

ANDRZEJ KRUCZEK

Katedra Uprawy Roli i Roślin
Akademia Rolnicza w Poznaniu

WPLYW NAWOŻENIA STARTOWEGO NAWOZAMI AZOTOWYMI
I NAWOZEM WIELOSKŁADNIKOWYM NA TEMPO WSCHODÓW
KUKURYDZY

The influence of starter fertilization with nitrogen fertilizers and with a multi-component fertilizer on the rate of maize emergence

ABSTRAKT: Na podstawie 4-letnich badań oceniano wpływ sposobów nawożenia kukurydzy na dynamikę wschodów. Stosowano nawożenie: rzutowe na całą powierzchnię przed siewem nasion i rzędowe (startowe) jednocześnie z siewem nasion. Skuteczność sposobów nawożenia badano przy dawkach azotu wzrastających od 25 do 130 kg N·ha⁻¹, stosując mocznik (46% N) i saletrę amonową (34% N) oraz nawóz wieloskładnikowy hydrofoska 21 (21% N, 8% P₂O₅, 11% K₂O, 2% MgO). Stwierdzono, że zarówno wielkość dawki azotu, jak i rodzaj nawozu oraz sposób nawożenia nie wpływały na procent wschodów kukurydzy przez cały okres ich trwania. Występujące w poszczególnych latach i kolejnych dniach wschodów różnice w procencie wzeszłych roślin w zależności od sposobu nawożenia ulegały zatarciu w miarę postępu wegetacji. W konsekwencji ostateczna uzyskana obsada roślin po wschodach była równa zakładanej niemal w 100%, a żaden z badanych czynników jej nie różnicował. Zastosowanie mocznika w największej dawce 130 kg N·ha⁻¹ istotnie obniżyło obsadę roślin po wschodach w stosunku do mniejszych dawek mocznika oraz największej dawki saletry amonowej i hydrofoski 21.

słowa kluczowe: key words:

kukurydza – maize, nawożenie rzędowe – in rows fertilization, nawożenie rzutowe – broadcast fertilization, tempo wschodów – rate of emergence

WSTĘP

Wolny początkowy rozwój kukurydzy spowodowany jest zbyt niskimi temperaturami panującymi w początkowym okresie wegetacji oraz ograniczonym pobieraniem składników pokarmowych. Jednym ze sposobów stymulacji początkowego wzrostu roślin jest nawożenie zlokalizowane, które po zastosowaniu łącznie z siewem nazywamy nawożeniem startowym (2, 5, 9, 12). Taki sposób nawożenia powoduje lepsze zaopatrzenie młodych roślin w składniki pokarmowe, poprzez zwiększenie ich

dostępności (1, 3, 4, 6, 10, 11, 13). Stężenie nawozu w pobliżu nasion nie powinno jednak przekraczać poziomu krytycznego, ponieważ może wówczas dochodzić do ich uszkodzenia podczas kiełkowania, co prowadzi do przerzedzenia wschodów (4, 7, 8). W związku z powyższym podjęto badania mające na celu określenie wpływu poziomu nawożenia azotem, rodzaju nawozu i sposobu jego stosowania na początkowy wzrost kukurydzy, oceniany przez tempo wschodów w warunkach polowych oraz osiągniętą obsadę roślin na jednostce powierzchni.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe wykonano w Zakładzie Dydaktyczno-Doświadczalnym w Swadziemiu koło Poznania w latach 2000–2003. Doświadczenia prowadzono w układzie bloków losowanych (split-plot) z 3 czynnikami w 4 powtórzeniach polowych. Zmianą 1. rzędu była dawka azotu: 25, 60, 95 i 130 kg N·ha⁻¹; 2. rzędu – forma nawozu azotowego: (46% N), saletra amonowa (34% N) i nawóz wieloskładnikowy – hydrofoska 21 (21% N, 8% P₂O₅, 11% K₂O, 2% MgO) oraz 3. rzędu – sposób wysiewu nawozu: rzutowo na całą powierzchnię przed siewem nasion i rzędowo (startowo) jednocześnie z siewem nasion. Poza układem doświadczalnym prowadzono kontrolę z nawożeniem: 0 kg N·ha⁻¹, 80 kg P₂O₅·ha⁻¹ (34,9 kg P·ha⁻¹) i 140 kg K₂O·ha⁻¹ (116,2 kg K·ha⁻¹).

