

SŁAWOMIR PODLASKI**HANNA WZOREK****ZOFIA CHROBAK**

Katedra Fizjologii Roślin

Zakład Hodowli Roślin i Nasiennictwa

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

Wpływ pobudzania nasion kukurydzy na ich wigor oraz wzrost i plon roślin

The effect of maize seed priming on their vigour, growth and yield of plants

Określano wpływ pobudzania nasion dwóch mieszańców kukurydzy Duet i KLG 22-10 w wodzie i dwóch substancjach stałych. W ocenie laboratoryjnej pobudzanie nasion wpłynęło przede wszystkim na zwiększenie szybkości kiełkowania. Efektywność pobudzania nasion w substancjach stałych była dużo wyższa niż w wodzie. Wschody polowe po pobudzeniu nasion w stałych substancjach były wyższe o 6,5 i 6,7% w stosunku do nasion kontrolnych natomiast szybkość wschodów była wyższa od 1,6 do 2,1 dnia. Plon suchej masy rośliny odmiany Duet po pobudzeniu nasion w wodzie i substancjach stałych wzrósł o 13,7 do 54,6 g (7,3–29,1%) w stosunku do kontroli. Plon ziarna mieszańca KLG 22-10 zwiększył się w wyniku pobudzania nasion od 4,1 dt/ha do 8,6 dt/ha (8,0–16,8%) w porównaniu z kontrolą.

Słowa kluczowe: kukurydza, nasiona, pobudzanie, wigor

The effect seed priming in water and two solid substances of two maize hybrids was determined. In laboratory seed priming effected, first of all, on acceleration of germination speed. Effectiveness of seed priming in solid substances (solid matrix priming — SMP) was higher than in water. Field emergence after SMP of seeds was higher by 6.7 and 6.5% in comparison to control seeds. Plants emerged faster by 1.6 to 2.1 days. Yield of plant dry matter of variety Duet, after seeds priming in water and solid substances increased from 13.7 to 54.6 g (7.3–29.1%). Increase of kernels yield of KLG 22-10 variety, as a result of seed priming was from 4.1 dt/ha to 8.6 dt/ha (8.0–16.8%) as compared to control seeds.

Key words: maize, priming, seeds, vigour

WSTĘP

Minimalna temperatura kiełkowania nasion kukurydzy waha się od 8 do 10° C, natomiast optymalna sięga od 24 do 31° C. Minimalna zawartość wody potrzebna do kiełkowania nasion i wschodów roślin wynosi odpowiednio 38,5 i 42,5% s.m. Wraz z obniżeniem się temperatury kiełkowania zmniejsza się szybkość pobierania wody przez

nasiona oraz wydłuża czas uzyskania krytycznych wartości potencjału wody umożliwiających kiełkowanie. (Xie i Xie, 1997).

Pobudzanie nasion umożliwia zmniejszenie ich wrażliwości na niekorzystne czynniki środowiska. Polega ono na kontrolowanej hydratacji nasion do poziomu, który powoduje rozpoczęcie ich metabolicznej aktywności, lecz jest niewystarczający do pojawienia się korzenia zarodkowego (Podlaski, 1992).

Pobudzanie nasion kukurydzy w PEG 6000 o koncentracji 100 lub 150 g/l wody albo w 0,3 i 0,1% KNO₃ przez 10 dni poprawiło ich zdolność kiełkowania w laboratorium o 35% (Gimenez-Sampaio i in., 1997). Użycie stałej substancji do pobudzania nasion poprawiło zdolność i szybkość wschodów kukurydzy w cold-teście i w jednym z czterech doświadczeń polowych (Harz i Caprile, 1995). Podczas pobudzania w osiach zarodkowych w niewielkim stopniu występowała synteza DNA, RNA i białek. Natomiast po zakończeniu pobudzania, intensywność syntezy tych makromolekuł była większa niż w nasionach nie pobudzanych (Garzia i in., 1995).

W 15 indyjskich wsiach nauczono farmerów pobudzania nasion kukurydzy w wodzie przez 12 do 24 h. Uzyskano w ten sposób szybsze wschody i lepszą obsadę, a rośliny charakteryzowały się szybszym wzrostem i większą tolerancją na suszę (Harris i in., 1999). Stwierdzono korzystny wpływ jonów wapnia dostarczanych nasionom kukurydzy podczas pobudzania (Rajeev-Singh i in., 1998). Zdolność kiełkowania nasion oraz ich wigor zwiększały się po moczeniu w roztworze soli wapnia o stężeniu 10 mmol/l. Poprawa jakości nasion była związana ze zwiększoną aktywnością amylazy oraz wzmożonym metabolizmem skrobi i rozpuszczalnych białek (Sinha i in., 1998).

