

WIESŁAW KOZIARA, KATARZYNA PANASIEWICZ, HANNA SULEWSKA

Katedra Uprawy Roli i Roślin
Akademia Rolnicza w Poznaniu

EFEKTY NAWOŻENIA AZOTEM JĘCZMIENIA JAREGO W WARUNKACH PÓL NIEDESZCZOWANYCH I DESZCZOWANYCH

Effect of nitrogen fertilization of spring barley under non sprinkling irrigation
and sprinkling irrigation conditions

ABSTRACT: W pracy dokonano oceny nawożenia azotem jęczmienia jarego w zależności od warunków wilgotnościowych gleby. Deszczowanie jęczmienia poprawiało jego gospodarkę azotem zwiększając efektywność rolniczą i fizjologiczną azotu. Zwiększanie poziomu nawożenia azotem zmniejszało jego efektywność rolniczą i fizjologiczną.

Przyrost plonu pod wpływem deszczowania w dużym stopniu zależał od warunków pogody i średnio za trzyletni okres badań wynosił 36,5%.

słowa kluczowe – key words:

jęczmień jary – *spring barley*, deszczowanie – *sprinkling irrigation*, nawożenia azotem – *N fertilization*, efektywność rolnicza i fizjologiczna – *agronomy and physiological efficiency*

WSTĘP

W uprawie jęczmienia jarego istotnym elementem jest nawożenie azotem, ponieważ w dużej mierze decyduje ono o wielkości plonu oraz wartości uzyskiwanej paszy.

Według Fotymy (9) skuteczność nawożenia można ocenić za pomocą takich wskaźników jak rolnicza i fizjologiczna efektywność czy też wykorzystanie azotu z nawozów. Wskaźniki te pozwalają na określenie zdolności rośliny do przetwarzania pobranego azotu na plon użytkowy. Na kondycję roślin w dużym stopniu wpływają procesy gospodarowania azotem w roślinie, ale również warunki siedliska zarówno naturalne, jak i pochodzenia antropogenicznego (11). Zboża zaliczane są do grupy roślin rolniczych o mniejszych wymaganiach wodnych (7), jednak wiele badań wskazuje na duży efekt produkcyjny ich nawadniania (3, 19, 27).

Celem niniejszej pracy było określenie skutków nawadniania oraz efektywności nawożenia azotem w uprawie jęczmienia jarego w różnych warunkach wilgotności gleby.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2001–2003 na polach ZDD Złotniki należącym do Akademii Rolniczej w Poznaniu. Wykonano je w układzie bloków losowanych kompletnych (split-plot) w 4 powtórzeniach. Glebę pola doświadczalnego zaliczono do klas bonitacyjnych IVa i IVb, a według przydatności rolniczej do kompleksu 4 (żytni bardzo dobry) i 5 (żytni dobry). Czynnikiem badawczym były: I rzędu – wariant wodny (bez deszczowania i z deszczowaniem)
II rzędu – nawożenie azotem: 0, 30, 60 i 90 kg N·ha⁻¹.

Deszczowanie wykonywano przy spadku wilgotności gleby poniżej 70% PPW.

Nawożenie azotem w formie saletry amonowej stosowano w 3 terminach: 30 kg N·ha⁻¹ przed siewem oraz w odpowiednich obiektach 30 kg N·ha⁻¹ w fazie strzelania w źdźbło (DC 31) i 30 kg N·ha⁻¹ w fazie kłoszenia (DC 51).

Jęczmień jary odmiany Stratus uprawiano po ziemniaku w czteropolowym zmianowaniu z 50% udziałem zbóż. Przed siewem stosowano nawożenie fosforem (80 kg P₂O₅·ha⁻¹) i potasem (100 kg K₂O·ha⁻¹), zabiegi uprawowe wykonywano zgodnie z zasadami poprawnej agrotechniki tego gatunku.

