

Katedra Agrotechnologii i Zarządzania Produkcją Roślinną
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
e-mail: wladyslaw.szemplinski@uwm.edu.pl

WACŁAW TADEUSZ KRAJEWSKI, WŁADYSŁAW SZEMPLIŃSKI,
STANISŁAW BIELSKI

Plonowanie nagoziarnistych i oplewionych odmian jęczmienia jarego nawożonego azotem

Yielding of naked and hulled varieties of spring barley in variable nitrogen fertilization

Streszczenie. Badania polowe przeprowadzono w latach 2001–2002 w gospodarstwie indywidualnym w Krajewie-Budziłach (woj. podlaskie). Określano w nich zależność plonu ziarna dwóch form odmian jęczmienia jarego (nagoziarnista – Rastik, oplewiona – Stratus) od zróżnicowanego nawożenia azotem (0, 30, 60, 90, 120 kg N·ha⁻¹). Z doświadczeń wynika, że w agroklimatycznych warunkach Podlasia plonowanie jęczmienia jarego było zmienne w latach badań. Największe plony ziarna uzyskano w warunkach dobrego uwilgotnienia gleby, istotnie mniejsze w warunkach niedoboru opadów. Nieoplewiona odmiana Rastik nie była konkurencyjna w plonowaniu w porównaniu z oplewioną odmianą Stratus. Nawożenie azotem istotnie różnicowało plony ziarna jęczmienia jarego. U nagoziarnistej odmiany Rastik zaobserwowano istotną reakcję w plonie ziarna wraz ze zwiększaniem dawki do 60 kg N·ha⁻¹ włącznie, a u oplewionej odmiany Stratus tylko do dawki 30 kg N·ha⁻¹ włącznie. Plon ziarna był determinowany liczbą wiech na jednostce powierzchni, liczbą ziaren w kłosie oraz masą 1000 ziaren. Na te wielkości istotny wpływ miały odmiany oraz nawożenie azotem. Słabsze plonowanie odmiany Rastik w porównaniu z plonowaniem oplewionej odmiany Stratus wynikało z mniejszej zwartości łanu, mniejszej liczby ziaren w kłosie oraz mniejszej masy 1000 ziaren. Największą produktywność netto 1 kg azotu uzyskano po zastosowaniu jego najmniejszej dawki (30 kg N·ha⁻¹). Przy dawkach większych produktywność azotu zmniejszała się, jednak nadal była relatywnie duża. Większą efektywnością wykorzystania azotu cechowała się oplewiona odmiana Stratus.

Słowa kluczowe: jęczmień jary, odmiany, nawożenie azotem, plon ziarna, efektywność azotu

WSTĘP

Ziarno jęczmienia w przeważającej ilości przeznaczone jest na paszę [Rynek zbóż 2009]. W praktyce rolniczej w uprawie dominują odmiany tradycyjne, o ziarnie oplewionym [Kawka i in. 1998]. Hodowla twórcza dostarcza jednak producentom rolnym nowych odmian jęczmienia jarego, w tym także o ziarnie pozbawionym plewek [Najewski 2005].

Formy nagoziarniste w porównaniu z odmianami tradycyjnymi zawierają znacznie mniej włókna surowego, ale więcej białka i tłuszczu [Kwiatkowski 2004, Szumiło i Rachoń 2006, Liszewski 2008]. Formy bezplewkowe ze względu na skład chemiczny ziarna wprawdzie bardziej nadają się na paszę [Campbell i in. 1989, Rutkowski 1997, Smith i Annison 1996], ale ustępują formom oplewionym w plenności [Szempliński 2003, Kwiatkowski 2004, Noworolnik i in. 2004, Najewski 2005, Sadowska 2006, Liszewski 2008].

Wprowadzenie do uprawy odmian jęczmienia jarego o ziarnie nieoplewionym oraz perspektywa rozszerzenia areалу uprawy wymagają zbadania jego reakcji na czynniki siedliskowe i agrotechniczne oraz określenia możliwości plonotwórczych w porównaniu z formami oplewionymi. Wśród czynników agrotechnicznych w uprawie zbóż największe znaczenie plonotwórcze ma nawożenie mineralne, a szczególnie nawożenie azotem [Fotyma 1988, 1990, Noworolnik 1989a, 1989b, 1992, Majkowski i in. 1993b, Wróbel 1993]. Azot wpływa bowiem korzystnie na tworzenie aparatu asymilacyjnego oraz dłuższe utrzymanie liścia flagowego i dokłosa w pełnej aktywności fotosyntetycznej, co rzutuje na kształtowanie się elementów struktury plonu, a w konsekwencji na plonowanie i jakość ziarna [Szafranski 1995]. Optymalne dawki azotu pod oplewione formy pastewne jęczmienia jarego, w zależności od warunków siedliskowych, wynoszą od 30 do 120 kg N·ha⁻¹ [Fotyma 1988, 1990, Majkowski i in. 1993b, Wróbel 1993, Borówczak i in. 1998, Szempliński i in. 1998, Noworolnik i in. 2004]. Badania nad nieoplewionymi odmianami zbóż wskazują na zróżnicowany wpływ nawożenia azotem na ich wzrost, rozwój i plonowanie [Noworolnik 1992, Szafranski 1995, Leszczyńska i Noworolnik 1998, Noworolnik i in. 2004]. Dotychczasowe badania nad nagoziarnistymi formami jęczmienia jarego [Szempliński 2003, Kwiatkowski 2004, Noworolnik i in. 2004, Szmigiel i Oleksy 2005] nie pozwalają w pełni ocenić wpływu warunków siedliskowych i agrotechnicznych na wykorzystanie azotu przez te formy jęczmienia i ich plonowanie.