Biorąc pod uwagę możliwości jakie daje pobudzanie nasion, podjęto w Katedrze Hodowli Roślin i Nasiennictwa SGGW badania nad określeniem wpływu tego zabiegu na wigor nasion oraz wzrost i plon roślin kukurydzy.

MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań prowadzonych w latach 1995–1997 były nasiona dwóch mieszańców kukurydzy Duet i KLG 22-10. Mieszaniec Duet zaliczany jest do średnio późnych, przeznaczonych do uprawy na kiszonkę i ziarno, natomiast KLG 22-10 jest mieszańcem średnio wczesnym przeznaczonym do uprawy na ziarno. Masa 1000 nasion mieszańca Duet wahała się w latach badań od 170 do 180 g, a KLG 22-10 od 230 do 245 g.

Zakres badań obejmował doświadczenia laboratoryjne i polowe. W laboratorium opracowano metodykę pobudzania nasion w wodzie oraz w dwóch substancjach stałych A i B. Substancje te różniły się pochodzeniem oraz właściwościami fizyko-chemicznymi. W laboratorium określono przebieg kiełkowania nasion w zróżnicowanych warunkach termicznych (10° C i 20° C). W polu oznaczono przebieg wschodów oraz szybkość wzrostu i plon roślin. Szybkość kiełkowania w doświadczeniach laboratoryjnych oraz szybkość wschodów obliczano za pomocą współczynnika Piepera, określającego średni czas kiełkowania (wschodów) jednego nasienia (rośliny).

W celu opracowania optymalnej metodyki pobudzania nasion w wodzie, ziarniaki kukurydzy umieszczano na wilgotnej bibule w temperaturze 20° C i co 2 godziny kolejne

porcje nasion były zdejmowane z bibuły. Oznaczano ich wilgotność metodą suszarkową, pozostawiając resztę nasion do wyschnięcia dla określenia ich zdolności i szybkości kiełkowania. Celem takiego postępowania było znalezienie granicznego czasu pobudzania, po którym współczynnik Piepera będzie najniższy, zdolność kiełkowania nie będzie się obniżać, a wygląd nasion będzie wskazywał, że znajdują się w fazie poprzedzającej pojawienie się korzenia zarodkowego.

Podczas pobudzania nasion w substancjach stałych postępowano podobnie, jak w przypadku pobudzania w wodzie. Optymalna metodyka pobudzania powinna umożliwić uzyskanie jak najniższego współczynnika Piepera, czyli nasiona powinny kiełkować jak najszybciej. W tym celu modyfikowano granulację stałych substancji, stosunek masy uwodnionych substancji stałych do masy nasion oraz czas pobudzania. Najlepsze wyniki uzyskano przy użyciu substancji stałych nasyconych wodą. W tym momencie wilgotność substancji stałej A wynosiła 40%, a substancji B około 38% suchej masy. Stosunek mas suchych nasion do wysyconych wodą substancji stałych wynosił 1:5, a granulacja substancji stałych wahała się od 5 do 7 mm.

Po zakończeniu pobudzania zwrócono uwagę na pokrycie nasion pyłem pochodzącym z użytych substancji stałych. Ponieważ podejrzewano możliwość przechodzenia niektórych jonów z substancji stałych do ziarniaków kukurydzy, a w konsekwencji oddziaływania tych substancji na proces kiełkowania, porównano przebieg kiełkowania nasion czystych (oczyszczonych z pyłu) z nasionami pokrytymi resztkami substancji stałych. Ponadto ze 100 nasion usunięto substancję stałą (pył) i po zalaniu pięciokrotnie większą masą wody przeprowadzono analizę zawartości kationów w uzyskanym roztworze.

Doświadczenia polowe zakładano w RZD Żelazna, na glebie klasy bonitacyjnej IV a, kompleksu żytniego dobrego. Przedplonem dla kukurydzy były ziemniaki uprawiane na oborniku. Zasady uprawy były zgodne z zaleceniami agrotechnicznymi. Kukurydzę wysiewano na początku maja, ręcznie pod znacznik, w rozstawie 70 x 18 cm, po 2–3 ziarna w jeden punkt, celem uzyskania założonej obsady roślin. Wielkość poletka wynosiła 25,2 m². Każdą kombinację doświadczenia wysiewano w 4 powtórzeniach. Na oddzielnych poletkach wysiewano 4 x 100 ziaren każdej kombinacji dla oceny polowej zdolności i szybkości wschodów.