Zapotrzebowanie na azot w całości pokryto w poszczególnych obiektach doświadczenia w ramach czynników badawczych, natomiast nawożenie P i K wykonano przedsięwzięciem w dawkach: 80 kg P₂O₅·ha⁻¹ czyli 34,9 kg P·ha⁻¹ (superfosfat potrójny 46% P₂O₅) i 140 kg K₂O·ha⁻¹ czyli 116,2 kg K·ha⁻¹ (60% sól potasowa). Przedsięwzięciem dawkę fosforu i potasu w obiektach, w których zastosowano hydrofoskę, pomniejszono o ilości fosforu i potasu wnoszone w tym nawozie, tak aby całkowite dawki nie przekraczały dawek założonych.

Siew kukurydzy wykonano 19 kwietnia w 2000 r. i 2001 r., 22 kwietnia w 2002 r. i 18 kwietnia w 2003 r. siewnikiem punktowym Monosem, wyposażonym w rozsiewacz nawozów do rzędowego (startowego) ich stosowania jednocześnie z siewem nasion. Redlice nawozowe ustawiono w stosunku do redlic nasiennych w ten sposób, aby nawóz był umieszczony w glebie 5 cm z boku i 5 cm poniżej nasion. Zakładana obsada roślin była jednakowa we wszystkich obiektach – w 2000 r. i 2001 r. wynosiła 8,4 szt.·m⁻² (rozstawa rzędów 70 cm, odległość roślin w rzędzie 17 cm), a w latach 2002 i 2003 – 7,94 szt.·m⁻² (rozstawa rzędów 70 cm, odległość roślin w rzędzie 18 cm). Siew nasion wykonywano na głębokość 5–6 cm. W doświadczeniu wysiano odmianę Costella (FAO 240) hodowli firmy Pioneer.

Dynamikę wschodów określono poprzez codzienne liczenie roślin, które weszły na 10 mb dwóch rzędów poletka do zbioru, aż do momentu ustalenia się obsady. Wyniki poddano ocenie statystycznej z zastosowaniem jednozmienną analizy wariancji z testowaniem hipotez na poziomie $\alpha = 0,05$.

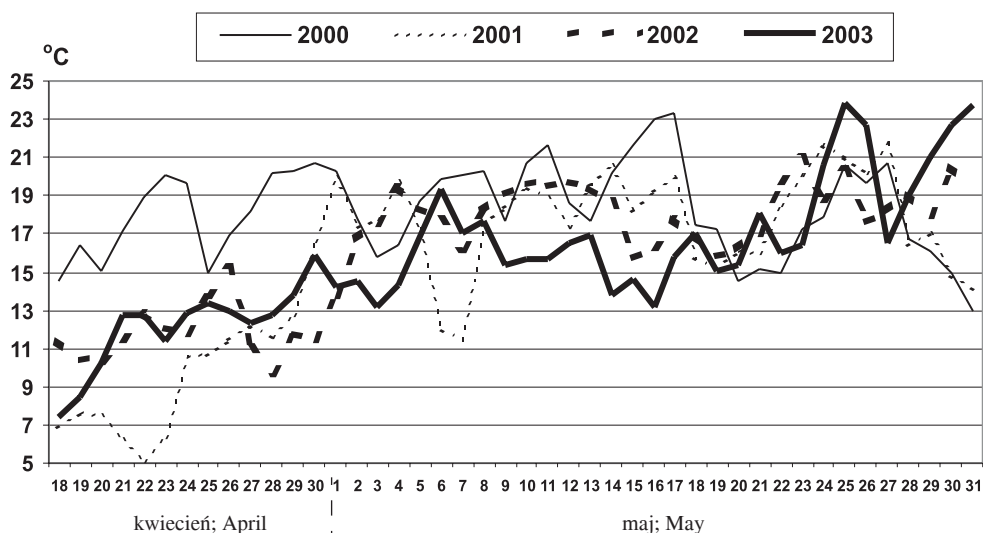
Doświadczenie przeprowadzono na glebie płowej, o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego płytko zalegającego na glinie lekkiej, należącej do kompleksu żyniego dobrego. Zasobność gleby w składniki pokarmowe i jej kwasowość przedstawiono w tabeli 1.