Celem badań było określenie wpływu nawożenia azotem na plonowanie oraz rolniczą efektywność azotu dwóch form odmian (oplewionej i nieoplewionej) jęczmienia jarego w warunkach siedliskowych Podlasia.

MATERIAŁ I METODY

Wyniki badań uzyskano w ścisłym doświadczeniu polowym przeprowadzonym w latach 2000–2002 w gospodarstwie indywidualnym w Krajewie-Budziłach położonym w powiecie zambrowskim (woj. podlaskie) przez Katedrę Agrotechnologii i Zarządzania Produkcją Roślinną Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Przedmiotem badań był jęczmień zwyczajny – forma jara, dwurzędowa. Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków (split-plot), w 4 powtórzeniach. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 22,5 m².

Czynnikami I rzędu były dwie odmiany różniące się stopniem oplewienia ziarna: Stratus – forma oplewiona, Rastik – forma nagoziarnista. Czynnikiem II rzędu było 5 poziomów nawożenia azotem: B – 30, C – 60, D – 90, E – 120 i F – 120 kg N·ha⁻¹ (stosowanych według schematu podanego w tabeli 1) na tle kontroli A – 0 (bez azotu).

Doświadczenie zlokalizowano na glebie płowej, właściwej, wytworzonej z piasku gliniastego mocnego i gliny lekkiej, o miąższości poziomu próchnicznego 25–30 cm (kompleks żytni bardzo dobry, klasa bonitacyjna IVa). We wszystkich latach badań okre-

ślono zasobność gleby w przyswajalne składniki pokarmowe: fosfor [PN-R-04023:1996], potas [PN-R-04022:1996/Az1:2002], magnez [PN-R-04020:1994] oraz jej odczyn [PN-ISO 10390:1997]. Gleba charakteryzowała się dużą zasobnością w przyswajalny fosfor i magnez, a średnią w potas oraz odczynem lekko kwaśnym. Dawki nawozów fosforowych i potasowych ustalano metodą bilansową na podstawie zasobności gleby w przyswajalne składniki pokarmowe oraz pobrania fosforu i potasu z plonem ziarna i słomy, zakładając plon ziarna $6,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. W 2000 r. ustalone tą metodą nawożenie fosforowo-potasowe wynosiło $35,9 \text{ kg P}$ i $116,2 \text{ kg K}$, a w latach 2001 i 2002 – $43,6 \text{ kg P}$ i $99,6 \text{ kg K}$. Nawozy fosforowe (superfosfat potrójny 46%) i potasowe (sól potasowa 60%) oraz pierwszą dawkę azotu (saletra amonowa 34%) stosowano przed wysiewem jęczmienia. Drugą dawkę azotu (saletra amonowa 34%) stosowano w fazie strzelania w źdźbło (stadium BBCH – 32), a dawkę trzecią (obiekt F) tuż przed kłoszeniem (stadium BBCH – 47–49) [Adamczewski i Matysiak 2002].

Tabela 1. Dawki i terminy nawożenia azotem
Table 1. Dose and date of nitrogen application

Obiekt Object	Poziom nawożenia azotem Level of nitrogen fertilization ($\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Podział dawek azotu – Distribution of nitrogen doses		
		przed siewem before sowing	strzelanie w źdźbło shooting (BBCH – 32)	przed kłoszeniem before earing (BBCH – 47–49)
A	0	0	0	0
B	30	30	0	0
C	60	30	30	0
D	90	60	30	0
E	120	60	60	0
F	120	60	30	30

Przedplonem była pszenica zwyczajna (forma ozima). Ziarno zaprawiano zaprawą Baytan Universal 0,94 FS (s.a. – triadimenol, imazalil, fuberidazol) w dawce 200 g na 100 kg ziarna. Jęczmień jary wysiewano w terminie możliwie najwcześniejszym w danym roku, w zagęszczeniu 300 kielkujących ziarniaków na 1 m^2 , w rzędy o rozstawie 10 cm i głębokość $3\text{--}4 \text{ cm}$. W fazie krzewienia (stadium BBCH – 25) chwasty zwalczano chemicznie, stosując Chwastox Turbo 340 SL (s.a. – MCPA + dicamba) w dawce $2,0 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$.

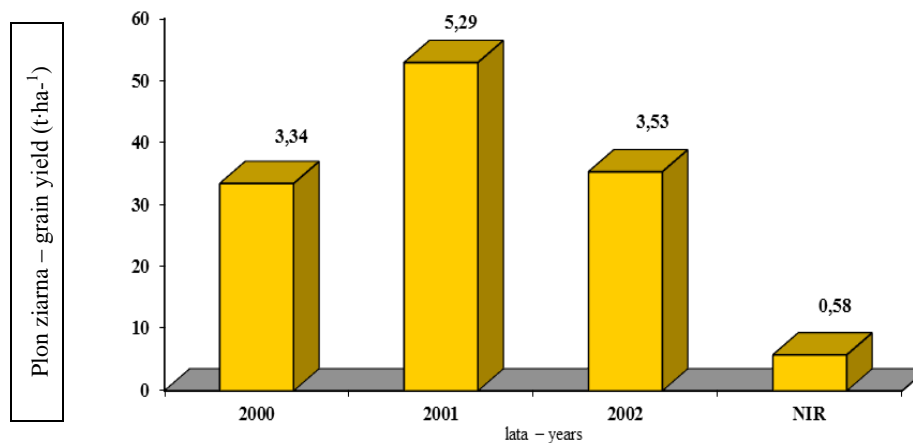
Przed zbiorem określono elementy struktury plonu (liczba kłosów na powierzchni 1 m^2 , liczba ziaren w kłosie, masa 1000 ziaren) według standardowych metod. Zbiór wykonano kombajnem poletkowym w fazie dojrzałości pełnej ziarna. Plon ziarna z 1 ha podano dla wilgotności normatywnej 14% . U odmiany oplewionej określono też plon ziarna bez plewek w celu dodatkowego porównania plonu z odmianą nieoplewioną. Na podstawie uzyskanych plonów ziarna oraz stosowanych dawek azotu określono efektywność nawożenia netto 1 kg N wyrażoną w kg ziarna [Fotyma 1997, Fotyma i in. 1992, Klupczyński 1986, Noworolnik 1992]. Efektywność netto określa się jako iloraz różnicy

plonów ziarna wynikający z zastosowania danej dawki azotu oraz plonów bez nawożenia (kontrola) przez tę dawkę.

