

NAWOŻENIE AZOTEM A PLON KUKURYDZY UPRAWIANEJ NA ZIARNO W WARUNKACH PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ POLSKI

Bożena Bogucka, Władysław Szempliński, Edward Wróbel

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. Eksperyment polowy przeprowadzono w latach 2003-2005 w Zakładzie Produkcyjno-Doświadczalnym w Bałcynach (53°35' N; 19°51' E). Badania miały na celu określenie wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem na plonowanie i cechy jakościowe dwóch mieszańców kukurydzy uprawianej na ziarno – Junak (FAO 210-220) i Boruta (FAO 230-240). Zakres badań obejmował ocenę cech morfologicznych roślin, plon ziarna i jego strukturę oraz analizy chemiczne ziarna. Plony ziarna kukurydzy uprawianej w północno-wschodnim regionie kraju wahały się od 6,67 do 11,16 t·ha⁻¹ i były istotnie determinowane przez warunki termiczno-wilgotnościowe w latach badań. W roku bardzo wilgotnym wyższym poziomem plonowania cechowała się odmiana Junak, natomiast w latach o korzystniejszych warunkach pogodowych plenniejsza okazała się odmiana Boruta. Odmiany Junak i Boruta – pomimo różnic w klasach wczesności – plonowały na wysokim, zbliżonym poziomie (8,48 i 8,68 t·ha⁻¹), co wskazuje na ich przydatność do uprawy na ziarno w północno-wschodniej Polsce. Pod wpływem nawożenia średnie plony ziarna wzrastały regularnie do dawki 150 kg N·ha⁻¹. Dla odmiany Junak wystarczające okazało się nawożenie 150 kg N·ha⁻¹, a dla odmiany Boruta dawkę azotu można zwiększyć do 180 kg·ha⁻¹.

Słowa kluczowe: nawożenie azotem, cechy morfologiczne, odmiany kukurydzy, struktura plonu, plon ziarna, *Zea mays*

WSTĘP

Kukurydza zwyczajna (*Zea mays* L.) zaliczana jest do najbardziej wydajnych roślin zbożowych. W 2006 roku obszar jej uprawy wynosił 144 mln ha i stanowił 21% światowej powierzchni zasiewów zbóż. Wielkość zbiorów ziarna na poziomie 695 mln ton lokuje tę roślinę na pierwszym miejscu (31%) światowych zbiorów zbóż [FAOSTAT 2008]. Kukurydza należy do zbóż perspektywicznych, co wynika zapewne z wielokie-

runkowości jej użytkowania jako rośliny alimentacyjnej, paszowej i przemysłowej [Dubas i Michalski 2005, Stańko 2005].

W Polsce dokonał się duży postęp ilościowy i jakościowy w hodowli kukurydzy. Pozwoliło to wprowadzić do uprawy wiele nowych odmian mieszańcowych o krótszym okresie wegetacji, a więc lepiej przystosowanych do warunków klimatycznych kraju [Michalski i in. 1996, Żarski i in. 1999, Machuł 2002]. Spowodowało to zarówno wzrost zasiewów, jak i zbiorów ziarna kukurydzy (z poziomu 290 tys. ton na początku lat 90. do 1,7 mln ton w roku 2007) [FAOSTAT 2008, GUS 2008] oraz umożliwiło jej uprawę na ziarno w rejonie północno-wschodniej Polski (rejon III), mniej korzystnym pod względem warunków termicznych [Siódmiak i Heimann 2002].

Podstawowe znaczenie w kształtowaniu wysokości plonów ziarna oraz jego jakości ma nawożenie mineralne, zwłaszcza azotem. W technologii produkcji ziarna istotne jest więc ustalenie właściwego poziomu nawożenia tym składnikiem [Fotyma 1994, Jankowiak i in. 1997, Kruczek 1983, 1997a, b, Lipski 2000]. W literaturze naukowej brak jest opracowań dotyczących nawożenia azotem nowych odmian kukurydzy uprawianej na ziarno w warunkach północno-wschodniej Polski.

