Jednocześnie należy stwierdzić, że średnio za cały okres badań odmiana Jagna osiągnęła lepszą niż ‘Gierczyckie’ masę korzeni o około 1%, a także całkowitą masę nadziemną (o około 9,5%) i masę słomy (o około 19,5%) oraz średnicę źdźbła o około 26%. Natomiast masa wiechy osiągała zbliżoną wielkość u obydwu odmian przy nieco wyższej masie ziarna u odmiany ‘Gierczyckie’ ($3,00\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) niż u odmiany ‘Jagna’ ($2,90\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Różnice między odmianami dla długości słomy oraz długości wiechy również były bardziej korzystne dla odmiany ‘Gierczyckie’ niż odmiany ‘Jagna’ i wynosiły średnio dla długości słomy 2,17 cm a dla wiechy jedynie 0,5 cm. Wynika to z faktu, że ‘Jagna’ jest odmianą uznawaną za krótkosłomą i cecha ta znalazła odzwierciedlenie wobec zastosowanych czynników doświadczenia.

Tabela 1. Cechy morfologiczne części nadziemnych i korzeni prosa odmian Gierczyckie i Jagna w zależności od roku badań
Table 1. Morphological features of overground parts and roots of millet, Gierczyckie and Jagna variety in relation of the year of the research

Odmiana Variety	Rok badań Study year	Masa korzeni (t·ha ⁻¹) Root mass (t·ha ⁻¹)	Masa ziarna (t·ha ⁻¹) Yield mass (t·ha ⁻¹)	Masa nadz. (t·ha ⁻¹) Mass of overground part of plant (t·ha ⁻¹)	Masa słomy (t·ha ⁻¹) Straw mass (t·ha ⁻¹)	Dług. słomy (cm) Straw length (cm)	Średn. żdźbła (mm) Straw diameter (mm)	Masa wiechy (t·ha ⁻¹) Panicle mass (t·ha ⁻¹)	Długość wiechy (cm) Panicle length (cm)	Masa ziarna : masa korzeni (wsp. P ₁) Yield mass : root mass (factor P ₁)	M. nadziemna : m. korzeni (wsp. P ₂) M. of overground part of plant : root m. (fac.P ₂)
Gierczyckie	2005	3,43	3,03	6,33	2,38	46,63	1,47	3,96	14,25	0,9	1,8
	2006	2,31	2,96	7,01	2,92	49,42	1,55	4,08	17,08	1,3	3,0
	średnia mean	2,87	3,00	6,67	2,65	48,02	1,51	4,02	15,28	1,1	2,4
Jagna	2005	3,28	2,68	6,58	3,06	38,00	1,95	3,52	13,17	0,8	2,0
	2006	2,52	3,12	8,02	3,53	53,71	2,13	4,50	16,63	1,2	3,2
	średnia mean	2,90	2,90	7,30	3,29	45,85	2,04	4,01	14,90	1,0	2,6
NIR _{0,05} , LSD _{0,05}											
odmiana, variety		*	n.i.	n.i.	*	***	**	***	n.i.	nie określono not determined	
lata, years		*	***	n.i.	*	*	***	n.i.	*		
odmiana × lata, variety × years		*	n.i.	*	*	n.i.	*	**	*		

Zastosowanie nawodnienia spowodowało pozytywną reakcję u każdej odmiany prosa we wszystkich analizowanych parametrach (tab. 2). Istotny wzrost bez względu na odmianę stwierdzono wobec takich badanych cech jak masa korzeni, długość słomy i jej średnica oraz długość wiechy. Stwierdzono również szczególnie wysoki przyrost masy części nadziemnych w tym masy ziarna u odmiany ‘Gierczyckie’ o około 85% (z 2,10 do 3,89 t·ha⁻¹), masy wiechy o 80% (z 2,87 do 5,17 t·ha⁻¹) i masy słomy o 56% (z 2,07 do 3,23 t·ha⁻¹). U odmiany ‘Jagna’ przyrosty masy części nadziemnych były jeszcze większe i wynosiły dla ziarna o około 100% (z 1,95 do 3,85 t·ha⁻¹) oraz masy słomy z 2,31 do 4,28 t·ha⁻¹ i wiechy z 2,81 do 5,21 t·ha⁻¹, co stanowi około 85%. Analiza wyników jednoznacznie wskazuje, że uzupełnienie niedoborów wody przyczynia się