Wartość energetyczną ziarna wyliczono wykorzystując metodę zalecaną przez Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (5). Zawartość składników strawnych obliczono stosując podane przez DLG współczynniki strawności i podano je w gramach na 1 kg suchej masy. Wartość energetyczną wyrażono w postaci energii metabolicznej, posługując się wzorem Hoffmanna i Schiemanna:

$$EM(\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}) = 0,021 \cdot \text{BSS} + 0,0374 \cdot \text{TSS} + 0,0144 \cdot \text{WSS} + 0,0171 \cdot \text{BNWS}$$

BSS – białko surowe strawne (g·kg⁻¹ s.m.),

TSS – tłuszcz surowy strawny (g·kg⁻¹ s.m.),

WSS – włókno surowe strawne (g·kg⁻¹ s.m.),

BNWS – związki bezazotowe wyciągowe strawne (g·kg⁻¹ s.m.)

Stosując odpowiednie przeliczenia otrzymano jednostkową zawartość energii metabolicznej w 1 kg ziarna oraz plony energii metabolicznej z 1 ha.

Wskaźniki syntetyczne:

efektywność agronomiczna nawożenia – (12):

$$\text{EAN} = (\text{PZN} - \text{PZK}) / \text{DN} \quad (\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1})$$

PZN – plon ziarna roślin nawożonych azotem,

PZK – plon ziarna roślin nie nawożonych azotem,

DN – dawka azotu.

efektywność fizjologiczna nawożenia:

$$\text{EF} = (\text{PZN} - \text{PZK}) / (\text{PNn} - \text{PNk}) \quad (\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1})$$

PNn – pobranie azotu przez rośliny nawożone azotem,

PNk – pobranie azotu przez rośliny nie nawożone azotem.

wykorzystanie azotu (WN) – (9)

$$WN = A/F \cdot 100 \quad (\%)$$

A – efektywność agronomiczna,

F – efektywność fizjologiczna.

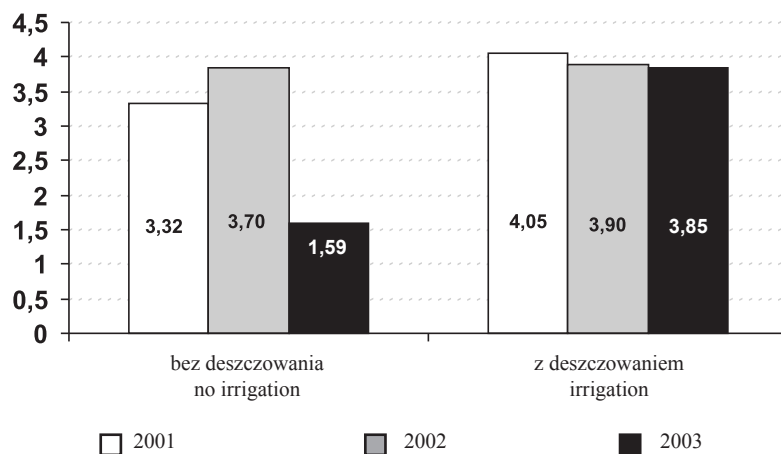
Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej metodą analizy wariancji. Test szczegółowy wykonano wg Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI

Przyrost plonu pod wpływem deszczowania w dużym stopniu zależał od warunków pogodowych, co szczególnie uwidoczniło się w 2003 roku, kiedy wzrost plonu wynosił 140,6% (rys. 1). Średnio dla trzech lat przyrost plonu pod wpływem tego czynnika wynosił 36,5% (tab. 1).

Nawożenie azotem, średnio dla wariantu wodnego, powodowało wzrost plonu ziarna do dawki 60 kg N·ha⁻¹. Współdziałanie deszczowania z nawożeniem wyraziło się tym, że w jęczmieniu niedeszczowanym istotny wzrost plonu uzyskano wraz ze zwiększeniem dawki do 30 kg N·ha⁻¹, natomiast w jęczmieniu deszczowanym istotny przyrost plonu odnotowano do dawki 60 kg N·ha⁻¹.