Warunki termiczne w latach prowadzenia badań były sprzyjające dla początkowego wzrostu i rozwoju kukurydzy (tab. 2, rys. 1). Wyjątek stanowił niedobór ciepła po siewie w 2001 r., co znalazło odzwierciedlenie w opóźnieniu wschodów roślin. Korzystne warunki wilgotnościowe podczas kiełkowania i wschodów wystąpiły jedynie w 2002 r. W pozostałych latach okresy suszy notowano w III dekadzie kwietnia i w I dekadzie maja w 2000 r. oraz na początku maja w 2001 r. i w 2003 r.

Tabela 1

Warunki glebowe w Swadzimiu
Soil conditions at Swadzim

Lata Years	Zawartość (mg/100 g gleby); Content (mg/100 g of soil)					pH _{KCl}
	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Mg	
2000	0,14	0,34	6,6	8,5	3,5	6,15
2001	0,16	0,32	12,3	15,3	4,6	6,80
2002	0,12	0,28	9,8	10,0	5,1	6,80
2003	0,14	0,23	5,1	8,0	5,8	5,90



Rys. 1. Temperatura gleby na głębokości 10 cm
The temperature of soil at depth of 10 cm

Tabela 2

Warunki pogodowe w Swadzimiu
Weather conditions at Swadzim

Lata Years	Temperatura; Temperature						Opady; Rainfall									
	kwiecień; April			maj; May			kwiecień; April			maj; May						
	dekady; decades		średnio mean	dekady; decades		średnio mean	dekady; decades		średnio mean	dekady; decades		średnio mean				
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III				
2000	6,1	11,4	18,8	12,1	16,6	16,3	14,7	15,7	1,0	14,7	0,0	15,7	0,0	15,7	31,7	47,4
2001	9,9	5,1	9,9	8,3	15,3	15,4	15,0	15,2	12,1	3,8	17,2	33,1	0,6	2,6	7,2	10,4
2002	5,6	9,9	11,3	8,9	18,0	15,7	16,9	16,8	1,2	30,7	2,3	34,2	6,6	11,0	28,1	45,7
2003	2,6	9,8	13,6	8,6	15,6	13,6	17,7	15,7	5,7	0,6	9,9	16,2	0,0	9,8	14,2	24,0
1958–2003	-	-	-	7,8	-	-	-	13,3	-	-	-	33,2	-	-	-	51,4

WYNIKI I DYSKUSJA

Tempo kiełkowania i wschodów kukurydzy uzależnione było od zmiennych warunków pogodowych w latach, natomiast w ujęciu syntetycznym za okres 4 lat żaden z czynników badawczych nie wpływał na tę cechę (tab. 3). Najkorzystniejsze warunki dla kiełkowania kukurydzy (wysokie temperatury w III dekadzie kwietnia) wystąpiły w 2000 r., w którym pierwsze wschody pojawiły się już po 8 dniach od siewu.