WYNIKI

Po przeprowadzonych w laboratorium próbach nad opracowaniem optymalnych warunków pobudzania ziarniaków kukurydzy przy użyciu substancji stałych A i B stwierdzono, że nasiona mieszańca Duet nie powinny być pobudzane dłużej niż 22 godziny, a KLG 22-1 — 18 godzin. Po tym czasie wilgotność nasion mieszańca Duet wynosiła około 30%, a mieszańca KLG 22-1 około 25%.

Jak wynika z tabeli 1 zdolność kiełkowania nasion pobudzanych w różnym czasie zmieniała się w niewielkim stopniu. Natomiast w charakterystyczny sposób zmieniał się współczynnik Piepera. Początkowo wartość współczynnika malała wraz z wydłużaniem czasu pobudzania, a następnie zaczynała rosnąć. Najniższą wartość współczynnika Piepera

uzyskano dla mieszańców Duet po 22, a KLG 22-10 po 18 godzinach. Taki czas pobudzania przyjęto za optymalny dla obu mieszańców.

Tabela 1

Przebieg kiełkowania nasion kukurydzy mieszańców Duet (D) i KLG 22-10 (KLG) w zależności od czasu ich pobudzania w wodzie. Temperatura kiełkowania 20° C
Seed germination of maize hybrids Duet (D) and KLG 22-10 (KLG) in relation to time of seed priming in water. Germination temperature 20° C

Czas pobudzania (h) Time of seed priming (hrs)	Wilgotność nasion (%) Seed moisture (%)		LZK (%) Germination ability (%)		Współczynnik Piepera (dni) Pieper's coefficient (days)	
	D	KLG	D	KLG	D	KLG
12	25,1	22,1	96,3	98,1	2,51	2,47
18	28,3	24,3	96,3	99,3	2,50	2,44
20	29,5	26,4	96,0	97,0	2,47	2,55
22	30,0	26,7	97,7	95,3	2,43	2,48
24	30,2	26,7	97,3	95,7	2,54	2,55
26	30,3	26,7	96,5	96,7	2,56	2,58
30	32,3	28,4	96,7	98,3	2,51	2,61
Nasiona nie pobudzone Non primed seeds	7,7	7,7	97,0	99,3	2,64	2,56
NIR $\alpha = 0,05$	—	—	1,5	2,1	0,09	0,08
LSD $\alpha = 0.05$	—	—	—	—	—	—

Efektywność pobudzania nasion w substancjach stałych była lepsza niż w wodzie, co wyrażało się niższym współczynnikiem Piepera, ilustrującym szybkość kiełkowania nasion obu mieszańców (tab. 2). U obu mieszańców w miarę wydłużania czasu pobudzania z 12 do 26 godzin obserwowano obniżanie wartości współczynnika Piepera. Przedłużenie czasu pobudzania do 30 h spowodowało istotne wydłużenie średniego czasu kiełkowania jednego nasienia. Substancja A okazała się skuteczniejsza w działaniu niż substancja B. Średnia wartość współczynnika Piepera obliczonego dla siedmiu czasów pobudzania ziarniaków obu mieszańców przy użyciu substancji A wynosiła 1,46 dnia i była istotnie niższa niż odpowiednia wartość tego współczynnika przy pobudzaniu w substancji B (1,77 dnia, NIR = 0,15 dnia). Nasiona mieszańca Duet okazały się wrażliwsze na pobudzanie niż mieszańca KLG 22-10. Średnia wartość współczynnika Piepera obliczona dla obu substancji i zastosowanych czasów pobudzania w przypadku mieszańca Duet wynosiła 1,52 i była istotnie niższa niż dla mieszańca KLG 22-10 — 1,71 (NIR = 0,17). Trudno jest wyjaśnić tę zróżnicowaną reakcję nasion obu mieszańców.