Wyniki badań dotyczące plonu ziarna oraz jego elementów składowych opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji dwuczynnikowej, wykorzystując program Statistica 8.0[®]. Do oceny różnic międzyobiektywnych posłużono się testem t-Duncana, określając NIR dla prawdopodobieństwa błędu $\alpha = 5\%$.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

W agroklimatycznych warunkach Podlasia średni plon ziarna jęczmienia jarego z 3 lat wynosił $4,05 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 2). Należy go uznać za mały, jednak znacznie przekraczał średni plon ziarna tego gatunku ($2,95 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) w tych latach podawany przez GUS, a uzyskany w szerokiej praktyce rolniczej [Rocznik Statystyczny 2003]. Plonowanie jęczmienia było istotnie różnicowane przez warunki pogodowe w latach badań (rys. 1). Największy plon ziarna uzyskano w 2001 r. ($5,29 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), w którym opady w okresie wegetacji były najobfitsze i wynosiły 281 mm. W roku 2002 (o opadach w okresie wegetacji wynoszących 222 mm) jęczmień plonował o ponad 33% słabiej, a w roku 2000 (bardzo suchym – opady 160 mm) plon ziarna był mniejszy prawie o 37%. W 2000 i 2002 r. jęczmień jary plonował na podobnym poziomie, ponieważ różnice statystyczne w plonie ziarna między latami były nieistotne. Na zmienność plonowania jęczmienia jarego pod wpływem warunków klimatycznych w latach badań zwracają uwagę również Liszewski [2008], Marks i in. [1993] oraz Szempliński [2003].



Rys. 1. Plon ziarna jęczmienia jarego w latach badań

Fig. 1. Grain yield of spring barley in year of study

Tabela 2. Plon ziarna jęczmienia jarego ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Table 2. Grain yield of spring barley ($t \cdot ha^{-1}$)

Odmiana Cultivar	Dawka azotu i jej podział Nitrogen dose and its distribution ($kg N \cdot ha^{-1}$)						Średnio Mean
	0	30 (30+0+0)	60 (30+30+0)	90 (60+30+0)	120 (60+60+0)	120 (60+30+30)	
	A	B	C	D	E	F	
Rastik	2,77	3,13	3,45	3,63	3,70	3,77	3,41
Stratus	3,93	4,51	4,74	4,92	5,09	5,00	4,70
Średnio Mean	3,35	3,82	4,10	4,28	4,39	4,39	-
Stratus (bez łuski dehulled)	3,60	4,13	4,32	4,48	4,65	4,56	4,29
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} dla – for: odmian – cultivars – 0,25; nawożenia azotem – nitrogen fertilization – 0,16; interakcja – interaction – 0,28							

Tabela 3. Liczba kłosów jęczmienia jarego na 1 m² przed zbiorem
Table 3. Number of ears of spring barley per 1 m² before harvesting

Odmiana Cultivar	Dawka azotu i jej podział Nitrogen dose and its distribution ($kg N \cdot ha^{-1}$)						Średnio Mean
	0	30 (30+0+0)	60 (30+30+0)	90 (60+30+0)	120 (60+60+0)	120 (60+30+30)	
	A	B	C	D	E	F	
Rastik	487	531	518	545	556	541	530
Stratus	567	571	602	615	623	627	601
Średnio Mean	527	551	560	580	589	584	-
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} dla – for: odmian – cultivars – 23; nawożenia azotem – nitrogen fertilization – 16; interakcja – interaction – 22							

Badane odmiany jęczmienia różniły się wyraźnie plonowaniem (tab. 2). Istotnie wyżej, ze względu na oplewienie ziarna, plonowała odmiana Stratus ($4,70 t \cdot ha^{-1}$), której plon ziarna był większy niż nagoziarnistej odmiany Rastik o prawie 38%. Z porównania plonu ziarna bez plewek wynika, że odmiana Stratus uzyskała większy o prawie 26% plon w porównaniu z odmianą Rastik (tab. 2). W literaturze podkreśla się, że formy nagoziarniste ustępują plennością formom oplewionym, chociaż różnice te są mniejsze niż w omawianych badaniach. W badaniach Noworolnika i in. [2004] różnica ta wynosiła 13–15%, Liszewskiego [2008] – 15–19%, Kwiatkowskiego [2004] – 18%, Szmigiela i Oleksego [2005] oraz Sadowskiej [2006] – 20%, a Szemplińskiego [2003] – 23% na niekorzyść odmiany Rastik.