Tabela 2. Cechy morfologiczne części nadziemnych i korzeni prosa odmian Gierczyckie i Jagna w zależności od deszczowania i nawożenia azotem (lata 2005–2006)

Table 2. Morphological features of overground parts and roots of millet, Gierczyckie and Jagna variety in relation of irrigation and nitrogen fertilisation (2005–2006)

Odmiana Variety	Deszczowanie Irrigation	Dawka N (kg·ha ⁻¹) N dose (kg·ha ⁻¹)	Masa korzeni (t·ha ⁻¹) Root mass (t·ha ⁻¹)	Masa ziarna (t·ha ⁻¹) Yield mass (t·ha ⁻¹)	Masa nadziemna (t·ha ⁻¹) Mass of overground part of plant (t·ha ⁻¹)	Masa słomy (t·ha ⁻¹) Straw mass (t·ha ⁻¹)	Długość słomy (cm) Straw length (cm)	Średnica źdźbła (mm) Straw diameter (mm)	Masa wiechy (t·ha ⁻¹) Panicle mass (t·ha ⁻¹)	Długość wiechy (cm) Panicle length (cm)	Masa ziarna : masa korzeni (wsp. P ₁) Yield mass : root mass (factor P ₁)	M. nadziemna : m. korzeni (wsp. P ₂) M. of overground part of plant : root m. (fac.P ₂)
Gierczyckie	W ₀	N ₀	1,89	2,17	4,73	1,75	31,50	1,37	2,98	13,50	1,1	2,5
		N ₁	2,35	2,12	4,95	2,02	40,00	1,43	2,93	16,17	0,9	2,1
		N ₂	3,54	1,86	4,67	2,05	42,83	1,42	2,62	15,17	0,5	1,3
		N ₃	3,11	2,25	5,43	2,46	44,83	1,45	2,96	16,00	0,7	1,7
		średnia mean	2,72	2,10	4,94	2,07	39,79	1,42	2,87	15,21	0,8	1,8
	W ₁	N ₀ N ₀	2,29	3,23	6,32	2,42	48,50	1,52	3,89	14,33	1,4	2,8
		N ₁	2,46	3,70	7,78	2,72	53,17	1,33	5,06	17,00	1,5	3,2
		N ₂	4,09	4,22	9,37	3,65	61,33	1,88	5,72	18,83	1,0	2,3
		N ₃	3,23	4,42	10,13	4,12	62,00	1,68	6,01	20,17	1,4	3,2
		średnia mean	3,02	3,89	8,40	3,23	56,25	1,60	5,17	17,58	1,3	2,8
	N	N ₀	2,09	2,70	5,52	2,08	40,00	1,44	3,43	13,91	1,3	2,6
		N ₁	2,41	2,91	6,36	2,37	46,58	1,38	3,99	16,58	1,2	2,6
		N ₂	3,82	3,04	7,02	2,85	52,08	1,65	4,17	17,00	0,8	1,8
		N ₃	3,17	3,33	7,78	3,29	53,41	1,56	4,48	18,08	1,0	2,4
		średnia dla N	2,87	2,99	6,67	2,65	48,02	1,51	4,02	16,39	1,1	2,3
Jagna	W ₀	N ₀ N ₀	1,98	1,65	4,31	2,06	27,67	1,65	2,25	11,67	0,8	2,2
		N ₁	2,50	1,87	4,49	1,84	36,17	2,12	2,65	13,17	0,7	1,8
		N ₂	2,89	2,31	6,53	3,22	42,50	1,75	3,32	14,17	0,8	2,3
		N ₃	1,79	1,99	5,12	2,12	42,50	2,08	3,01	15,17	1,1	2,0
		średnia mean	2,29	1,95	5,11	2,31	37,21	1,90	2,81	13,54	0,9	2,2
	W ₁	N ₀ N ₀	2,52	3,01	6,55	2,75	36,33	1,82	3,80	11,67	1,2	2,6
		N ₁	3,90	3,66	9,11	4,17	51,67	1,90	4,94	15,17	0,9	2,3
		N ₂	3,86	4,22	10,59	4,67	64,50	2,35	5,92	18,67	1,1	2,7
		N ₃	3,77	4,53	11,70	5,52	65,50	2,67	6,18	19,50	1,2	3,1
		średnia mean	3,51	3,85	9,49	4,28	54,50	2,18	5,21	16,25	1,1	2,7