Deszczowanie jęczmienia jarego spowodowało zwiększenie plonu białka o 29,7% (tab. 2), a plonu energii o 29,9% (tab. 3). Przy uprawie jęczmienia bez deszczowania plon białka istotnie wzrastał do dawki 30 kg N·ha⁻¹, a plon energii nie różnił się istotnie pomiędzy badanymi poziomami nawożenia. W jęczmieniu deszczowanym największe plony białka i energii uzyskano przy dawce 90 kg N·ha⁻¹.



Rys. 1. Wpływ deszczowania na plon ziarna jęczmienia jarego w latach 2001–2003
Influence of irrigation on grain yield of spring barley in 2001–2003

Tabela 1

Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na plon ziarna jęczmienia jarego (t·ha⁻¹)
Influence of irrigation and nitrogen fertilization on grain yield of spring barley (t·ha⁻¹)

Wariant wodny Water variant	Nawożenie azotem; N fertilization (kg·ha ⁻¹)				Średnio Average
	0	30	60	90	
Bez deszczowania Non irrigated	2,66	2,96	3,00	2,90	2,88
Z deszczowaniem Irrigated	3,03	3,93	4,31	4,46	3,93
Średnio; Average	2,85	3,45	3,66	3,68	-
NIR dla: LSD for:					
deszczowania; irrigation	0,181				
nawożenia; fertilization	0,135				
interakcji; interaction	0,191				

Tabela 2

Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na plon białka jęczmienia jarego (kg·ha⁻¹)
Influence of irrigation and nitrogen fertilization on protein yield of spring barley (kg·ha⁻¹)

Wariant wodny Water variant	Nawożenie azotem; N fertilization (kg·ha ⁻¹)				Średnio Average
	0	30	60	90	
Bez deszczowania Non irrigated	244	285	299	305	283
Z deszczowaniem Irrigated	260	356	410	443	367
Średnio; Average	252	321	355	374	-
NIR dla: LSD for:					
deszczowania; irrigation	18,56				
nawożenia; fertilization	12,88				
interakcji; interaction	18,21				

Tabela 3

Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na plon energii jęczmienia jarego (GJ·ha⁻¹)
Influence of irrigation and nitrogen fertilization on energy yield of spring barley (GJ·ha⁻¹)

Wariant wodny Water variant	Nawożenie azotem; N fertilization (kg·ha ⁻¹)				Średnio Average
	0	30	60	90	
Bez deszczowania Non irrigated	36,2	37,9	38,7	37,3	37,5
Z deszczowaniem Irrigated	39,3	48,2	51,6	55,6	48,7
Średnio; Average	37,8	43,1	45,2	46,5	-
NIR dla LSD for:					
deszczowania; irrigation	3,86				
nawożenia; fertilization	1,74				
interakcji; interaction	2,46				

Produktywność opadów zależała od ich wielkości oraz od całego zespołu czynników pogodowych i wahała się od 10,4 do 20,7 kg ziarna·ha⁻¹ na 1 mm opadu (tab. 4). Średnio dla trzyletniego okresu badań wynosiła 15,6 kg ziarna·ha⁻¹ na 1 mm. Produktywność wody z deszczowania była mniejsza i wynosiła średnio 9,8 kg ziarna·ha⁻¹ na 1 mm przy wahaniach od 3,3 do 18,7 kg ziarna·ha⁻¹ na 1 mm. Największa produktywność wody z deszczowania, uzyskana w 2003 roku, wynosiła 179,8% produktywności wody z opadów naturalnych.