Pobudzanie nasion w wodzie i substancjach stałych nie zróżnicowało zdolności kiełkowania nasion w temperaturze 100° C, natomiast zdecydowanie wpłynęło na zróżnicowanie współczynnika Piepera (tab. 3). Nasiona mieszańca Duet charakteryzowały się niższym współczynnikiem Piepera niż nasiona mieszańca KLG 22-10. Średnia wartość współczynnika Piepera obliczona dla czterech sposobów przygotowania nasion, tj. nasion kontrolnych i pobudzanych wynosiła dla odmiany Duet 7,81, a dla mieszańca KLG 22-10 8,84 dnia. Pobudzanie nasion w wodzie, substancji A i B, skróciło średni czas kiełkowania nasion obu odmian, odpowiednio o 0,81, 2,71 i 2,1 dnia w stosunku do nasion kontrolnych.

Tabela 2

Wpływ czasu pobudzania nasion dwóch odmian kukurydzy w dwóch substancjach stałych (A i B) na szybkość kielkowania (współczynnik Piepera (dni)) w 20° C

The effect of seeds priming time of two maize varieties in solid substances (A and B) on their speed of germination (Pieper coefficient (days). Temperature 20° C

Czas pobudzania (h) Time of priming (hrs)	Współczynnik Piepera (dni) Pieper's coefficient (days)						Średnia Mean
	rodzaj stałej substancji type of solid substance						
	A			B			
	odmiany varieties						
	Duet	KLG 22-10	średnia mean	Duet	KLG 22-10	średnia mean	
12	1,68	1,82	1,75	1,75	1,95	1,85	1,80
18	1,60	1,63	1,62	1,71	1,98	1,85	1,73
20	1,43	1,51	1,47	1,65	1,92	1,79	1,63
22	1,22	1,50	1,36	1,63	1,85	1,74	1,55
24	1,19	1,42	1,31	1,60	1,80	1,70	1,50
26	1,17	1,40	1,29	1,59	1,71	1,65	1,47
30	1,27	1,57	1,42	1,69	1,85	1,77	1,60
Średnia Mean	1,37	1,55	1,46	1,66	1,87	1,77	1,62

Średnia dla substancji A i B odpowiednio 1,46 i 1,77

Average for substance A and B respectively: 1.46 and 1.77

Średnia dla odmian Duet i KLK 22-10 odpowiednio: 1,52 i 1,71

Average for varieties Duet and KLK 22-10 respectively: 1.52 and 1.71

Współdziałanie: A/B, B/A, B/C, C/B, A/C, C/A — nieistotne

Interaction: A/B, B/A, B/C, C/B, A/C, C/A — not significant

NIR $\alpha = 0,05; 0,15$

LSD $\alpha = 0,05; 0,15$

NIR $\alpha = 0,05; 0,17$

LSD $\alpha = 0,05; 0,17$

Tabela 3

Przebieg kielkowania nasion dwóch odmian kukurydzy w zależności od sposobu ich pobudzania w temperaturze kielkowania 10° C. Średnie z lat 1995–1997

Seed germination of two varieties in relation to seed priming method. Germination temperature 10° C. Average 1995–1997

Nasiona Seeds		LZK (%) Germination ability (%)			Współczynnik Piepera (dni) Pieper's coefficient (days)		
		odmiany varieties					
		Duet	KLK 22-10	średnia mean	Duet	KLK 22-10	średnia mean
Kontrolne Control		96,0	96,0	96,0	9,51	9,95	9,73
Pobudzone w wodzie Primed in water		98,3	98,0	98,2	8,45	9,38	8,92
Pobudzone w stałej substancji A Primed in solid substance A		95,0	94,7	94,9	6,59	7,45	7,02
Pobudzone w stałej substancji B Primed in solid substance B		98,7	98,3	98,5	6,70	8,56	7,63
Średnia Mean		97,0	96,8	96,9	7,81	8,84	8,32
NIR α = 0,05 LSD α = 0.05		ns		4,2	0,36		0,35
NIR α = 0,05	A/B — ns	NIR α = 0,05		B/A — 0,56			
LSD α = 0.05	A/B — ns	LSD α = 0.05		B/A — 0.56			

Najlepsze efekty dla obu odmian stwierdzono pobudzając nasiona w substancji A. W przypadku mieszańca Duet nie stwierdzono istotnych różnic w efektywności pobudzania z użyciem obu substancji stałych. Nasiona mieszańca KLG 22-10 silniej reagowały na rodzaj substancji użytej do pobudzania nasion. Substancja A przyspieszyła kiełkowanie nasion o 1,11 dnia w stosunku do substancji B. (NIR = 0,56). Pobudzanie nasion w wodzie, substancji A i B zmniejszyło współczynnik Piepera o 1,06, 2,92 i 2,81 dnia w porównaniu do nasion kontrolnych. Natomiast dla odmiany KLG-22-10 to zmniejszenie wynosiło tylko 0,57, 2,5 i 1,39 dnia.