Celem badań była ocena przydatności dwóch odmian kukurydzy o zróżnicowanej wczesności dojrzewania do uprawy na ziarno i ich reakcja na nawożenie azotem.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe prowadzono w latach 2003-2005 w Zakładzie Produkcyjno-Doświadczalnym w Bałcynach (53°35' N; 19°51' E). Doświadczenie dwuczynnikowe założono metodą losowanych podbloków, w czterech powtórzeniach, na glebie płowej typowej, wytworzonej z gliny lekkiej, klasy bonitacyjnej IIIa, kompleksu pszennego dobrego, w stanowisku po pszenicy ozimej. Zasobność gleby w składniki pokarmowe (przyswajalny fosfor, potas i magnez) była wysoka, a odczyn zbliżony do obojętnego. Badaniami objęto dwie odmiany: Junak (FAO 210-220) i Boruta (FAO 230-240), zalecane do uprawy na ziarno w rejonie Warmii i Mazur. Na tle obiektu kontrolnego (bez azotu) przetestowano wpływ zróżnicowanych dawek tego składnika w zakresie od 30 do 270 kg N·ha⁻¹, które zwiększano co 30 kg N·ha⁻¹. Azot w dawkach od 30 do 120 kg·ha⁻¹ aplikowano przedsiewnie, natomiast wyższe dawki – od 150 do 270 kg·ha⁻¹ – stosowano w dwóch terminach – 120 kg przed siewem, a resztę głównie w stadium 6 liści (skala BBCH – Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemical Industry – 16). Kukurydżę wysiewano w takim zagęszczeniu, aby po wschodach uzyskać obsadę 12 roślin na 1 m². Do zwalczania chwastów dwuliściennych i niektórych jednoliściennych użyto herbicydu Atrasan 500 SC (s.a. atrazyna) w dawce 2 dm³·ha⁻¹, który aplikowano w stadium 4-8 liści kukurydzy. Zakres badań obejmował strukturę i morfometrię roślin oraz plon ziarna. Analizy chemiczne ziarna wykonano dla dwóch lat badań (ze zbiorów 2003 i 2004 roku).

WYNIKI I DISKUSJA

Badania potwierdziły związek pomiędzy warunkami termiczno-wilgotnościowymi a elementami struktury plonu i cechami morfologicznymi roślin kukurydzy. Obsada roślin przed zbiorem wyniosła od 10,5 do 11,2 i była niższa od zakładanej o 6,7-12,5%.

Najkorzystniejsze warunki do wzrostu i rozwoju kukurydzy odnotowano w roku 2003 (tab. 1).

Tabela 1. Dane meteorologiczne w okresie wegetacji w latach 2003-2005 i średnie z wielolecia 1961-2000

Table 1. Meteorological data of the vegetative periods 2003-2005 and means from 1961-2000

Wyszczególnienie Specification	Rok Year	Miesiąc – Month						
		kwiecień April	maj May	czerwiec June	lipiec July	sierpień August	wrzesień September	październik October
Temperatura powietrza, °C Air temperature, °C	2003	6,1	14,2	16,5	18,9	17,3	13,7	4,8
	2004	8,9	11,8	15,3	17,0	19,2	14,2	10,5
	2005	8,2	11,6	14,2	19,7	16,9	18,1	10,5
	1961-2000	7,0	12,5	15,8	17,2	16,8	12,6	8,1
Suma opadów, mm Total rainfall, mm	2003	23,6	78,6	60,7	118,2	34,9	19,1	66,1
	2004	51,5	87,1	90,6	78,8	89,3	41,9	77,6
	2005	22,0	68,2	35,4	83,9	39,6	17,9	19,3
	1961-2000	35,4	57,6	69,5	81,6	75,2	59,0	53,5

Sezon wegetacyjny 2003, zgodnie z kryteriami oceny opadów Kaczorowskiej i Przedpeńskiej z modyfikacją Szwejkowskiego [1997], należy określić jako normalny i ciepły, dlatego ziarno w czasie zbioru średnio w trzech latach badań zawierało najmniej wody – 275 g·kg⁻¹. W najkorzystniejszym roku kukurydza uzyskała wysokość 287,6 cm, a pierwszą kolbę osadzała na wysokości powyżej 100 cm. Liczba okółków w kolbie wynosiła 25,5 szt., w każdym okółku rośliny zawiązały 14 ziarniaków, a w całej kolbie – 354,8. Masa 1000 ziaren kształtowała się na poziomie 273,9 g, a plon ziarna był najwyższy – 11,16 t·ha⁻¹ (tab. 2). Zgodnie z kryteriami ustalonymi przez Grzebisza [2008] jest to plon bardzo wysoki, będący wynikiem dobrego odżywienia roślin azotem. Ziarno charakteryzowało się wysokim plonem białka (1,00 t·ha⁻¹). W 1 kg suchej masy ziarna zawartość białka wyniosła 89,2 g, tłuszczu 46,3 g, popiołu 13,5 g, a bezazotowych związków wyciągowych – 830,3 g. W roku 2004, który był bardzo mokry i ciepły [Szwejkowski 1997] oraz wyjątkowo niekorzystny dla plonowania kukurydzy, ziarno w czasie zbioru zawierało najwięcej wody (43,2%), a jego plon przy sprowadzeniu do 15% wilgotności wynosił 6,67 t·ha⁻¹. Okres wegetacji trwał najdłużej, kukurydzę zebrano po 182 dniach wegetacji. Uzyskane parametry struktury plonu były najniższe z trzech lat badań (21,2 okółków w kolbie, 290,9 ziaren w kolbie, masa 1000 ziarniaków – 197,3 g). Mimo niekorzystnego układu warunków termiczno-wilgotnościowych ziarno charakteryzowało się większą niż w roku poprzednim zawartością białka (o 2%), włókna (o 9%) i popiołu surowego (o 15%), ale mniejszą tłuszczu surowego (o 8%).