N_0	2,25	2,33	5,43	2,40	32,00	1,73	3,02	11,67	1,0	2,4
N_1	3,20	2,76	6,80	3,00	43,92	2,01	3,79	14,17	0,9	2,1
N_2	3,38	3,27	8,56	3,94	53,50	2,05	4,62	16,42	1,0	2,5
N_3	2,78	3,26	8,41	3,82	54,00	2,37	4,59	17,33	1,2	3,0
średnia dla N mean for N	2,90	2,90	7,30	3,29	45,85	2,04	4,00	14,90	1,0	2,5
NIR _{0,05} , LSD _{0,05}										
odmiana variety	n.i.	n.i.	*	***	*	***	n.i.	**	nie określono not determined	
deszczowanie irrigation	*	***	***	***	***	**	***	***		
Nawożenie fertilization	***	***	***	***	***	***	***	***		
odm. × deszcz. var. × irrig.	*	n.i.	*	**	*	*	n.i.	n.i.		
deszcz. × nawoż. irrig. × fertil.	***	n.i.	**	***	***	***	*	n.i.		
odm. × nawoż. var. × irrig.	*	**	***	***	***	***	***	***		

W₀ – bez deszczowania (kontrola), without irrigation (control)

W₁ – z deszczowaniem, with irrigation

N₀, N₁, N₂, N₃ – dawki azotu – odpowiednio: 0, 40, 80, 120 kg ha⁻¹.

N₀, N₁, N₂, N₃ – nitrogen doses: 0, 40, 80, 120 kg ha⁻¹, respectively.

do lepszego wzrostu i rozwoju roślin, które w określonych warunkach glebowych i temperaturowych są zdolne wydać nawet dwa razy wyższe plony niż w przypadku jej deficytu. Korzystny wpływ deszczowania na wzrost roślin stwierdzili również Koszański i inni [1999] w badaniach nad owsem oraz Podsiadło i inni [1999] w doświadczeniach z jęczmieniem jarym.

Ważnym czynnikiem wpływającym istotnie na wszystkie analizowane parametry u badanego prosa obok nawadniania było nawożenie azotem. Stwierdzono, że odmiana ‘Gierczyckie’ do osiągnięcia wyższej masy części nadziemnych i podziemnych wymagała większych dawek azotu niż odmiana ‘Jagna’ (tab. 2). Pierwsza z nich wyższe plony ziarna, większą masę części nadziemnych oraz długość słomy uzyskała po zastosowaniu azotu w ilości 120 kg·ha⁻¹. Natomiast największa masa korzeni wytworzona została u tej odmiany na obiektach nawożonych azotem w ilości 80 kg·ha⁻¹. Z kolei odmiana ‘Jagna’ największą masę części nadziemnych i podziemnych uzyskała po zastosowaniu azotu w dawce 80 kg·ha⁻¹. Stosowanie wyższych dawek azotu w ilości 120 kg·ha⁻¹ u tej odmiany przyczynia się do nieznacznego obniżenia plonu ziarna oraz wytworzenia dłuższej słomy (o około 1%) i dłuższej wiechy (o około 5,5%) o większej średnicy (o około 15%).