Najmniejszy plon ziarna jęczmienia uzyskano bez nawożenia azotem ($3,35 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$). Nawożenie azotem wyraźnie zwiększało plon ziarna, jednak istotnie wraz ze zwiększaniem dawki azotu tylko do dawki $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ włącznie (tab. 2). Dotychczasowe badania wskazują na wysoce plonotwórczy wpływ azotu na plonowanie oplewionych form jęczmienia jarego, chociaż w różnych warunkach przyrodniczych efekty w plonie pod wpływem stosowania różnych dawek azotu są często rozbieżne. Fotyma [1988], uogólniając liczne badania dotyczące nawożenia azotem, stwierdził, że optymalna dawka azotu na kompleksie psennym dobrym wynosiła około $70 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. W badaniach Liszewskiego [2008] plon ziarna jęczmienia jarego wzrastał pod wpływem nawożenia azotem tylko do dawki $50 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, a Szmigiela i Oleksego [1998] oraz Noworolnika i in. [2004] do dawki $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. W badaniach Wróbla [1993] optymalna dla plonu ziarna była dawka $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, w badaniach Borówcza i in. [1998] – $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, a Majkowskiego i in. [1993a] – $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.

U badanych odmian zaobserwowano istotną reakcję w plonie ziarna na nawożenie azotem, jednak wpływ ten nie był jednokierunkowy. W warunkach Podlasia nagoziarnista odmiana Rastik reagowała istotnym wzrostem plonu ziarna do dawki $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ włącznie, natomiast oplewiona odmiana Stratus tylko do dawki $30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, co wskazuje na słabsze wykorzystanie azotu przez tę odmianę (tab. 2). U obu odmian zaobserwowano tendencję do dalszego wzrostu plonu ziarna pod wpływem większych dawek azotu, jednak różnice te nie były już statystycznie udowodnione. Podobne wyniki uzyskali inni autorzy. W badaniach Noworolnika i in. [2004] odmiana Rastik reagowała istotnym wzrostem plonu również do dawki $30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast plony odmian oplewionych zwiększały się pod wpływem nawożenia do dawki $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, a nawet $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Z kolei Szmigiela i Oleksy [2005] stwierdzili istotny przyrost plonu ziarna oplewionej odmiany Rodos do dawki $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, jednak dla nagoziarnistej odmiany Rastik najbardziej plonotwórcze okazało się nawożenie azotem w dawce $40 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Z tego względu autorzy zaliczyli odmianę Rastik do odmian o mniejszych wymaganiach dotyczących azotu. Odmiennie wyniki uzyskał Liszewski [2008], który nie wykazał wyrażających się w plonie ziarna zależności pomiędzy odmianami a nawożeniem azotem, co świadczy o tym, że obie formy (nagoziarnista i oplewiona) podobnie reagowały na nawożenie tym składnikiem. Grabiński [1999] uważa, że odmiana prawidłowo dobrana do uprawy w danych warunkach siedliskowych może spowodować większą efektywność nawożenia mineralnego. Dlatego dokonujący się wciąż w hodowli jęczmienia jarego postęp biologiczny dotyczący także wprowadzania do uprawy form nieoplewionych, wymusza celowość badań nawozowych nowych odmian.

Plon ziarna zbóż jest determinowany przez elementy składowe. W badaniach Wróbla [1993] plonowanie jęczmienia jarego było dodatnio skorelowane przede wszystkim z liczbą kłosów na jednostce powierzchni, w mniejszym stopniu z masą 1000 ziaren, a ujemnie z liczbą ziaren w kłosie. W prezentowanych badaniach różnice w plonie ziarna między odmianami jęczmienia jarego wynikały z dużego zróżnicowania liczby kłosów produkcyjnych przed zbiorem na jednostce powierzchni. Wyżej plonująca oplewiona odmiana Stratus wykazywała lepszą krzewistość, gdyż zagęszczenie łanu przed zbiorem wynosiło średnio 601 kłosów na 1 m^2 i było większe w stosunku do nagoziarnistej odmiany Rastik o ponad 13% (tab. 3). Podobne wyniki uzyskali Liszewski [2008] i Szempliński [2003], gdzie wyżej plonujące odmiany oplewione wykazywały od 14 do 17% większą liczbę kłosów na 1 m^2 niż nagoziarnista odmiana Rastik. Na duże zróżnicowanie odmian co do krzewistości oraz liczby kłosów przed zbiorem zwracają uwagę również

Leszczyńska i Noworolnik [1998]. Jednak w badaniach Dubisa [2004], prowadzonych w warunkach kontrolowanych, krzewistość produkcyjna nagoziarnistej odmiany Rastik była podobna do krzewistości oplewionej odmiany Stratus.

Nawożenie azotem w porównaniu z kontrolą wyraźnie zwiększało liczbę kłosów produkcyjnych przed zbiorem na jednostce powierzchni. Największy ich wzrost pod wpływem nawożenia azotem stwierdzono na dawce $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (wzrost o 4,6%). Istotne zwiększenie liczby kłosów produkcyjnych następowało jednak do dawki $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (w stosunku do kontroli o 10%) (tab. 3). Odmiany wykazywały niejednakową reakcję w liczbie kłosów na wzrastające nawożenie azotem (interakcja odmiana \times nawożenie azotem). Lepiej plonująca oplewiona odmiana Stratus istotnie zwiększała liczbę kłosów produkcyjnych przed zbiorem do dawki $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, a nagoziarnista odmiana Rastik do dawki $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. W badaniach Leszczyńskiej i Noworolnika [1998] zwiększanie plonu ziarna jęczmienia pod wpływem nawożenia azotem było efektem wzrostu liczby kłosów w wyniku lepszego krzewienia się roślin. Koziara i in. [1998] odnotowali wzrost obsady kłosów na jednostce powierzchni przy zwiększaniu nawożenia azotem od 0 do $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Tabela 4. Liczba ziaren w kłosie jęczmienia jarego

Table 4. Grains number in ear of spring barley

Odmiana Cultivar	Dawka azotu i jej podział – Nitrogen dose and its distribution ($\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$)						Średnio Mean
	0	30 (30+0+0)	60 (30+30+0)	90 (60+30+0)	120 (60+60+0)	120 (60+30+30)	
	A	B	C	D	E	F	
Rastik	18,6	19,0	20,1	20,3	20,5	20,8	19,9
Stratus	19,7	20,8	20,9	21,2	21,4	21,5	20,9
Średnio Mean	19,2	19,9	20,5	20,8	21,0	21,1	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} dla – for: odmian – cultivars – 0,4; nawożenia azotem – nitrogen fertilization – 0,5; interakcja – interaction – r.n.*							