Wpływ czynników środowiska na plonowanie kukurydzy i elementy struktury plonu był przedmiotem licznych badań [Michalski i in. 1996, Kruczek 1997a, Żarski i in. 1999]. W badaniach własnych stwierdzono, że badane odmiany kukurydzy średnio w 3-letnim plonowały na zbliżonym poziomie – Junak 8,48, a Boruta – 8,68 t·ha⁻¹ ziarna o wilgotności 15% (tab. 2).

Tabela 2. Wpływ nawożenia azotem na plon ziarna i białka odmian kukurydzy
 Table 2. Effect of nitrogen fertilization on the grain and protein yield of maize cultivars

Rok Year	Odmiana Cultivar	Poziom nawożenia azotem – Nitrogen fertilization level kg N·ha ⁻¹										Średnia Mean
		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	
Plon ziarna o 15% wilgotności – Grain yield with 15% moisture content, t·ha ⁻¹												
2003	Junak	9,52	10,79	10,22	11,22	11,37	12,13	10,27	10,33	12,35	10,46	10,86
	Boruta	9,64	10,68	10,48	10,88	11,66	12,06	12,30	12,11	12,28	11,96	11,41
2004	Junak	3,67	5,03	5,10	6,80	6,09	7,98	8,52	7,86	9,24	8,94	6,92
	Boruta	4,57	4,60	5,40	5,60	5,76	7,45	8,21	7,55	7,39	7,63	6,42
2005	Junak	6,13	6,84	7,84	7,79	7,57	8,16	7,35	8,11	8,25	8,61	7,67
	Boruta	6,89	7,86	8,28	8,37	8,75	8,26	8,76	8,59	7,96	8,38	8,21
2003		9,58	10,74	10,35	11,05	11,51	12,09	11,28	11,22	12,31	11,21	11,16
2004		4,12	4,82	5,25	6,21	5,93	7,72	8,36	7,70	8,32	8,29	6,67
2005		6,51	7,35	8,06	8,08	8,16	8,21	8,05	8,35	8,11	8,51	7,94
	Junak	6,44	7,55	7,72	8,60	8,34	9,42	8,71	8,77	9,95	9,34	8,48
	Boruta	7,03	7,71	8,05	8,29	8,72	9,25	9,75	9,42	9,21	9,33	8,68
Średnia – Mean		6,74	7,63	7,89	8,45	8,53	9,34	9,23	9,09	9,58	9,33	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} dla – for:												
lat – years		1,12	odmiany – cultivar		ni – ns	nawożenia azotem – nitrogen fertilization				0,52		
interakcji – interaction:												
lat x odmiana – years x cultivar												0,52
lat x nawożenie azotem – years x nitrogen fertilization												0,89
odmiany x nawożenie azotem – cultivar x nitrogen fertilization												0,73
lat x odmiany x nawożenie azotem – years x cultivar x nitrogen fertilization												ni – ns
Plon białka ogółem – Total protein yield, t·ha ⁻¹												
2003	Junak	0,70	0,85	0,81	0,97	1,00	1,13	0,97	1,03	1,24	1,05	0,97
	Boruta	0,72	0,84	0,84	0,93	1,04	1,10	1,17	1,18	1,22	1,20	1,02
2004	Junak	0,30	0,42	0,43	0,59	0,54	0,73	0,80	0,77	0,91	0,89	0,64
	Boruta	0,40	0,40	0,48	0,49	0,52	0,69	0,76	0,71	0,71	0,74	0,59
Średnia – Mean		0,53	0,63	0,64	0,74	0,78	0,91	0,92	0,92	1,02	0,97	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} dla – for:												
lat – years		0,14	odmiany – cultivar		ni – ns	nawożenia azotem – nitrogen fertilization				0,06		
interakcji – interaction:												
lat x odmiana – years x cultivar												0,04
pozostałych interakcji – other interactions												ni – ns