Tabela 4

Produktywność wody z opadów naturalnych i deszczowania (kg ziarna·ha⁻¹·mm⁻¹)
Productivity of rainfall and irrigation water (kg of grain·ha⁻¹·mm⁻¹)

Rok Year	Opad Rainfall (mm)	Woda z deszczowania Irrigation water (mm)	Produktywność 1 mm wody Productivity of 1 mm water	
			opad rainfall	deszczowanie irrigation
2001	211,8	100	15,7	7,3
2002	178,8	60	20,7	3,3
2003	154,0	120	10,4	18,7
Średnio; Average			15,6	9,8

Efektywność agronomiczna azotu zwiększała się pod wpływem nawadniania na wszystkich badanych poziomach nawożenia (tab. 5). Największą poprawę efektywności agronomicznej, o 21,7 kg ziarna/kg N, uzyskano pod wpływem deszczowania dla dawki 30 kg N·ha⁻¹. Efektywność agronomiczna azotu w jęczmieniu niedeszczowanym zmniejszała się z 8,1 kg ziarna na dawce 30 kg N·ha⁻¹ do 2,2 kg ziarna na dawce 90 kg N·ha⁻¹, natomiast przy uprawie jęczmienia w warunkach nawadniania odpowiednio z 29,8 do 15,8 kg ziarna. Produktywność 1 kg azotu z dawki 30 kg N·ha⁻¹ w wariacie niedeszczowanym wynosiła 8,1 kg ziarna/ha, a w deszczowanym 29,8 kg ziarna. Z kolei przy zwiększeniu dawki z 30 kg N·ha⁻¹ do 60 kg N·ha⁻¹ dla wy-

Tabela 5

Efektywność agronomiczna i fizjologiczna azotu (kg ziarna·kg N⁻¹)
Agronomic and physiological efficiency of nitrogen (kg ziarna·kg N⁻¹)

Wariant wodny Water variant	Nawożenie azotem; Nitrogen fertilization (kg·ha ⁻¹)				
	0–30	0–60	0–90	30–60	60–90
Efektywność agronomiczna; Agronomic efficiency					
Bez deszczowania; No irrigation	8,1	4,7	2,2	1,3	-
Z deszczowaniem; Irrigation	29,8	21,3	15,8	12,8	4,9
Efektywność fizjologiczna; Physiological efficiency					
Bez deszczowania; No irrigation	24,7	24,1	14,6	22,2	-
Z deszczowaniem; Irrigation	46,5	39,1	36,3	28,4	22,5

mienionych wyżej wariantów wodnych wynosiła odpowiednio 1,3 i 12,8 kg ziarna·ha⁻¹, a zwiększenie nawożenia z 60 kg N·ha⁻¹ do 90 kg N·ha⁻¹ nie powodowało wzrostu plonu ziarna roślin jęczmienia niedeszczowanego, a w deszczowanych efektywność ta wynosiła 4,9 kg ziarna.

Efektywność fizjologiczna azotu, podobnie jak efektywność agronomiczna, w obu wariantach wodnych zmniejszała się wraz ze wzrostem dawki azotu. Przy uprawie jęczmienia w warunkach bez deszczowania wartość ta zmniejszyła się z 24,7 kg ziarna na dawce 30 kg N·ha⁻¹ do 14,6 kg ziarna na najwyższym badanym poziomie nawożenia, a w warunkach nawadniania odpowiednio z 46,5 do 36,3 kg ziarna.

Współczynnik wykorzystania azotu, wyrażający stosunek efektywności agronomicznej do efektywności fizjologicznej, w warunkach opadów naturalnych zmniejszał się z 32,8% na dawce 30 kg N·ha⁻¹ do 15,1% na dawce 90 kg N·ha⁻¹ (tab. 6). Deszczowanie zwiększyło wartość współczynnika wykorzystania azotu na wszystkich badanych poziomach nawożenia azotem.

Tabela 6

Wykorzystanie azotu (%)
Utilization of nitrogen fertilizer (%)

Wariant wodny Water variant	Nawożenie azotem; Nitrogen fertilization (kg·ha ⁻¹)				
	0–30	0–60	0–90	30–60	60–90
Bez deszczowania; No irrigation	32,8	19,5	15,1	5,9	-
Z deszczowaniem; Irrigation	64,1	54,5	43,5	45,1	21,8

DYSKUSJA

Zmienność warunków pogodowych w poszczególnych latach badań w dużym stopniu modyfikowała wysokość uzyskiwanego plonu ziarna jęczmienia jarego, co we wcześniejszych badaniach wykazali Kukuła i in. (18).