Tabela 3

Tempo wschodów kukurydzy wyrażone procentem wzeszłych roślin (2000–2003)
Maize emergence rate as expressed by the percentage of emerged plants (2000–2003)

Wyszczególnienie Measure		Kolejne dni wschodów; Successive days of emergence								
		1	2	3	4	5	6 ¹⁾	7 ²⁾	8 ³⁾	9 ³⁾
Dni od siewu Days from sowing	2000	8	9	10	11	12	-	-	-	-
	2001	14	15	16	17	18	19	-	-	-
	2002	11	12	13	14	15	16	17	-	-
	2003	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lata Years	2000	7,4	58,9	91,1	96,4	97,4	-	-	-	-
	2001	21,6	78,2	95,6	97,9	98,8	99,1	-	-	-
	2002	7,1	53,8	92,1	97,6	98,5	99,2	100,0	-	-
	2003	45,1	68,8	79,3	82,7	88,8	92,9	98,4	98,7	100,0
	NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	r.i.	r.i.	r.i.	r.i.	r.i.	r.i.	r.i.	r.i.	-
Dawki N Rates of N (kg ha ⁻¹)	25	20,1	66,0	89,8	93,4	96,4	97,9	100,0	99,2	100,0
	60	20,1	66,6	90,0	94,0	96,5	97,8	100,0	98,8	99,7
	95	20,3	63,8	89,5	94,4	97,1	98,5	100,0	98,6	99,5
	130	20,6	63,4	88,9	92,9	95,9	97,4	99,9	98,3	100,0
	NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Rodzaj nawozu Kind of fertilizer	mocznik; urea	20,8	64,5	89,3	93,0	96,1	97,5	99,5	97,8	99,0
	saletra amonowa	19,7	64,7	89,4	93,8	96,8	98,3	100,0	99,4	100,0
	ammonium nitrate hydrofoska 21	20,3	65,6	89,9	94,1	96,6	97,8	100,0	99,0	99,9
	NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Sposób nawożenia Fertilization method	rzutowo; broadcast	19,5	65,9	89,9	93,5	96,1	97,3	100,0	97,8	99,6
	rzędowo; in rows	21,0	64,0	89,2	93,8	96,8	98,5	100,0	99,7	100,0
	NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Kontrola Check	2000	7,4	59,1	91,2	95,2	96,1	-	-	-	-
	2001	19,3	81,8	95,2	97,7	98,6	98,4	-	-	-
	2002	5,6	54,7	94,5	98,3	99,4	99,9	100,0	-	-
	2003	50,3	84,6	89,5	93,0	95,8	98,0	99,1	99,1	99,3