ni – ns – non-significant difference

Mieszkańce różniły się cechami morfologicznymi roślin oraz elementami struktury plonu. We wszystkich latach badań liczba roślin plonujących była mniejsza od liczby roślin po wschodach. Większą obsadę plonujących roślin wykazywała odmiana Junak (11,2 roślin), u odmiany Boruta była ona o 8% mniejsza (tab. 3). Odmiana Junak wytworzyła łodygę o wysokości 239,4 cm, wyższą średnio o 10,4 cm od łodygi odmiany Boruta (tab. 4). Pierwszą kolbę odmiana Junak osadzała na wysokości 83 cm, a więc o 2,5 cm wyżej od Boruty. Liczba kolb na 100 roślinach była u obu odmian podobna. 'Boruta' wytwarzała istotnie więcej okółków w kolbie (24,7) niż 'Junak' – o 8%. Mieszkańce różniły się też liczbą ziaren w okółku, która była istotnie wyższa u 'Junaka' (14,4) niż u 'Boruty' (13,2). Liczba ziaren w kolbie obu odmian była statystycznie podobna. Istotnie wyższą masą 1000 ziarniaków charakteryzowała się 'Boruta' (240,9 g),

u odmiany Junak była ona o 24,3 g mniejsza. W konsekwencji cechy te nie wpłynęły istotnie na zróżnicowanie plonów ziarna. Większa obsada roślin przy zbiorze u odmiany Junak (11,2 roślin) skutkowała niższą masą 1000 ziarniaków. Dubas i Michalski [1983] oraz Machuł i in. [1983] zwracają uwagę, że zwiększanie zagęszczenia roślin na jednostce powierzchni zmniejsza masę 1000 ziarniaków.

Tabela 3. Wpływ nawożenia azotem na liczbę roślin odmian kukurydzy
Table 3. Effect of nitrogen fertilization on the number of plants of maize cultivars

Odmiana Cultivar	Poziom nawożenia azotem – Nitrogen fertilization level, kg N·ha ⁻¹										Średnia Mean
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	
Obsada roślin po wschodach, szt·m ⁻² – Plant density after emergence, plants·m ⁻²											
Junak	11,6	11,4	11,7	11,6	11,5	11,6	11,7	11,6	12,0	11,7	11,7
Boruta	11,0	10,9	11,1	10,8	11,0	11,0	10,8	11,4	11,4	11,4	11,1
Średnia Mean	11,3	11,2	11,4	11,2	11,2	11,3	11,2	11,5	11,7	11,6	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} dla – for:											
odmiany – cultivar		0,22		nawożenia azotem – nitrogen fertilization				ni – ns			
interakcji – interaction:											
odmiany x nawożenie azotem – cultivar x nitrogen fertilization		ni – ns									
Obsada roślin przed zbiorem, szt·m ⁻² – Plant density before harvest, plants·m ⁻²											
Junak	11,1	11,2	11,4	11,3	10,6	11,1	11,4	10,8	11,3	11,4	11,2
Boruta	10,4	9,9	10,6	9,9	10,4	10,3	9,9	10,4	10,7	10,8	10,3
Średnia Mean	10,8	10,5	11,0	10,6	10,5	10,7	10,7	10,6	11,0	11,1	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} dla – for:											
odmiany – cultivar		0,20		nawożenia azotem – nitrogen fertilization				ni – ns			
interakcji – interaction:											
odmiany x nawożenie azotem – cultivar x nitrogen fertilization		ni – ns									