Istnieją jednak możliwości chociaż częściowego łagodzenia negatywnego wpływu zmiennych warunków pogodowych poprzez stosowanie odpowiednich zabiegów agrotechnicznych.

Za najbardziej dogodny i skuteczny sposób poprawy warunków wodnych uważa się nawodnienia deszczowniane (15, 29). Efekty deszczowania jęczmienia zależą głównie od przebiegu pogody (27, 28), co uwidoczniło się również w badaniach własnych, ponieważ największy wpływ tego czynnika uzyskano w roku o najmniejszych opadach.

W doświadczeniu własnym nawożenie azotem powodowało wzrost plonu wraz ze zwiększaniem dawek azotu w przedziale od 0 do 60 kg N·ha⁻¹.

W badaniach Dobrzańskiej i in. (6) zwiększanie nawożenia azotem jęczmienia jarego (z 30 do 80 i 120 kg N·ha⁻¹) nie spowodowało wzrostu plonu ziarna, a nawet wystąpiła tendencja zniżkowa w stosunku do plonu uzyskanego w obiekcie z małą

dawką azotu. Taka reakcja mogła być związana z suszą, jaka wystąpiła w okresie wegetacyjnym w 1983 roku, i która nie sprzyjała wykorzystaniu większych dawek azotu przez rośliny. Podobne do uzyskanych w badaniach własnych zależności wykazali m.in. Gonzalez Ponce i Salas (11) oraz Borówczak i in. (3).

Plon białka jęczmienia jarego w doświadczeniu własnym był silniej związany ze zmianami plonu ziarna w poszczególnych latach aniżeli ze zmianami zawartości białka w ziarnie. Podobna zależność wystąpiła również we wcześniejszych badaniach Fatygi i in. (8) oraz Panasiewicz i Koziary (25).

W badaniach własnych nawożenie azotem podobnie kształtowało plony białka w obu wariantach wodnych. Plon białka zwiększał się wraz ze wzrostem dawki, z tym, że przy uprawie jęczmienia bez nawadniania istotny wzrost następował do dawki $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. W warunkach nawadniania każde zwiększenie nawożenia o $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ w granicach badanych dawek powodowało wzrost plonu białka. Noworolnik (22) w doświadczeniu odmianowym u wszystkich porównywanych przez siebie odmian jęczmienia uzyskał wzrost plonu białka przy dawce $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast zwiększając dalej poziom nawożenia stwierdził wystąpienie różnic odmianowych.

Nawożenie azotem w badaniach własnych, podobnie jak w pracy Idziaka (13), wpływało modyfikująco na plon energii. Według tego autora wystarczającą dawką azotu do uzyskania wysokiego plonu energii metabolicznej było $65 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. W badaniach własnych w warunkach opadu naturalnego nie wykazano istotnych różnic tego parametru pomiędzy stosowanymi poziomami nawożenia azotem. Natomiast w warunkach nawadniania wzrost wartości energetycznej plonu ziarna jęczmienia następował wraz ze wzrostem dawki azotu do $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Produktywność opadów zależała od zespołu czynników pogodowych i była różna w poszczególnych latach prowadzenia badań własnych. Najwyższą ($20,7 \text{ kg ziarna}\cdot\text{mm}^{-1}$) stwierdzono w 2002 roku przy opadach wynoszących $178,8 \text{ mm}$ za okres wegetacji, a najniższą ($10,4 \text{ kg ziarna}\cdot\text{mm}^{-1}$) w 2003 roku. Również produktywność wody z deszczowania silnie zależała od warunków pogodowych i największa ($18,7 \text{ kg ziarna}\cdot\text{mm}^{-1}$) była w roku o najmniejszych opadach naturalnych. Podobne dane i zależności uzyskali Borówczak i in. (1, 2), Jankowiak (14), Koszański (17) oraz Nowak i Trybała (24).