* różnica nieistotna – non significant differences

Tabela 5. Masa 1000 ziaren jęczmienia jarego (g)

Table 5. Weight of 1000 grains of spring barley

Odmiana Cultivar	Dawka azotu i jej podział – Nitrogen dose and its distribution ($\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$)						Średnio Mean
	0	30 (30+0+0)	60 (30+30+0)	90 (60+30+0)	120 (60+60+0)	120 (60+30+30)	
	A	B	C	D	E	F	
Rastik	46,0	46,1	46,0	46,3	46,0	45,8	46,0
Stratus	47,3	47,1	46,8	46,2	46,1	45,9	46,5
Średnio Mean	46,6	46,6	46,4	46,3	46,1	45,8	-
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} dla – for: odmian – cultivars – 0,2; nawożenia azotem – nitrogen fertilization – 0,5; interakcja – interaction – 0,5							

Tabela 6. Produkcyjność netto 1 kg N wyrażona w kg ziarna jęczmienia jarego
Table 6. Productivity of 1 kg N expressed in kg barley grain

Wyszczególnienie Specification		Dawka azotu i jej podział – Nitrogen dose and its distribution (kg N·ha ⁻¹)				
		30	60	90	120 (60+60+0)	120 (60+30+30)
		B	C	D	E	F
Lata Years:	2000	6,7	1,3	4,7	4,1	1,8
	2001	22,7	18,2	15,0	13,4	15,8
	2002	17,3	17,7	11,1	8,4	8,1
Odmiana Cultivar:	Rastik	12,0	11,3	9,6	7,8	8,3
	Stratus	19,3	13,5	11,0	9,7	8,9
Średnio – Mean		15,6	12,5	10,3	8,7	8,7

Odmiany różniły się istotnie liczbą ziaren w kłosie. W kłosie oplewionej odmiany Stratus stwierdzono średnio 20,9 ziaren i była to liczba większa niż u nagoziarnistej odmiany Rastik o 5,0%. Odmiana Rastik we wszystkich latach badań, mimo dłuższego kłosa, cechowała się istotnie mniejszą (od 2 do 8%) liczbą ziarniaków (tab. 4). Taką zależność potwierdzają także badania Dubisa [2004] przeprowadzone w warunkach kontrolowanych oraz Liszewskiego [2008]. W badaniach Szemplińskiego [2003] liczba ziaren w kłosie lepiej plonującej odmiany oplewionej była większa o 3% niż u odmiany Rastik, natomiast w badaniach Kwiatkowskiego [2004] zależność ta była odwrotna i nagoziarnista odmiana Rastik wytwarzała o 5% większą liczbę ziaren w kłosie niż forma oplewiona.

Liczba ziaren w kłosie jęczmienia była różnicowana również przez nawożenie azotem. Istotny przyrost liczby ziaren w kłosie następował pod wpływem nawożenia azotem do dawki 60 kg N·ha⁻¹ włącznie, większe dawki powodowały już niewielki wzrost, a różnica była nieistotna (tab. 6). Reakcja odmian na nawożenie azotem była podobna jak w przypadku gatunku, o czym świadczy brak istotnej interakcji odmiana × nawożenie azotem. Powyższą zależność potwierdzają badania Szmigiela [1998], w których zwiększenie dawki azotu z 40 do 80 kg·ha⁻¹ istotnie zwiększało liczbę ziaren w kłosie. We wcześniejszych badaniach Majkowskiego i in. [1993a] liczba ziaren w kłosie jęczmienia wzrastała wraz ze wzrostem nawożenia azotem ze 120 do 150 kg N·ha⁻¹. Natomiast w badaniach Leszczyńskiej i Noworolnika [1998] dawki azotu nie różnicowały istotnie liczby ziaren w kłosie, a u niektórych odmian wykazano nawet istotny ujemny wpływ zwiększania dawek azotu na tę cechę.

Odmiany jęczmienia jarego różniły się masą 1000 ziaren. Dorodniejsze ziarno miała oplewiona odmiana Stratus (46,5 g). Dorodność nagoziarnistej odmiany Rastik była mniejsza zaledwie o 0,5 g (1,1%), jednak różnica ta była istotna. W badaniach Szemplińskiego [2003] różnica w masie 1000 ziaren na niekorzyść nagoziarnistej formy Rastik wynosiła 2%, a Dubisa [2004] i Kwiatkowskiego [2004] – 4%.

Największą masę 1000 ziaren miał jęczmień w obiekcie bez nawożenia azotem oraz na dawce 30 kg N·ha⁻¹ (46,6 g). Zwiększanie dawek azotu powodowało tzw. ponawozowe zdrobnienie ziarna i tendencję spadkową wartości liczbowej tej cechy. Istotny spadek masy