W badaniach nad wielkością plonów roślin uprawnych mało uwagi poświęca się zależnościom, jakie zachodzą między masą nadziemną i podziemną a są one zależne od wielu czynników i stąd trudne do interpretacji. Wynika to z faktu, iż te same czynniki w pewnych warunkach mogą powodować intensywny wzrost korzeni, natomiast w innych warunkach części nadziemnych. Ponadto różnice stosunków biomasy części podziemnych do nadziemnych roślin tego samego gatunku będą większe lub mniejsze w zależności od właściwości fizjologicznych i adaptacyjnych roślin, co wykazują badania Kukielskiej [1974]. Dobrym sposobem wyrażenia tych współzależności jest stosunek masy ziarna do masy korzeni (współczynnik P_1) oraz stosunek masy nadziemnej do masy korzeni (współczynnik P_2). W każdym roku badań po zastosowaniu nawadniania współczynniki przybierały wyższe wartości (tab. 2). Nawadnianie prosa odmiany 'Gierczyckie' spowodowało, że obliczone współczynniki P_1 i P_2 przybierały wyższe wartości w porównaniu do powierzchni kontrolnych. Wartość współczynnika wzrosła średnio o 0,5 (z 0,8 przy braku deszczowania do 1,3 na obiektach deszczowanych), natomiast wartość drugiego współczynnika – P_2 wzrosła o 1,0 (wzrost z 1,8 do 2,8). U odmiany 'Jagna' w tych samych warunkach również nastąpił wzrost wartości współczynników i wynosił on dla P_1 – 0,2 (wzrost z 0,9 do 1,1) i P_2 – 0,5 (wzrost z 2,2 do 2,7). Obliczone wartości współczynników P_1 i P_2 wskazują, że mniejsza ilość wody w podłożu powoduje intensywniejszy wzrost korzeni w stosunku otrzymanego plonu ziarna oraz całkowitej masy nadziemnej. Podobne zależności między masą nadziemną a podziemną w warunkach nawadniania pszenicy jarej uzyskał Gałka [1987] oraz Dziamski i in. [1999] w badaniach nad jęczmieniem jarym, gdzie doświadczenie prowadzone było w zbliżonych warunkach klimatyczno – glebowych.

Analizując zależności jakie zachodzą u prosa między masą ziarna oraz masą nadziemną a masą korzeni w wyniku nawożenia azotem, stwierdzono, że badane odmiany w różny sposób wykorzystują zastosowanie dawek tego składnika (tab. 2). Odmiana 'Gierczyckie' wytwarzała największą masę korzeni w stosunku do masy części nadziemnych i ziarna po zastosowaniu azotu w ilości $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, co odzwierciedlają najniższe wartości współczynników P_1 –0,8 i P_2 –1,8. Z kolei u odmiany 'Jagna' intensywniejszy wzrost korzeni niż części nadziemnych i jednocześnie najniższe wartości współczynników produktywności (P_1 –0,9 i P_2 –2,1) stwierdzono po zastosowaniu azotu w ilości $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Podobne zależności jak u odmiany Gierczyckie wykazał Gałka [1987] w badaniach nad pszenicą jarą.

W celu ukazania zależności wpływu deszczowania i nawadniania na cechy morfologiczne ocenianych odmian prosa obliczono ich dynamikę zmian w ujęciu procentowym (tab. 3). Wskazuje ona, że u każdej z badanych odmian występuje inna reakcja na zastosowane czynniki doświadczenia (nawadnianie i nawożenie) oraz na zmiany morfologiczne korzeni i pędu. U odmiany 'Gierczyckie', na obiektach nie deszczowanych największe przyrosty masy słomy i ziarna (o około 20%) obserwowano po zwiększeniu dawki azotu z 80 do $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Natomiast masa korzeni wzrosła o 50% już po zwiększeniu dawki z 40 do 80 kg·ha⁻¹. Według Kukielskiej [1974] przy niedostatecznym zaopatrzeniu roślin w azot stosunek masy korzeni do części nadziemnej ulega zwiększeniu. Związane jest to z tym, że niedobory azotu w glebie wpływają głównie na ograniczenie rozwoju części nadziemnej roślin jako odległej od źródła tego składnika. Korzystnie na efektywność wykorzystania azotu przez proso wpłynęło również deszczowanie. Znaczący wzrost masy korzeni (o 66%), masy słomy (o 34%) oraz średnicy źdźbła (o 41%) nastąpił po zwiększeniu dawki azotu z 40 do 80 kg·ha⁻¹, a wzrost masy wiechy (o 30%) obserwowano już po zastosowaniu azotu w ilości 40 kg·ha⁻¹. Odmiana 'Jagna' efektywniej niż odmiana 'Gierczyckie' wykorzystywała niższe dawki azotu. Przeprowadzone obserwacje wykazały, że na powierzchniach nie deszczowanych i nawożonych azotem w ilości 40 kg·ha⁻¹ odmiana 'Jagna' wykształciła słomę o długości, średnicy źdźbła i masie korzeni większej o 26-30%, w porównaniu do obiektów kontrolnych. Duży przyrost masy nadziemnej w tym szczególnie słomy (o 75%) oraz całkowitej masy nadziemnej (o około 45%) w porównaniu do obiektów nawożonych dawką azotu w ilości 40 kg·ha⁻¹ nastąpił po zastosowaniu azotu w ilości 80 kg·ha⁻¹.