Pokrycie powierzchni nasion pyłem pochodzącym z substancji stałej użytej do pobudzania miało wpływ na przebieg kiełkowania nasion (tab. 4).

Tabela 4

Wpływ usunięcia stałej substancji z powierzchni pobudzanych nasion na przebieg ich kiełkowania.
Temperatura kiełkowania 20° C. Średnie z lat 1995–1997
The effect of solid substances removal from surface of primed seeds on their germination. Germination temperature 20° C. Average 1995–1997

Nasiona Seeds	LZK (%) Germination ability (%)			Współczynnik Piepera (dni) Pieper's coefficient (days)		
	odmiany varieties					
	Duet	KLK 22-10	średnia mean	Duet	KLK 22-10	średnia mean
Pobudzone pokryte substancją A Primed dusted in substance A	99,3	99,0	99,2	1,48	1,58	1,53
Pobudzone w substancji A czyste Primed in substance A clean	97,3	99,3	98,3	1,66	1,74	1,70
Pobudzone pokryte substancją B Primed and covered with substance B	98,3	99,3	98,8	1,35	1,67	1,51
Pobudzone w substancji B czyste Primed in substance B clean	94,2	99,3	96,8	1,64	1,84	1,74
Średnia Mean	97,3	99,2	—	1,53	1,71	—
NIR α = 0,05	3,2			0,18		
LSD α = 0.05						

Nasiona odmiany Duet, z których powierzchni usunięto pozostałości substancji A i B użytych do pobudzania, charakteryzowały się zdolnością kiełkowania wynoszącą odpowiednio 97,3% i 94,2%, natomiast nasiona nie oczyszczone kiełkowały na poziomie 99,3 i 98,3%. Stwierdzono, że bez względu na rodzaj zastosowanej do pobudzania substancji stałej „czyste” nasiona odmiany Duet kiełkowały na poziomie 95,8%, natomiast nasiona pokryte pyłem substancji stałych 98,8. (NIR = 2,9). W przypadku nasion odmiany KLG 22-10 nie stwierdzono takiej zależności, nasiona „czyste” i pokryte pyłem kiełkowały na podobnym poziomie. W wyniku tak zróżnicowanej reakcji odmian nie stwierdzono wpływu substancji stałych pokrywających powierzchnię nasion na kształtowanie się ich zdolności kiełkowania.

U obu odmian nasiona „czyste” kiełkowały istotnie wolniej niż nasiona pokryte substancjami użytymi do pobudzania nasion. Dla odmiany Duet szybkość kiełkowania

jednego nasienia „czystego” i pokrytego pyłem wynosiła odpowiednio 1,65 i 1,42 dnia, natomiast dla odmiany KLG 22-10, 1,79 i 1,63 dnia. (NIR = 0,12). Średnia wartość współczynnika Piepera obliczona dla obu substancji stałych użytych do pobudzania wynosiła dla nasion „czystych” 1,52 dnia, a dla nasion pokrytych pyłem 1,72 dnia (NIR = 0,16). Masa substancji stałych pozostałych na nasionach po zakończonym procesie pobudzania zdjętych ze 100 nasion wahała się od 0,06 do 0,08 g. Analiza chemiczna wykazała, że w roztworze wodnym substancji A dominowały jony wapnia, potasu i magnezu, natomiast substancji B potasu, sodu, i magnezu.

Sposób przygotowania nasion miał również wpływ na przebieg wschodów polowych ziarniaków kukurydzy (tab. 5). Bez względu na odmiany i sposób przygotowania nasion, połowa zdolność wschodów (PZW) nie była istotnie zróżnicowana i wynosiła w latach 1995, 1996 i 1997 odpowiednio 75,8%, 85,1% i 77,5%. Nie stwierdzono zróżnicowania PZW w zależności od odmiany ani współdziałania pomiędzy sposobem traktowania nasion a odmianą. Za wielolecie średnie wschody polowe po pobudzeniu nasion obu odmian w substancjach A i B były istotnie wyższe, odpowiednio o 6,7% i 6,5% w stosunku do nasion kontrolnych (NIR = 5,8).