W ocenie skutków nawożenia ważne jest określenie jego efektywności. W badaniach nad działaniem azotu zaleca się stosowanie takich wskaźników skuteczności nawożenia jak efektywność agronomiczna, efektywność fizjologiczna i wykorzystanie azotu z nawozów (23, 9). Efektywność fizjologiczna jest na ogół większa od efektywności agronomicznej, co zostało wykazane również w badaniach własnych, a to wskazuje na dużą zdolność roślin jęczmienia do przetworzenia pobranego azotu na plon użytkowy.

Majkowski i in. (20) stwierdzili najwyższą efektywność agronomiczną, wynoszącą średnio $12,8 \text{ kg ziarna}$, przy dawce $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. W kolejnych obiektach z większymi dawkami azotu efektywność ta zgodnie z oczekiwaniami malała. Podobnie Szafrąński (26) stosując nawożenie pogłówne azotem w jęczmieniu jarym stwierdził spadek efektywności agronomicznej wraz ze wzrostem dawki azotu.

W badaniach własnych zarówno efektywność agronomiczna, jak efektywność fizjologiczna azotu w jęczmieniu uprawianym bez deszczowania zmniejszała się wraz ze wzrostem dawki nawozu, natomiast deszczowanie zwiększało wartość tego wskaźnika, a różnice zależały od warunków pogodowych i poziomu nawożenia azotem. Najwyższą efektywność agronomiczną i fizjologiczną w obu wariantach wodnych uzyskano przy dawce $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Wynosiły one odpowiednio 8,1 i 24,7 kg ziarna w jęczmieniu niedeszczowanym oraz 29,8 i 46,5 w deszczowanym.

Oznaczenie stopnia odzyskania azotu z nawozów (współczynnik wykorzystania) stwarza możliwość szerszej analizy i interpretacji zjawisk oddziałujących na wykorzystanie azotu z nawozów przez rośliny uprawne. Według Nielsena i in. (21) odzyskanie azotu w dużym stopniu zależy od sezonu wegetacyjnego oraz fazy rozwojowej roślin, największe wykorzystanie azotu jest w okresie tworzenia ziarniaków, a najmniejsze w czasie dojrzewania.

Fotyma (10) wykazała, iż współczynniki wykorzystania azotu z nawozów przez jęczmień oraz owies zależały od wielkości zastosowanej dawki azotu i w przedziale dawek $20\text{--}40 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ wynosiły około 90%, natomiast w przedziale dawek $80\text{--}100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ około 45%.

W badaniach własnych wartości współczynników wykorzystania azotu z nawozów zmniejszały się w miarę wzrostu dawki azotu, a ponadto ulegały wyraźnej poprawie pod wpływem deszczowania.

Również wcześniejsze doniesienia literaturowe wskazują, iż nawadnianie może przyczynić się do zwiększenia stopnia odzyskania azotu z nawozów (16). Campbell i in. (4) w doświadczeniu z pszenicą jara w warunkach Kanady zauważają, iż deszczowanie może nawet dwukrotnie zwiększać wartość tego współczynnika. O poprawie odzyskania azotu pod wpływem nawodnień, jednak znacznie mniejszej, informuje Jankowiak (15). Autor ten w doświadczeniu z pszenicą jara wykazał wzrost wykorzystania azotu z 47,1% w obiekcie kontrolnym do 49,7% w obiektach z deszczowaniem.

WNIOSKI

1. Przyrost plonu pod wpływem deszczowania zależał od warunków pogodowych i za trzyletni okres badań wynosił 36,5%. Produktywność opadów naturalnych w badanym okresie wynosiła $15,6 \text{ kg ziarna}/\text{mm}$ i była większa od produktywności wody z deszczowania o $5,8 \text{ kg ziarna}\cdot\text{mm}^{-1}$.

2. Efektywność agronomiczna i fizjologiczna azotu zmniejszały się wraz ze wzrostem dawki nawozu. Deszczowanie jęczmienia poprawiało jego gospodarkę azotem znacząco zwiększając wartość obu wskaźników.