1000 ziaren stwierdzono dopiero na największej ($120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) dawce azotu (tab. 5). Reakcja odmian jęczmienia na nawożenie azotem była odmienna (interakcja odmiana \times nawożenie azotem). Oplewiona odmiana Stratus cechowała się istotnie mniejszą masą 1000 ziaren w stosunku do kontroli już na dawce $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast nagoziarnista odmiana Rastik nie reagowała na wzrastające nawożenie azotem istotnym spadkiem masy 1000 ziaren (tab. 5). W badaniach Leszczyńskiej i Noworolnika [1998] wszystkie odmiany reagowały istotnym zmniejszaniem się masy 1000 ziaren na coraz większe dawki azotu. Również w badaniach Kalembasy i in. [1993] zwiększanie dawek azotu z 60 do $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ obniżało masę 1000 ziaren jęczmienia jarego. Natomiast Kozłowska-Ptaszyńska i Noworolnik [1998] nie wykazali istotnego zróżnicowania masy 1000 ziaren jęczmienia pod wpływem nawożenia azotem w przedziale dawek od 0 do $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Miernikiem oceny rolniczej nawożenia azotem jest jednostkowa efektywność produkcyjna wyrażona w plonie ziarna [Kłupczyński 1986]. W badaniach własnych produktywność rolnicza netto 1 kg N w zastosowanych pod jęczmień dawkach azotu była mało zróżnicowana. Wynika to z faktu uzyskania relatywnie dużych plonów ziarna w obiekcie kontrolnym (bez nawożenia azotem) i świadczy o wysokiej naturalnej produktywności gleby, na co zwraca uwagę również Kłupczyński [1986]. Najwyższą efektywność produkcyjną azotu uzyskano na najmniejszej dawce tego składnika. Jeden kilogram azotu zastosowany w dawce $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ powodował przyrost plonu o $15,6 \text{ kg}$ ziarna (tab. 6). Produkcyjność netto 1 kg N zastosowanego w dawkach 60 i $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ była jeszcze wysoka, chociaż malała i wynosiła odpowiednio $12,5$ i $10,3 \text{ kg}$ ziarna. Azot stosowany w dawkach większych ($120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) był już mniej produktywny ($8,7 \text{ kg}$ ziarna na 1 kg N bez względu na termin nawożenia). Bardzo wysoką efektywność azotu w uprawie jęczmienia jarego uzyskał również Noworolnik [1989b], gdzie 1 kg N stosowany w dawce $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ dawał aż 25 kg ziarna, 60 kg N – 21 kg ziarna, a 90 kg N – $15,2 \text{ kg}$ ziarna. W badaniach Wróbla [1993] 1 kg N w dawce $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ powodował przyrost plonu ziarna o $14,0 \text{ kg}$, w dawkach 60 i $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ odpowiednio $9,5$ i $9,3 \text{ kg}$ ziarna, a w dawce $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ już tylko $7,1 \text{ kg}$ ziarna. Kłupczyński [1986] na podstawie badań polowych z jęczmieniem jarym, prowadzonych w różnych rejonach kraju na kompleksie żytnim bardzo dobrym, wykazał dużą efektywność azotu stosowanego w dawkach 30 i $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (odpowiednio $15,3$ oraz $13,2 \text{ kg}$ ziarna). Wykorzystanie azotu z dawek większych było oczywiście znacznie mniej efektywne i wahało się od $9,9 \text{ kg}$ ziarna na dawce $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ do $5,5 \text{ kg}$ ziarna na dawce $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na niską efektywność wykorzystania azotu przez jęczmień w dawkach powyżej $40 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ zwraca uwagę również Noworolnik i in. [2004]: przyrost plonu pod wpływem 1 kg N na dawce $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ wynosił 16 – $18,7 \text{ kg}$ ziarna, a na dawkach w przedziale 60 – $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ tylko od $1,0$ do $2,7 \text{ kg}$ ziarna.

Z badanych odmian efektywniej wykorzystywała azot odmiana Stratus, u której 1 kg N zastosowany w dawce $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ powodował przyrost $19,3 \text{ kg}$ ziarna. Efektywność 1 kg N zastosowanego w tej dawce u odmiany Rastik wynosiła $12,0 \text{ kg}$ ziarna i była mniejsza o prawie 38% niż u odmiany Stratus. Zwiększanie nawożenia azotem do $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ powodowało u odmiany Stratus efektywność 1 kg N wynoszącą $13,5 \text{ kg}$ ziarna, a u odmiany Rastik – $11,3 \text{ kg}$ ziarna. Na dawce $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ efektywność azotu malała do $11,0 \text{ kg}$ ziarna u odmiany Stratus i $9,6 \text{ kg}$ ziarna u odmiany Rastik. Efektywność azotu na dawce $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ wynosiła $8,0$ – $9,3 \text{ kg}$ ziarna, jednak większą wartość miała u odmiany Stratus (tab. 6). W latach badań efektywność nawożenia azotem jęczmienia była zróżnicowana. Największą produktywność netto azotu uzyskano w mokrym 2001 r. Przecięt-

nie każdy 1 kg N zastosowany w dawce 30 kg N·kg⁻¹ powodował przyrost plonu o 22,7 kg ziarna. Dalsze zwiększanie dawek azotu wywoływało jeszcze wysoki przyrost plonu ziarna: 60 kg N – 18,2 kg, 90 kg N – 15,0 kg, 120 kg N – 13,4–15,8 kg ziarna (tab. 6). Najniższą efektywność azotu uzyskano w 2000 r. (6,7–1,3 kg ziarna). Był to rok suchy, więc rośliny jęczmienia słabo wykorzystywały azot, a przez to plony były najmniejsze. W literaturze podkreśla się, że efektywność wykorzystania azotu przez zboża zależy nie tylko od wielkości dawki azotu i terminu nawożenia [Klupczyński 1986, Fotyma 1990, Noworolnik 1992] oraz zawartości azotu w glebie na skutek naturalnej mineralizacji substancji organicznej [Dzieżyc 1993], lecz także od cech genotypowych odmian [Fotyma i in. 1992] i warunków atmosferycznych w okresie wegetacji [Fotyma 1997, Liszewski 2008]. Stąd stosowanie podobnych ilości azotu w różnych warunkach siedliskowych daje często różne efekty w plonie ziarna i utrudnia określenie optymalnej dawki tego składnika [Noworolnik 1989a, 1989b].