ni – ns – non-significant difference

Wzrastające dawki nawożenia azotem wpływały na wielkość plonów ziarna kukurydzy (tab. 2). Istotny wzrost średniego plonu ziarna następował do dawki 150 kg N·ha⁻¹ (9,34 t·ha⁻¹). Różnica plonu w stosunku do kontroli wyniosła 2,6 t·ha⁻¹. Fotyma [1994] podaje, że efektywność nawożenia azotem kukurydzy zależy od ilości opadów atmosferycznych w okresie wegetacji. Optymalne dawki azotu dla plonu ziarna kukurydzy, ustalone na podstawie doświadczeń ścisłych, mieszczą się w przedziale od 90 do 150 kg N·ha⁻¹ [Kruczek 1983, Jankowiak i in. 1997]. W badaniach Kruczka [1997a] optymalna dla plonu ziarna była dawka 90 kg N·ha⁻¹, po przekroczeniu której następowało jego załamanie. Badane odmiany wykazały jednak wyraźną różnicę w plonowaniu pod wpływem wzrastającego nawożenia azotem. Dla odmiany Junak wystarczające okazało się nawożenie azotem w dawce 150 kg·ha⁻¹, natomiast mieszańiec Boruta reagował wzrostem plonu ziarna do dawki 180 kg N·ha⁻¹. Różne reakcje odmian na nawożenie azotem mogą wskazywać na genetyczne zróżnicowanie efektywności wykorzystania azotu [Fotyma 1994, Lipski 2000]. Najwyższy plon białka w plonie ziarna (1,02 t·ha⁻¹) uzyskiwała kukurydza nawożona 240 kg N·ha⁻¹ (tab. 2). Zależność pomiędzy zwiększaniem dawek azotu a zawartością i plonem białka wykazał również Kruczek [1983], w badaniach którego plon białka w plonie ziarna kukurydzy wzrastał do dawki 150 kg N·ha⁻¹.

Tabela 4. Wpływ nawożenia azotem na cechy morfologiczne i strukturę plonu odmian kukurydzy
 Table 4. Effect of nitrogen fertilization on the morphological characters and yield structure of maize cultivars

Odmiana Cultivar	Poziom nawożenia azotem – Nitrogen fertilization level, kg N·ha ⁻¹										Średnia Mean
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Wysokość roślin – Plant height, cm											
Junak	210,8	222,6	230,6	242,8	244,2	249,7	248,0	247,6	250,0	247,6	239,4
Boruta	205,3	222,3	221,8	228,9	234,0	232,8	236,2	236,7	239,6	232,9	229,0
Średnia Mean	208,0	222,5	226,2	235,9	239,1	241,2	242,1	242,2	244,8	240,3	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} dla – for:											
odmiany – cultivar		3,31		nawożenia azotem – nitrogen fertilization				5,50			
interakcji – interaction:											
odmiany x nawożenie azotem – cultivar x nitrogen fertilization						ni – ns					
Wysokość osadzenia pierwszej kolby – Height of the first cob, cm											
Junak	66,8	75,0	80,4	84,4	86,7	85,5	88,9	91,0	86,1	85,0	83,0
Boruta	67,6	75,7	77,7	79,2	83,7	80,3	84,7	84,0	88,4	83,3	80,5
Średnia Mean	67,2	75,4	79,0	81,8	85,2	82,9	86,8	87,5	87,3	84,1	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} dla – for:											
odmiany – cultivar		2,33		nawożenia azotem – nitrogen fertilization				5,51			
interakcji – interaction:											
odmiany x nawożenie azotem – cultivar x nitrogen fertilization						ni – ns					
Liczba kolb na 100 roślinach, szt. – Number of cobs on 100 plants											
Junak	93,3	92,5	98,3	98,3	97,5	100,8	97,5	98,3	101,7	100,6	97,9
Boruta	92,5	94,2	92,5	97,5	98,3	95,8	100,8	103,9	101,7	97,5	97,5
Średnia Mean	92,9	93,3	95,4	97,9	97,9	98,3	99,2	101,1	101,7	99,0	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} dla – for:											
odmiany – cultivar		ni – ns		nawożenia azotem – nitrogen fertilization				4,72			
interakcji – interaction:											
odmiany x nawożenie azotem – cultivar x nitrogen fertilization						ni – ns					
Liczba okółków, szt. – Number of whorls											
Junak	19,5	20,0	21,3	22,4	23,9	24,5	23,8	24,2	24,4	24,6	22,9
Boruta	23,7	24,8	23,8	23,9	24,9	24,5	25,0	26,3	25,2	25,3	24,7
Średnia Mean	21,6	22,4	22,5	23,2	24,4	24,5	24,4	25,2	24,8	24,9	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} dla – for:											
odmiany – cultivar		0,89		nawożenia azotem – nitrogen fertilization				1,40			
interakcji – interaction:											
odmiany x nawożenie azotem – cultivar x nitrogen fertilization						2,00					
Liczba ziaren w okółku, szt. – Number of grains per whorl											
Junak	14,4	14,3	14,5	14,3	14,2	14,6	14,3	14,5	14,2	14,7	14,4
Boruta	12,8	13,1	12,7	13,1	13,3	13,7	13,3	13,0	13,4	13,5	13,2
Średnia Mean	13,6	13,7	13,6	13,7	13,7	14,1	13,8	13,8	13,8	14,1	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} dla – for:											
odmiany – cultivar		0,32		nawożenia azotem – nitrogen fertilization				ni – ns			
interakcji – interaction:											
wszystkie interakcje – all interactions						ni – ns					