Z kolei nawadnianie prosa odmiany 'Jagna' zwiększyło efektywność wykorzystania azotu przez rośliny już po zastosowaniu azotu w ilości 40 kg·ha⁻¹. Wzrost wartości analizowanych cech części nadziemnej, z wyjątkiem średnicy źdźbła wynosił przeciętnie od 22 do 52%. Należy nadmienić, że optymalna zalecana dawka azotu stosowana przy uprawie prosa zależy od przedplonu wynosi po słabym przedplonie od 40 do 50 kg·ha⁻¹ i dobrym przedplonie od 80 do 140 kg·ha⁻¹ [Songin 2003]. Jest to jednak zależne, szczególnie w uprawie zbóż jarych od zasobności wody w glebie i możliwości jej kumulacji, na co zwracają uwagę Oracka i Trzecki [1986] oraz Fotyma [1988].

Tabela 3. Dynamika zmian cech morfologicznych części nadziemnych i korzeni pod wpływem kolejnego zwiększania dawki nawożenia azotem (%)

Table 3. Dynamics of morphological changes of overground parts and roots under influence of gradual increase of nitrogen fertilisation doses (%)

Cecha Feature	Bez deszczowania / Without irrigation			Z deszczowaniem / With irrigation		
	Nawożenie N (kg·ha ⁻¹) Fertilisation N (kg·ha ⁻¹)					
	0→40	40→80	80→120	0→40	40→80	80→120
Gierczyckie						
masa korzeni root mass	23,9	50,7	-12,0	7,4	66,3	-21,0
masa ziarna yield mass	-2,7	-12,2	21,0	14,7	14,0	4,7
masa nadziemna mass of overground part of plant	4,8	-5,7	16,2	23,1	20,4	8,1

masa słomy straw mass	15,8	1,6	20,1	12,1	34,3	12,9
długość słomy straw length	27,0	7,1	4,7	9,6	15,4	1,1
średnica źdźbła straw diameter	4,9	-1,2	2,4	-12,1	41,2	-10,6
masa wiechy panicle mass	-1,7	-10,6	13,1	30,0	13,0	5,0
długość wiechy panicle length	19,8	-6,2	5,5	18,6	10,8	7,1
Jagna						
masa korzeni root mass	26,2	15,6	-38,1	55,0	-0,9	-2,5
masa ziarna yield mass	13,5	23,7	-13,9	21,6	15,5	7,3
masa nadziemna mass of overground part of plant	4,2	45,5	-21,7	39,1	16,2	10,5
masa słomy straw mass	-10,9	75,2	-34,3	51,8	11,9	18,2
długość słomy straw length	30,7	17,5	0,0	42,2	24,8	1,6
średnica źdźbła straw diameter	28,3	-17,3	19,0	4,6	23,7	13,5
masa wiechy panicle mass	18,0	24,9	-9,4	30,0	19,9	4,4
masa wiechy panicle length	12,9	7,6	7,1	30,0	23,1	4,5
długość wiechy panicle length	12,9	7,6	7,1	30,0	23,1	4,5

WNIOSKI

1. Deszczowanie i nawożenie azotem wpływało na rozwój i kształtowanie się zarówno pędu jak i korzeni badanych odmian prosa.