Tabela 5

Wielkość i szybkość wschodów polowych kukurydzy odmian Duet i KLG 22-10. Średnie z lat 1995–1997

Field emergence and speed of emergence of maize varieties Duet and KLG 22-10. Average from 1995–1997

Nasiona Seeds	Wschody polowe (%) Field emergence (%)			Szybkość wschodów, współczynnik Piepera (dni) Speed of emergence, Pieper coefficient (days)		
	odmiany varieties					
	Duet	KLG 22-10	średnia mean	Duet	KLG 22-10	średnia mean
Kontrolne Control	75,4	78,6	77,0	14,,2	14,2	14,2
Pobudzone w wodzie Primed in water	74,9	79,8	77,4	13,,0	13,1	13,1
Pobudzone w stałej substancji A Primed in solid substance A	82,3	85,0	83,7	12,,2	12,1	12,1
Pobudzone w stałej substancji B Primed in solid substance B	82,1	84,8	83,5	12, 6	12,5	12,6
Średnia Mean	78,2	82,1	80,4	13,0	13,0	13,0
NIR α = 0,05	6,3		5,3	ns		0,5
LSD α = 0,05						

Bez względu na odmianę szybkość wschodów jednej rośliny wahała się od 11,5 dnia w 1996 roku do 14,1 dnia w 1995 roku (tab. 5). W poszczególnych latach badań nie stwierdzono istotnego zróżnicowania szybkości wschodów pomiędzy odmianami. Dla obu odmian pobudzanie nasion w wodzie i substancjach stałych, w każdym roku badań i za wielolecie, istotnie skróciło średni czas wschodów jednej rośliny od 1,1 do 2,1 dnia.

Najlepsze efekty dało pobudzanie nasion w substancji A, które za wielolecie, zmniejszyło średni czas wschodów aż o 2,1 dnia. Stwierdzono również, zależność pomiędzy warunkami środowiskowymi w czasie wschodów a efektywnością pobudzania nasion. Dla obu odmian w 1995 roku, gdy warunki środowiskowe nie sprzyjały wschodom roślin, przyspieszenie tego procesu po pobudzeniu nasion w wodzie i stałej substancji A wynosiło odpowiednio 1,7 i 2,6 dnia w stosunku do nasion kontrolnych. (NIR = 1,3). Natomiast w sprzyjającym wschodom roku 1996 wzrost szybkości tego procesu w stosunku do wymienionych wyżej kombinacji wynosił 0,7 i 2,0 dni, (NIR = 1,5).

Pobudzanie nasion wpłynęło również na cechy morfologiczne oraz plon roślin. Plon uzależniony był od warunków pogodowych w okresie wegetacji, a zwłaszcza od wielkości opadów atmosferycznych. Średnia sucha masa jednej rośliny mieszańca Duet wahała się od 150,5 g (120 dt/ha) w 1997 do 256,1 g (201,3 dt/ha) w 1995 roku, kiedy to w okresie wegetacji wystąpiły najbardziej sprzyjające warunki pogodowe.

Tabela 6

Wpływ pobudzania nasion kukurydzy odmiany Duet na wzrost i plon. Średnia z 3 lat
The effect of seed priming on growth and yield of maize. Duet variety. 3 year means

Nasiona Seeds	Wysokość roślin (cm) Plant height (cm)	Świeża masa (g) Fresh weight (g)			Sucha masa rośliny (%) Dry weight of plant (%)	Sucha masa rośliny (g) Plant dry weight (g)
		łodygi stems	liście leaves	kolby cobs		
Kontrolne Control	225	247,9	95,8	180,0	35,8	187,5
Pobudzone w wodzie Primed in water	230	248,2	96,1	210,0	36,3	201,2
Pobudzone w stałej substancji A Primed in solid substance A	235	313,2	102,2	220,1	38,1	242,1
Pobudzone w stałej substancji B Primed in solid substance B	234	299,7	98,1	212,5	38,0	231,9
NIR α = 0,05	ns	26,2	ns	18,1	2,1	19,5
LSD α = 0.05						

Podobnie plon ziarna odmiany KLG 22-10 był istotnie zróżnicowany i wahał się w podanych powyżej latach od 48,3 do 64,5 dt/ha. W roku 1995, kiedy w okresie wschodów panowała susza, a od połowy czerwca do początku października spadło aż 380 mm deszczu, przyspieszenie wschodów wahające się u obu odmian od 1,7 do 2,6 dnia, po pobudzeniu nasion w wodzie i substancji A, spowodowało wzrost wysokości roślin obu odmian o 6–15 cm. W konsekwencji świeża masa kukurydzy mieszańca Duet zwiększyła się o 100–140 g, a sucha masa o 60–80 g w stosunku do plonu uzyskanego z nasion kontrolnych. Natomiast w 1996 roku, kiedy temperatura i wilgotność gleby sprzyjały szybkim wschodom, a późniejsze obfite opady stymulowały wegetację roślin, korzystny wpływ pobudzania nasion był mniej widoczny.