cd tabeli 4 – Table 4 continue

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Liczba ziaren w kolbie, szt. – Number of grains per cob											
Junak	278,1	289,3	308,3	323,2	338,1	356,1	339,6	352,5	346,6	360,6	329,3
Boruta	310,4	318,9	303,4	313,1	331,4	337,5	332,3	340,1	340,0	341,2	326,8
Średnia Mean	294,2	304,1	305,9	318,2	334,8	346,8	335,9	346,3	343,3	350,9	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} dla – for:											
odmiany – cultivar		ni – ns		nawożenia azotem – nitrogen fertilization						23,22	
interakcji – interaction:											
odmiany x nawożenie azotem – cultivar x nitrogen fertilization										ni – ns	
Masa 1000 ziaren – Thousand grain weight, g											
Junak	213,9	212,5	215,4	214,0	216,3	216,8	215,7	215,3	228,9	217,4	216,6
Boruta	236,9	238,2	234,2	237,4	243,8	246,1	241,2	243,0	245,3	243,0	240,9
Średnia Mean	225,4	225,4	224,8	225,7	230,0	231,4	228,5	229,1	237,1	230,2	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} dla – for:											
odmiany – cultivar		4,31		nawożenia azotem – nitrogen fertilization						6,69	
interakcji – interaction:											
odmiany x nawożenie azotem – cultivar x nitrogen fertilization										ni – ns	

ni – ns – non-significant difference

Nawożenie azotem istotnie różnicowało cechy morfologiczne roślin i niektóre elementy struktury plonu kukurydzy. Najdłuższe łodygi (244,8 cm) wytworzyła kukurydza nawożona 240 kg N·ha⁻¹, jednak cecha ta istotnie wzrastała tylko do dawki 90 kg N·ha⁻¹ (w badaniach Kruczka [1997a, b] do dawki 120 kg N·ha⁻¹). Wzrastające dawki nawożenia azotem nie różnicowały liczby roślin przed zbiorem, która w latach badań wahała się od 10,5 do 11,1 sztuk na 1 m² (tab. 3). W doświadczeniach Kruczka [1983, 1997b] nawożenie azotem również nie wpływało istotnie na obsadę roślin przed zbiorem. Liczba okółków oraz liczba ziaren w kolbie kukurydzy istotnie wzrastała do dawki 150 kg N·ha⁻¹. Najwyżej osadzała pierwszą kolbę kukurydza nawożona 210 kg N·ha⁻¹, jednak istotnie tylko do dawki 30 kg N·ha⁻¹ (tab. 4). Podobne wyniki uzyskał Kruczek [1997b]. Wcześniejsze badania tego autora [1983] nie potwierdzały związku między dawką azotu a wysokością osadzenia pierwszej kolby. Najwięcej kolb na 100 roślinach oraz największą masę 1000 ziaren uzyskała kukurydza nawożona 240 kg N·ha⁻¹. Kruczek [1997a, b] wykazał zależność między liczbą kolb na 1 m² a wzrostem nawożenia azotem do dawki 120 kg·ha⁻¹.

Testowane odmiany kukurydzy nie różniły się zawartością białka w ziarnie (Junak – 89,9, Boruta – 90,1 g·kg⁻¹ s.m.), a ze względu na zbliżony plon ziarna także plonem białka ogółem ('Junak' i 'Boruta' – 0,81 t·ha⁻¹) oraz zawartością włókna ('Junak' – 21,8, 'Boruta' – 21,7 g·kg⁻¹ s.m.), popiołu surowego (średnio 14,6 g·kg⁻¹ s.m.) i związków bezazotowych wyciągowych ('Junak' – 831,7, 'Boruta' – 827,2 g·kg⁻¹ s.m.). Różnice w składzie chemicznym ziarna kukurydzy ujawniły się głównie w zawartości tłuszczu surowego ('Junak' – 42,2, 'Boruta' – 46,3 g·kg⁻¹ s.m.) (tab. 5). Królikowski [2002] uważa, że zawartość związków chemicznych w ziarnie kukurydzy zależy głównie od właściwości osobniczych i warunków uprawy. Do najważniejszych składników ziarna, stanowiących aż 95% jego suchej masy, zalicza węglowodany, białko i tłuszcz. W ba-

daniach własnych udział tych składników w ziarnie był bardzo zbliżony u obu odmian i wynosił ponad 96%.