WNIOSKI

1. W agroklimatycznych warunkach Podlasia jęczmień jary wykazywał zmienne plonowanie w latach badań. Największe plony ziarna uzyskano w warunkach dobrego uwilgotnienia gleby, istotnie niższe w warunkach niedoboru opadów w okresie wegetacji.

2. Nieoplewiona odmiana Rastik nie była konkurencyjna w plonowaniu w porównaniu z oplewioną odmianą Stratus. Nawożenie azotem istotnie różnicowało plony jęczmienia jarego. Nagoziarnista odmiana Rastik wykazywała w plonie ziarna istotną reakcję wraz ze zwiększeniem dawki do 60 kg N·ha⁻¹, a oplewiona odmiana Stratus tylko do dawki 30 kg N·ha⁻¹ łącznie.

3. Plon ziarna był determinowany liczbą wiech na jednostce powierzchni, liczbą ziaren w kłosie oraz masą 1000 ziaren. Istotny wpływ na kształtowanie elementów składowych plonu wywierały odmiany oraz nawożenie azotem. Nagoziarnista odmiana Rastik charakteryzowała się mniejszą zwartością łanu, mniejszą liczbą ziaren w kłosie oraz mniejszą masą 1000 ziaren niż oplewiona odmiana Stratus.

4. Najwyższą produktywność netto 1 kg N wyrażoną w kg ziarna uzyskano na najmniejszej dawce azotu (30 kgN·ha⁻¹). Na większych dawkach produktywność azotu obniżała się, jednak nadal była relatywnie wysoka. Wyższą efektywnością wykorzystania azotu cechowała się oplewiona odmiana Stratus.

PIŚMIENNICTWO

- Adamczewski K., Matysiak K., 2002. Klucz do określania faz rozwojowych roślin jedno- i dwuliściennych w skali BBCH. Wyd. IOR, Poznań.
- Borówczak F., Koziara W., Grześ S., 1998. Produkcyjne i ekonomiczne efekty różnej intensywności uprawy jęczmienia jarego. Pam. Puł. 112, 19–26.
- Campbell G.L., Rossnagel B.G., Classen H.L., Thacker P.A., 1989. Genotypic and environmental differences in extract viscosity of barley and their relationship to its nutritive value for broiler chickens. Anim. Feed Sci. Technol. 26, 221–230.
- Dubis B., 2004. Produkcyjne skutki regulacji liczby pędów roślin jęczmienia jarego oplewionego i nagoziarnistego. Biul. IHAR 233, 91–98.

- Dzięzyk J., 1993. Czynniki plonotwórcze – plonowanie roślin. PWN, Warszawa – Wrocław.
- Fotyma E., 1988. Reakcja roślin uprawy polowej na nawożenie azotem. I. Zboża. Pam. Puł. 76, 27–40.
- Fotyma E., 1990. Określenie potrzeb nawozowych roślin w stosunku do azotu na przykładzie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.* 4, 4–78.
- Fotyma E., 1997. Efektywność nawożenia azotem podstawowych roślin uprawy polowej. *Fragm. Agron.* 1, 46–66.
- Fotyma M., Fotyma M., Pietrasz-Kęsik G., 1992. Wykorzystanie azotu z nawozów przez rośliny uprawy polowej. Pam. Puł. 101, 7–34.
- Grabiński J., 1999. Technologie uprawy zbóż. Pam. Puł. 114, 403–415.
- Kalembasa S., Kalembasa D., Król M., 1993. Wpływ dawek azotu i terminu jego stosowania na plon ziarna i białka jęczmienia jarego. *Rocz. Nauk Rol. A*, 109, 97–103.
- Kawka A., Klockiewicz-Kamińska E., Anioła J., Cierniewska A., Gąsiorowski H., 1998. Ocena niektórych wyróżników jakościowych odmian jęczmienia uprawianego w Polsce. Pam. Puł. 112, 85–91.
- Klupczyński Z., 1986. Wpływ nawożenia azotem na plon i jakość ziarna zbóż. W: Wpływ nawożenia na jakość plonów. *Mat. Symp.*, 24–25 czerwca 1986, ART, Olsztyn, 82–102.
- Kozłowska W., Borówcza F., Grzeź S., 1998. Elementy struktury plonu jęczmienia jarego w zależności od deszczowania, nawożenia azotem i technologii uprawy. Pam. Puł. 112, 115–120.
- Kozłowska-Ptaszyńska Z., Noworolnik K., 1998. Wpływ wybranych wariantów technologii uprawy jęczmienia jarego wielorzędowego na plon i budowę łanu. Pam. Puł. 112, 121–128.
- Kwiatkowski C., 2004. Plonowanie i jakość ziarna nagoziarnistej i oplewionej formy jęczmienia jarego w zależności od zróżnicowanej ochrony zasiewów. Pam. Puł. 135, 137–144.
- Leszczyńska D., Noworolnik K., 1998. Reakcja odmian jęczmienia jarego na nawożenie azotem w warunkach kontrolowanych. Pam. Puł. 112, 145–149.
- Liszewski M., 2008. Reakcja dwóch form jęczmienia jarego pastewnego na zróżnicowane technologie uprawy. *Zesz. Nauk. UP we Wrocławiu* 565, Rozprawy 254.
- Majkowski K., Szempliński W., Budzyński W., Wróbel E., Dubis B., 1993a. Uprawa jęczmienia jarego i owsa w siewie czystym i mieszanym. *Rocz. AR w Poznaniu, Rolnictwo* 24, 73–84.
- Majkowski K., Szempliński W., Wróbel E., Dubis B., 1993b. Wpływ gęstości siewu i terminu stosowania azotu na plonowanie jęczmienia jarego. *Zesz. Nauk. ART w Olsztynie, Rolnictwo* 56, 205–216.
- Marks M., Nowicki J., Buczyński G., 1993. Wpływ warunków agrometeorologicznych i glebowych na plonowanie jęczmienia jarego w północno-wschodnim regionie Polski. *Fragm. Agron.* 4, 87–88.
- Najewski A., 2005. Jęczmień. W: Lista opisowa odmian. Wyd. COBORU, Słupia Wielka, 1, 56–80.
- Noworolnik K., 1989a. Wpływ nawożenia azotowego, terminu i ilości wysiewu oraz warunków glebowych na plonowanie jęczmienia jarego. *Biul. IHAR* 169, 169–176.
- Noworolnik K., 1989b. Produkcyjność jęczmienia jarego w zależności od nawożenia azotem i gęstości siewu. *Biul. IHAR* 168, 247–287.
- Noworolnik K., 1992. Plonowanie odmian jęczmienia jarego w zależności od nawożenia azotem i gęstości siewu. *Biul. IHAR* 183, 157–163.
- Noworolnik K., Leszczyńska D., Dworakowski T., 2004. Wpływ nawożenia azotem na plon ziarna i białka jęczmienia jarego nagoziarnistego i oplewionego. Pam. Puł. 135, 213–221.
- PN-R-04023:1996. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie zawartości przyswajalnego fosforu w glebach mineralnych.
- PN-R-04022:1996. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie zawartości przyswajalnego potasu w glebach mineralnych.
- PN-R-04020:1994. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie zawartości przyswajalnego magnezu.
- PN-ISO 10390:1997. Jakość gleby. Oznaczanie pH.
- Rocznik Statystyczny, 2003. GUS, Warszawa.