Średnio za wielolecie pobudzanie nasion mieszańca Duet, nieistotnie wpłynęło na wzrost wysokości roślin o 5 do 10 cm (tab. 6). Świeża masa łodyg po pobudzeniu nasion w substancjach stałych zwiększyła się od 51,8 do 65,3 g (NIR = 26,2), a kolb od 32,5 do 40,1 g (NIR = 18,1). Jednocześnie pobudzanie nasion wpłynęło na zwiększenie zawartości

suchej masy w roślinach od 0,5% do 2,3% (NIR = 2,1%). W konsekwencji plon suchej masy z rośliny był wyższy w porównaniu do kombinacji kontrolnej odpowiednio o 13,7 do 54,6 g (NIR = 19,5), co odpowiadało zwiększeniu plonu ziarna ze 150 dt/ha do 161 dt/ha po pobudzeniu nasion w wodzie i 185,5 oraz 193,7 dt/ha po użyciu do pobudzania substancji stałych.

Średnio za wieloletnie pobudzanie nasion odmiany KLG 22-10 spowodowało nieistotny wzrost wysokości roślin o 3–7 cm, procentowej zawartości suchej masy w ziarnie o 0,4 do 1,0% oraz udziału ziarna w masie kolb o 0,5 do 0,9% (tab. 7). Plon ziarna w wyniku pobudzania nasion w wodzie oraz substancjach A i B zwiększył się odpowiednio o 4,1, 5,6 i 4,9 dt/ha (NIR = 4,6).

Tabela 7

Wpływ pobudzania nasion kukurydzy odmiany KLG 22-10 na wzrost i plon. Średnie z 3 lat
The effect of seed priming on growth and yield of maize KLG 22-10 variety. 3 year means

Nasiona Seeds	Wysokość roślin (cm) Plant height (cm)	Plon ziarna (dt/ha) Yield of kernels (dt/ha)	Zawartość suchej masy w ziarnie (%) Dry matter of kernels (%)	Udział (%) ziarna w masie kolb Share (%) of kernels in cobs weight
Kontrolne Control	195	51,2	65,8	76,3
Pobudzone w wodzie Primed in water	198	55,3	66,2	76,8
Pobudzone w stałej substancji A Primed in solid substance A	202	59,8	66,8	77,1
Pobudzone w stałej substancji B Primed in solid substance B	201	58,1	66,5	77,3
NIR α = 0,05 LSD α = 0,05	ns	4,6	ns	ns

DYSKUSJA

Na skutek siewu kilku ziarniaków kukurydzy w jeden punkt problem zróżnicowanej obsady roślin na poletkach nie wystąpił. Zaobserwowano natomiast przyspieszenie wschodów w wyniku pobudzania, co było szczególnie widoczne przy niekorzystnych warunkach pogodowych. Jest to zgodne z wynikami innych autorów (Finch-Savage, 1995), którzy stwierdzili, że pobudzanie nasion różnych gatunków roślin może wpływać na przyspieszenie wschodów polowych oraz obsadę roślin, a w konsekwencji na plon. U nasion poddanych zabiegowi matrykondycjonowania (solid matrix priming) uzyskiwano podwyższenie wigoru ujawniające się lepszymi wschodami zwłaszcza w warunkach stresu temperaturowego, szybszym wzrostem i rozwojem roślin oraz wyższym plonem nasion (Grzesik, 2000; Harz i Caprile, 1995). Ponieważ, jak sugeruje Pill i wsp. (1991) w większości przypadków dzienny przyrost masy roślin wyrosłych z nasion pobudzanych i kontrolnych jest podobny, to korzystny wpływ pobudzania na wzrost roślin i ich plony może być powiązany głównie z przyspieszeniem wschodów.