Tabela 5. Wpływ nawożenia azotem na skład chemiczny ziarna dwóch mieszańców kukurydzy
Table 5. Effect of nitrogen fertilization on the chemical composition of grain of two hybrid maize cultivars

Odmiana Cultivar	Poziom nawożenia azotem – Nitrogen fertilization level, kg N·ha ⁻¹										Średnia Mean
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	
Zawartość białka ogółem, g·kg ⁻¹ s.m. – Total protein content, g·kg ⁻¹ d.m.											
Junak	79,4	82,2	82,6	86,3	88,0	91,4	93,5	98,3	98,6	99,3	89,9
Boruta	81,1	83,3	83,6	86,6	90,1	91,5	93,7	95,4	97,6	98,5	90,1
Średnia Mean	80,2	82,7	83,1	86,4	89,1	91,4	93,6	96,9	98,1	98,9	–
Zawartość tłuszczu surowego, g·kg ⁻¹ s.m. – Crude fat content, g·kg ⁻¹ d.m.											
Junak	42,3	44,1	42,8	42,4	41,9	41,3	41,5	41,8	42,3	42,3	42,2
Boruta	47,9	46,4	46,7	47,2	46,7	45,7	45,2	44,2	47,9	45,8	46,3
Średnia Mean	45,1	45,2	44,7	46,8	44,3	43,5	43,3	43,0	45,1	44,0	–
Zawartość włókna surowego, g·kg ⁻¹ s.m. – Crude fiber content, g·kg ⁻¹ d.m.											
Junak	23,0	19,4	19,8	22,6	23,8	23,2	21,7	20,2	19,8	24,8	21,8
Boruta	21,4	22,8	21,0	22,9	24,3	23,1	20,1	21,1	19,7	21,3	21,7
Średnia Mean	22,2	21,1	20,4	22,7	24,0	23,1	20,9	20,6	19,7	23,0	–
Zawartość popiołu surowego, g·kg ⁻¹ s.m. – Crude ash content, g·kg ⁻¹ d.m.											
Junak	14,6	14,8	14,7	14,2	15,0	14,1	14,0	14,9	14,5	14,6	14,6
Boruta	14,5	14,5	14,5	14,8	14,6	14,1	15,3	14,7	14,6	14,6	14,6
Średnia Mean	14,5	14,6	14,6	14,5	14,8	14,1	14,6	14,8	14,5	14,6	–
Zawartość związków bezazotowych wyciągowych, g·kg ⁻¹ s.m. – N-free extract content, g·kg ⁻¹ d.m.											
Junak	840,8	839,7	840,2	834,5	831,4	830,1	829,4	825,0	825,0	820,9	831,5
Boruta	835,3	832,7	834,2	828,7	824,4	825,8	825,9	824,6	820,4	819,7	827,3
Średnia Mean	838,0	836,2	837,2	831,6	827,9	828,0	827,6	824,8	822,7	820,3	–

WNIOSKI

1. Plony ziarna kukurydzy uprawianej w północno-wschodnim regionie kraju wahały się od 6,67 do 11,16 t·ha⁻¹ i były istotnie determinowane przez warunki termiczno-wilgotnościowe w latach badań. W roku bardzo wilgotnym wyższym poziomem plonowania cechowała się odmiana Junak, natomiast w pozostałych latach plenniejsza okazała się odmiana Boruta.

2. Odmiany Junak i Boruta, pomimo różnic w klasach wczesności, plonowały na wysokim, zbliżonym poziomie (8,48 i 8,68 t·ha⁻¹), co wskazuje na ich przydatność do uprawy na ziarno w północno-wschodniej Polsce.

3. Średnie plony ziarna kukurydzy pod wpływem nawożenia azotem wzrastały regularnie do dawki 150 kg·ha⁻¹.

4. Dla odmiany Junak wystarczające okazało się nawożenie azotem w dawce 150 kg·ha⁻¹, a dla odmiany Boruta dawkę można zwiększyć do 180 kg N·ha⁻¹.