2. Nawadnianie istotnie wpłynęło na wielkość cech morfologicznych pędu i korzeni u każdej z testowanych odmian prosa, przy czym lepiej na ten czynnik reagowała odmiana 'Jagna'.

3. W warunkach deszczowania, u prosa intensywniej wzrastała masa wegetatywna pędu i ziarna w stosunku do masy korzeni, co odzwierciedlają wyższe wartości współczynników P_1 i P_2 .

4. Każda z badanych odmian pozytywnie reagowała na nawożenie azotem, przy czym w warunkach bez deszczowania odmiana 'Gierczyckie' lepiej wykorzystywała wyższe dawki azotu ($80-120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) a odmiana 'Jagna' dawki niższe. W warunkach deszczowania największą efektywność nawożenia azotem

u obu ocenianych odmian stwierdzono po zastosowaniu o połowę niższych dawek nawożenia azotem.

BIBLIOGRAFIA

- Dziamski A., Stypczyńska Z., Żarski J., *Wpływ deszczowania i nawożenia azotowego na masę korzeni jęczmienia jarego i ich rozmieszczenie w glebie bardzo lekkiej*. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz 226. Rolnictwo 45, 2000, 25–29.
- Fotyma E. *Reakcja roślin uprawy polowej na nawożenie azotem*. Zboża. Pam. Puł. 93, 1988, 37–60.
- Gałka A. *Kształtowanie się masy korzeniowej pszenicy jarej uprawianej na glebach lekkich w zależności od nawożenia i nawodnień*. Pr. Kom. Nauk. PTG nr 100, 1987, 120–130.
- Koszański Z., Karczmarczyk S., Podsiadło C. *Response of oat cultivars to irrigation and mineral fertilization. Part II. Canopy architecture and yield structure*. Fol. Univ. Agric. Stetin. 193. Agric. 73, 1999, 155–161.
- Krzymuski J. *Proso. W: Podstawy agrotechniki*. Pr. zbior. pod red. W. Niewiadomskiego. PWRiL Warszawa, wyd. III, cz. II, 1983, s. 459.
- Kukielska C. *Badanie części podziemnych roślin lądowych i wpływ środowiska na korzenie się roślin*. Wiad. Ekol. T XX, z. 3, 1974, 240–263.
- Oracka T., Trzecki S. *Pobieranie i wykorzystanie składników mineralnych z gleby przez jęczmień jary w zależności od stanu jej wilgotności*. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 284, 1986, 545–555.
- Podsiadło C., Koszański Z., Zbieć I. *Response of some spring barley cultivars to irrigation and mineral fertilization. Part II. Canopy architecture and yield structure*. Fol. Univ. Agric. Stetin. 193. Agricultura 73, 1999, 131–137.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2006, Rolnictwo, łowiectwo i leśnictwo. Ryb-
łówstwo, 455–488.
- Rolbiecki St., Rolbiecki R., Rzekanowski C., Grzelak B. *Wstępne wyniki badań nad wpływem deszczowania i zróżnicowanego nawożenia azotem na plonowanie prosa odmiany 'Gierczyckie' na glebie bardzo lekkiej*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 1/2007, 179–186.
- Songin H. *Proso. W: Szczegółowa uprawa roślin*. Pr. zbior. pod red. Z. Jasińskiej i A. Koteckiego. AR Wrocław, wyd. II, t I, rozdz. 9, 2003, 293–298.
- Sytnik K.M., Kniga N.M., Musatienko L.I. *Fizjologia korzenia*. PWRiL Warszawa 1977.

Dr inż. Andrzej Dziamski,
Dr inż. Zofia Stypczyńska
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
Katedra Botaniki i Ekologii
ul. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz
e-mail: styzo@utp.edu.pl

Recenzent: Prof. dr hab. Cezary Podsiadło