Grzesik (2000) stwierdził, że wadą matrykondycjonowania są problemy związane z usunięciem z powierzchni pobudzanych nasion resztek substancji stałej. Z prezentowanych badań wynika, że w przypadku ziarniaków kukurydzy ta wada okazała się być pozytywna

w skutkach. Bardzo interesujący był wpływ substancji stałej pokrywającej nasiona na przebieg kiełkowania. Substancja stała może być traktowana nie tylko jako nośnik wody, ale również jako źródło pewnych specyficznych związków chemicznych sprzyjających procesowi kiełkowania. Rajeev-Singh i wsp. (1998) obserwowali korzystne wyniki obecności jonów wapniowych podczas pobudzania nasion kukurydzy. Ponieważ analiza chemiczna substancji A wykazała w jej składzie dominujący udział jonów wapniowych — można by w ten sposób wytłumaczyć opisany w pracy pozytywny wpływ tej substancji na kiełkowanie pobudzonych nasion.

WNIOSKI

1. Pobudzanie nasion kukurydzy jest efektywnym sposobem poprawy ich wigoru wyrażającym się przede wszystkim skróceniem czasu kiełkowania i wschodów.
2. Nasiona dwóch mieszańców kukurydzy (Duet i KLG 22-10) reagowały w zróżnicowany sposób na zastosowaną metodę pobudzania, jednak ogólnie efektywność pobudzania przy użyciu substancji stałych była większa niż w wyniku pobudzania w wodzie.
3. Pokrycie nasion substancją stałą użytą do pobudzania miało korzystny wpływ na przebieg kiełkowania.
4. Pobudzanie nasion obu mieszańców przy użyciu substancji stałych wpłynęło istotnie na zwiększenie połowej zdolności wschodów od 6,5 do 6,7% oraz skróciło średni czas wschodów jednej rośliny od 1,6 do 2,1 dnia w stosunku do kontroli.
5. W wyniku pobudzania nasion w przypadku mieszańca Duet zwiększyła się istotnie sucha masa jednej rośliny (o 13,7 do 54,6 g, tj. 7,3% do 29,1%), a w przypadku mieszańca KLG 22-10 wzrósł plon ziarna o 4,1–8,6 dt/ha (tj. 8% do 16,8%) w porównaniu z badaniem kontrolnym.

LITERATURA

- Finch-Savage W. E. 1995. Influence of seed quality on crop establishment, growth, and yield. In: Seed quality. Basic mechanisms and agricultural implications. S. Basra, (ed.) Food Products Press, Chapter 11: 361 — 381.
- Garzia F. C., Jimenez L. F., Vazquez-Ramos J. M. 1995. Biochemical and cytological studies on osmoprimed maize seeds. *Seed Science Research*. 5/1: 15 — 23.
- Gimenez-Sampaio T., Sampaio N. V., Souza R. H. V. de. 1997. Increase in germination and rate and emergence under low temperatures of maize (*Zea mays* L.) seeds subjected to osmotic preconditioning, *Revista Científica Rural* 2/1: 20 — 27.
- Grzesik M. 2000. Metody uszlachetniania materiałów nasiennych. *Warsztaty Nasiennicze*, Kraków: 67 — 74.
- Harris D., Joshi A., Khan P. A., Gothkar P., Sodhi P. S. 1999. On-farm seed priming in semi-arid agriculture: development and evaluation in maize, rice and chickpea in India using participatory methods. *Experimental Agriculture* 35/1: 15 — 29.
- Harz T. K., Caprile J. 1995. Germination of sh2 sweet corn following seed disinfestation, solid-matrix priming, and microbial seed treatment. *Hort-Science* 30/7: 1400 — 1402.
- Pill W., G., Frett J. J., Morneau D. C. 1991. Germination and seedling emergence of primed tomato and asparagus seeds under adverse conditions. *Hort-Science* 26: 1160 — 1162.
- Podlaski S. 1992. Nowoczesne sposoby poprawy jakości nasion. Cz. II. Pobudzanie nasion. *Hod. Rośl. Nasien.* 1: 21 — 25.

- Rajeev-Singh S., Singh R. K., Singh R. 1998. Effect of calcium peroxide application on oxygen diffusion rate and growth of maize (*Zea mays* L.) under different soil moisture regimes. *Journal of Research, Birsa Agricultural University* 10/2: 193 — 196.
- Sinha N. K., Handoo J. K., Srivastava A. K. 1998. Effect of pretreatment and low temperature on mobilization efficiency of maize genotypes. *J. Appl. Biol.* 8/1: 20 — 23.
- Xie H., Xie H. 1997. Effect of temperature on germination and sprouting of maize seeds. *Beijing Agricultural Sciences* 15/2: 5 — 8.