PIŚMIENNICTWO

- Dubas A., Michalski T., 1983. Wpływ gęstości siewu na plonowanie odmian kukurydzy uprawianych na ziarno. Pam. Puł. 81, 49-60.
- Dubas A., Michalski T., 2005. Kukurydza [W:] Rynki i technologie produkcji roślin uprawnych., praca pod red. J. Chotkowskiego, Wyd. Wieś Jutra, 224-237.
- FAOSTAT, 2008. www.faostat.fao.org
- Fotyma E., 1994. Reakcja roślin uprawy polowej na nawożenie azotem. Cz. III. Kukurydza. Fragm. Agron. 4(44), 20-35.
- Grzebiś W., 2008. Rola składników mineralnych w realizacji potencjału plonotwórczego kukurydzy. Mat. Konf. Nauk. Problemy agrotechniki oraz wykorzystania kukurydzy i sorgo, Poznań, 50-61.
- GUS, 2008. www.stat.gov.pl
- Jankowiak J., Kruczek A., Fotyma E., 1997. Efekty nawożenia mineralnego kukurydzy na podstawie wyników badań krajowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 450, 79-116.
- Królikowski Z., 2002. Skład chemiczny i wartości technologiczne ziarna kukurydzy. Kukurydza 1(19), 46-49.
- Kruczek A., 1983. Wpływ nawożenia azotem na plon ziarna kukurydzy w zależności od odmiany i gęstości siewu. Pam. Puł. 81, 105-118.
- Kruczek A., 1997a. Zmienność i korelacja elementów struktury plonu kukurydzy (*Zea Mays* L.) w zależności od warunków pogodowych i nawożenia azotem. Roczn. AR Poznań, Rolnictwo 50, 49-54.
- Kruczek A., 1997b. Wpływ warunków pogodowych i nawożenia azotowego na rozwój i niektóre cechy morfologiczne kukurydzy (*Zea Mays* L.). Roczn. AR Poznań, Rolnictwo 50, 55-61.
- Lipski S., 2000. Zasady przyjaznego dla środowiska nawożenia kukurydzy azotem. Pam. Puł. 120, 281-285.
- Machuł M., 2002. Postęp w hodowli mieszańców kukurydzy uprawianych w Polsce w latach 1976-2000. Pam. Puł. 130, 281-285.
- Machuł M., Kukuła S., Małysiak B., 1983. Produktywność mieszańców kukurydzy na glebach różnych kompleksów przydatności rolniczej w zależności od zagęszczenia roślin. Pam. Puł. 81, 479-486.
- Michalski T., Sulewska H., Waligóra H., Dubas A., 1996. Reakcja odmian kukurydzy uprawianej na ziarno na zmienne warunki pogodowe. Roczn. Nauk Rol. A 112(1-2), 103-111.
- Siódmiać J., Heimann H., 2002. Kukurydza pastewna. Lista opisowa odmian. Słupia Wielka, 94-117.
- Stańko S., 2005. Funkcjonowanie rynku roślin zbożowych i jego perspektywy [W:] Rynki i technologie produkcji roślin uprawnych, praca pod red. J. Chotkowskiego, Wyd. Wieś Jutra, 35-49.
- Szwejkowski Z., 1997. Badania ważniejszych elementów agroklimatu i ich wpływ na plonowanie wybranych roślin uprawnych. Zakład Agrometeorologii UWM w Olsztynie.
- Żarski J., Grzelak B., Dudek S., 1999. Ocena możliwości uprawy kukurydzy na ziarno w rejonie Bydgoszczy. Fol. Univ. Agric. Stetin., Agricultura 79, 203-207.

EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION ON THE YIELD OF GRAIN MAIZE GROWN UNDER CLIMATE CONDITIONS OF NORTH-EASTERN POLAND

Abstract. A field experiment was conducted at the Production and Experiment Station in Bałcyny in north-eastern Poland (53°35' N; 19°51' E) during the years 2003-2005 to

evaluate the effect of different levels of nitrogen fertilization on the yield and qualitative characters of two hybrid grain maize cultivars, Junak (FAO 210-220) and Boruta (FAO 230-240). The morphological characters of maize plants, grain yield and yield structure were determined, and grain samples were subjected to chemical analyses. It was found that the grain yield of maize grown in north-eastern Poland ranged from 6.67 to 11.16 t·ha⁻¹, and it was greatly dependent on temperature and moisture conditions in particular years of the study. Cv. Junak was characterized by a higher yield in the wet year, while cv. Boruta showed a higher yield in years with more favorable weather conditions. A high and comparable grain yield (8.48 and 8.68 t·ha⁻¹) was reported for both cultivars, despite differences between them in respect of the maturity class (FAO ripeness class). This indicates that the grain maize cultivars Junak and Boruta are suitable for growing in north-eastern Poland. Nitrogen applied at rates of up to 150 kg N·ha⁻¹ contributed to a steady increase in grain yield. Nitrogen fertilization at a level of 150 kg N·ha⁻¹ was sufficient for cv. Junak, whereas in cv. Boruta the rate of nitrogen could be increased to 180 kg N·ha⁻¹.

Key words: maize cultivars, nitrogen fertilization, morphological characters, yield structure, yield of grain, *Zea mays*

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 30.08.2008