3. Deszczowanie jęczmienia jarego zwiększało plon białka i plon energii o ok. 30%.

4. Przy uprawie jęczmienia jarego w warunkach bez deszczowania plon białka wzrastał wraz ze zwiększaniem nawożenia azotem do $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast plon energii nie zmieniał się pod wpływem nawożenia. W jęczmieniu deszczowanym największe plony białka i energii uzyskano na dawce $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$.

LITERATURA

1. Borówczak F., Maciejewski T., Grześ S., Szukała J.: Efekty deszczownia i nawożenia azotem niektórych roślin uprawnych w warunkach Wielkopolski w latach 1989-1992. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1996, **438**: 103-110.
2. Borówczak F., Koziara W., Grześ S.: Produkcyjne i ekonomiczne efekty intensywności uprawy jęczmienia jarego. Sem. Nauk. Puławy, 23-24 października 1997, 31.
3. Borówczak F., Koziara W., Grześ S.: Produkcyjne i ekonomiczne efekty różnej intensywności uprawy jęczmienia jarego. Pam. Puł., 1998, **112**: 19-25.
4. Campbell C., Davidson H., Warder F.: Effects of fertilizer N and soil moisture on yield, yield components, protein content and N accumulation in the aboveground parts of spring wheat. Can. J. Soil Sci., 1977, **57**: 311-327.
5. DLG- Futterwerttabellen für Schweine. DLG-Verlag, Universität Hohenheim, 1984.
6. Dobrzańska A., Kutyna M., Plewa J.: Wpływ nawożenia azotem na zawartość białka i niektórych składników mineralnych w ziarnie jęczmienia jarego. Pam. Puł., 1990, **97**: 93-99.
7. Dzieżyc J., Trybała M.: Rola wody w intensyfikacji produkcji roślinnej na glebach lekkich. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1989, **377**: 179-193.
8. Fatyga J., Chrzanowska-Drożdż B., Liszewski M.: Wysokość i jakość plonów jęczmienia jarego pod wpływem różnych dawek azotu. Zesz. Nauk. AR Wrocław, 1995, **278**: 29-36.
9. Fotyma E.: Określenie potrzeb nawozowych roślin w stosunku do azotu na przykładzie jęczmienia jarego. Fragm. Agron., 1990, **4(28)**: 4-77.
10. Fotyma E.: Efektywność nawożenia azotem podstawowych roślin uprawy polowej. Fragm. Agron., 1997, **1**: 46-66.
11. Gonzalez Ponce R., Salas M.L.: Nitrogen Use efficiency by winter barley under different climatic conditions. J. Plant Nutr., 1993, **16(7)**: 1249-1261.
12. Grzebisz W.: Środowiskowe i fizjologiczne uwarunkowania produktywności pszenicy ozimej uprawianej w zmianowaniach ze wzrastającym udziałem zbóż. Roczn. AR Poznań, 1988, **182**: 8-12.
13. Idziak R.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i zdrowotność jęczmienia jarego i owsa w siewie czystym i mieszkankach. Praca doktorska, 2001, AR Poznań, KURiR.
14. Jankowiak J.: Wpływ nawadniania i nawożenia mineralnego na plony roślin i ich jakość oraz na ekonomiczną efektywność eksploatacji deszczowni na glebach lekkich. Pam. Puł., 1983, 79.
15. Jankowiak J.: Efektywność produkcyjna i ekonomiczna oraz optymalizacja nawożenia azotem pszenicy ozimej i ziemniaka w zależności od deszczowania. IUNG, Puławy, 1991, R(282).
16. Koc J.: Wpływ wilgotności gleby na efektywność nawożenia azotem pszenicy jarego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1996, **438**: 77-81.
17. Koszański Z., Karczmarczyk S., Podsiadło C.: Wpływ deszczowania, nawożenia azotem na jęczmień browarny i pastewny uprawiany na glebie kompleksu żytniego dobrego. Cz. I. Plonowanie roślin. Zesz. Nauk. AR Wrocław, 1995, **267**: 171-177.
18. Kukuła S., Pecio A., Górski T.: Związek pomiędzy wskaźnikiem klimatycznego bilansu wodnego a zawartością białka w ziarnie jęczmienia jarego. Fragm. Agron., 1999, **4(64)**: 81-89.
19. Maciejewski T.: Wpływ deszczowania i gęstości siewu na plonowanie trzech odmian jęczmienia jarego. Roczn. AR Poznań, **171**: 27-39.
20. Majkowski K., Szempliński W., Budzyński W., Wróbel E., Dubis B.: Uprawa jęczmienia jarego i owsa w siewie czystym i mieszanym. Roczn. AR Poznań, 1993, **CCXLIII**: 73-84.
21. Nielsen N.E., Schjerring J.K., Jensen H.E.: Efficiency of fertilizer nitrogen uptake by spring barley. Nitrogen efficiency in agricultural soils. Elsevier applied science, 1990, 62-74.
22. Noworolnik K.: Wpływ właściwości odmian i czynników siedliskowych na reakcję jęczmienia jarego na gęstość siewu i nawożenie azotem. Biul. IHAR, 1998, **207**: 63-68.
23. Novoa R., Loomis R.S.: Nitrogen and plant production. Plant Soil, 1981, **58**: 177-204.
24. Nowak L., Trybała M.: Efektywność produkcyjna deszczowania i nawożenia w uprawie jęczmienia jarego na glebie kompleksu żytniego dobrego. Część I i II. Wielkość i struktura plonu oraz polowe zużycie wody. Zesz. Nauk. AR Wrocław, 1995, **267**: 141-150; 151-159.