- Rutkowski A., 1997. Ziarno jęczmienia w żywieniu zwierząt. W: Jęczmień – chemia i technologia (red. Gąsiorowski H.), PWRiL Poznań.
- Rynek zbóż, 2009. IERiGŻ – PIB, ARR, MRiRW, Warszawa.
- Sadowska U., 2006. Wpływ gęstości siewu jęczmienia nago- i okrytoziarnistego na plon i straty podczas zbioru kombajnowego. Inż. Roln. 12, 449–458.
- Smith C.H.M., Annison G., 1996. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition – toward a physiologically valid approach to their determination. World's Poult. Sci. J., 52, 203–221.
- Szafrański W., 1995. Wpływ poziomu i sposobu nawożenia azotowego na plonowanie wybranych odmian jęczmienia jarego i owsa w zróżnicowanych warunkach siedliskowych Pogórza. Cz. I. Współczynnik zbioru i wysokości plonu ziarna. Zesz. AR w Krakowie, Rolnictwo, 32, 99–111.
- Szempliński W., 2003. Plonowanie nagich i oplewionych form owsa i jęczmienia jarego w siewie czystym i mieszanym. Biul. IHAR 229, 147–156.
- Szempliński W., Kisiel R., Budzyński W., 1998. Porównanie rolniczej, energetycznej i ekonomicznej efektywności różnych sposobów produkcji ziarna jęczmienia jarego. Roczn. AR w Poznaniu, Rolnictwo 307, 25–32.
- Szmigiel A., 1998. Wpływ technologii uprawy na plonowanie jęczmienia ozimego. Pam. Puł. 112, 261–266.
- Szmigiel A., Oleksy A., 1998. Wpływ technologii uprawy na plonowanie jęczmienia jarego. Pam. Puł., 112, 252–259.
- Szmigiel A., Oleksy A., 2005. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie nagoziarnistej i oplewionej odmiany jęczmienia jarego. Fragm. Agron. 1, 585–590.
- Szumilo G., Rachoń L., 2006. Oddziaływanie fal elektromagnetycznych na plonowanie oraz jakość nagoziarnistych i oplewionych odmian jęczmienia jarego i owsa. Acta Agrophysica 8, 501–508.
- Wróbel E., 1993. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość białka ziarna jęczmienia jarego i owsa uprawianych na paszę. Acta Acad. Agric. Tech. Olstyn., Agricultura, Supl. B, 56, 3–53.

Summary. The field research was carried out in years 2001-2002 at an individual farm in Krajewie-Budziłach (Podlasie province). The studies determined the relation between the yields of grain in the two forms of varieties of spring (naked - Rastik, hulled - Stratus) barley cultivated under conditions of varied nitrogen fertilization (0, 30, 60, 90, 120 kg N·ha⁻¹). The research showed that agroclimatic conditions in the studied years of the Podlasie province had impact on the spring barley yield. The highest yields of grain were obtained under conditions of good soil moisture, significantly lower under the shortage of falls. The naked variety Rastik was not competitive in the yielding to the hulled variety Stratus. Nitrogen fertilization significantly diversify the yields of spring barley corn. The naked variety Rastik showed a significant reaction in the yields of grain up to the dose 60 kg N·ha⁻¹, and hulled variety Stratus only up to the dose 30 kg N·ha⁻¹. The yields of grain were determined by the number of panicles on a unit of the area, the number of grains in the ear and by the mass of 1000 grains. A significant influence was exerted by the varieties and nitrogen fertilization. The lower yield level of Rastik variety as compared to the hulled variety Stratus resulted from the smaller density on the field, the smaller number of grains in the ear and the smaller mass of 1000 grains. The highest 1 kg N net productiveness was obtained after the application of a lower level of the nitrogen fertilization. A higher doses of nitrogen fertilization caused declined productiveness; however, it was still relatively high. A higher efficiency of nitrogen utilization was characteristic of the hulled variety Stratus.

Key words: spring barley, cultivars, nitrogen fertilization, grain yield, nitrogen efficiency