25. Panasiewicz K., Koziara W.: Wpływ deszczownia, nawożenia azotem oraz stymulatora Bion 50 WG na skład chemiczny i plon energii jęczmienia jarego. Roczn. AR Poznań 2004, CCCLXI, Rolnictwo, **3**: 45-55.
26. Szafranski W.: Wpływ poziomu i sposobu nawożenia azotowego na plonowanie wybranych odmian jęczmienia jarego i owsa w zróżnicowanych warunkach siedliskowych Pogórza. Cz. I. Współczynnik zbioru i wysokość plonu ziarna. Zesz. Nauk. AR Kraków, 1995, **300(32)**: 99-109.
27. Żarski J.: Efekty deszczowania zbóż jarych na glebie bardzo lekkiej. Zesz. Nauk. AT-R Bydgoszcz, 1992, 180, Rolnictwo, **101**: 15-108.
28. Żarski J.: Reakcja zbóż jarych na deszczowanie i nawożenie azotowe w warunkach gleby bardzo lekkiej. Zesz. Nauk. AT-R Bydgoszcz, 1993, Rozprawy.
29. Żarski J., Dudek S.: Rola deszczowania w kształtowaniu plonów wybranych upraw polowych. Pam. Puł., 2003, **132**: 444-449.

EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION OF SPRING BARLEY UNDER NON SPRINKLING IRRIGATION AND SPRINKLING IRRIGATION CONDITIONS

Summary

The purpose of the study was to determine the effect of sprinkling irrigation on effectiveness of nitrogen fertilization of spring barley.

The experiment was carried out in 2001–2003 at Złotniki Experimental Station belonging to Agricultural University in Poznań on a sandy loam soil classified as Albic Luvisols. Treatment included two water variants (irrigated and the control with natural precipitation), and four levels of nitrogen fertilization (0, 30, 60, 90 kg N·ha⁻¹).

Sprinkling irrigation increased grain yield and the rate of increasing depended on weather conditions and nitrogen dose. Both agronomic and physiological efficiency of N fertilization was positively influenced by irrigation. Agronomic and physiological efficiency of nitrogen decreased due to increasing of N-doses.

Praca wpłynęła do Redakcji 8 VII 2005 r.