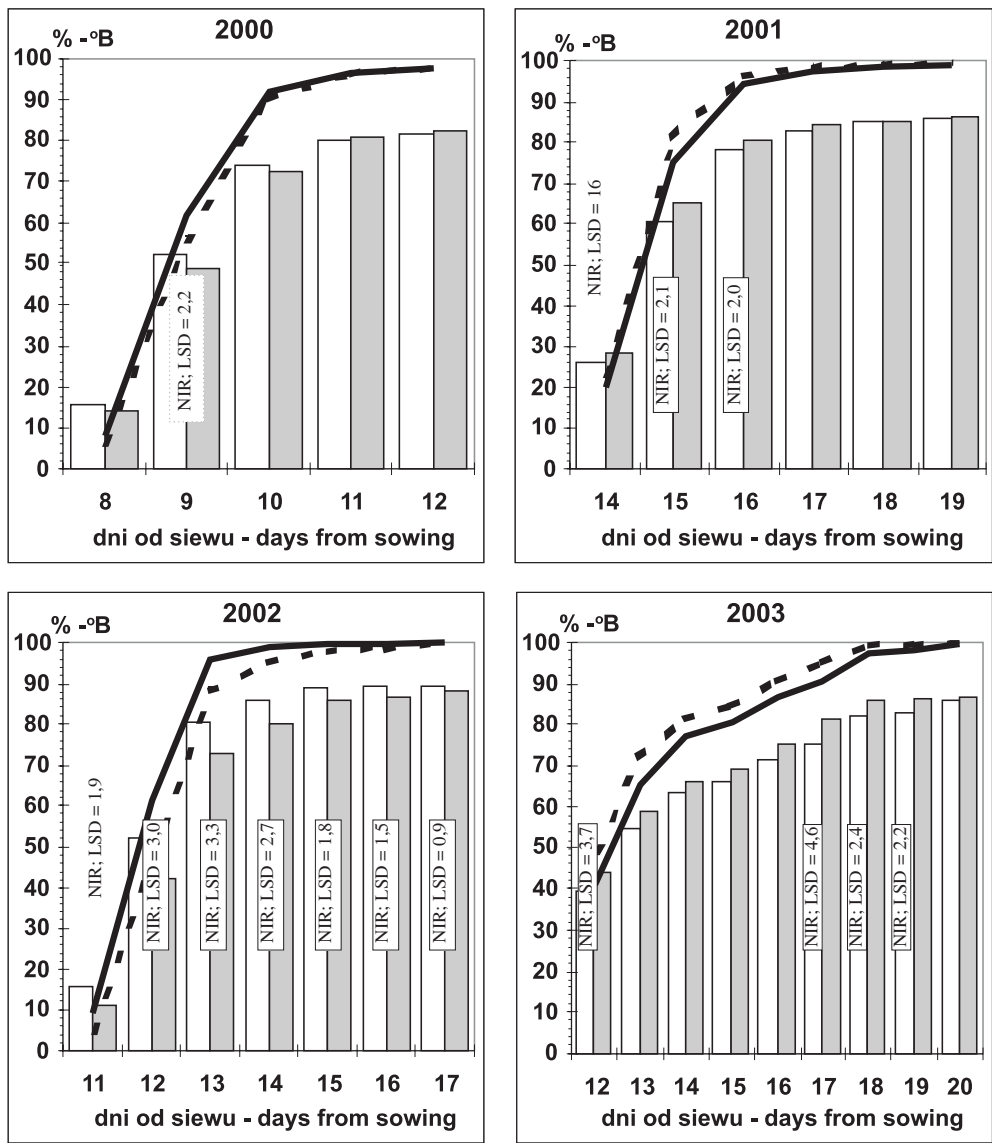
¹⁾ średnio dla lat 2001–2003; average for 2001–2003

²⁾ średnio dla lat 2002–2003; average for 2002–2003

³⁾ tylko dla 2003; only for 2003

r.i. – różnice istotne; significant differences

r.n. – różnice nieistotne; non-significant differences



- rzutowo; broadcast (° Blissa)
- rzędowo; in rows (° Blissa)
- rzutowo; broadcast (%)
- rzędowo; in rows (%)

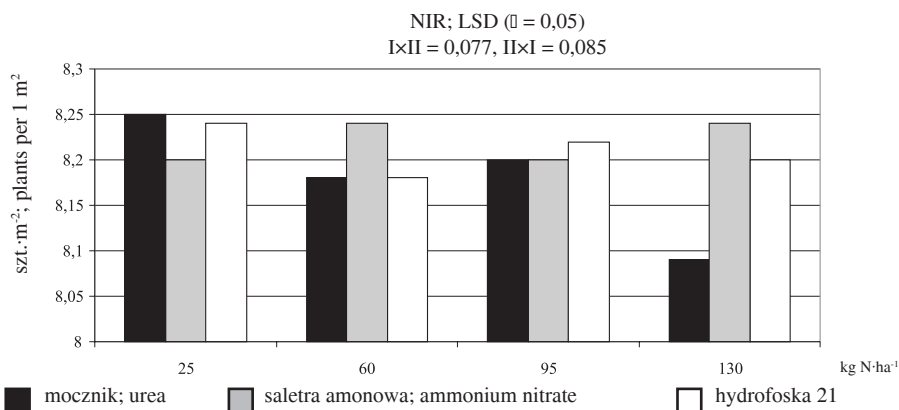
Rys. 2. Wpływ sposobu nawożenia na dynamikę wschodów kukurydzy
The effect of the fertilization method on the dynamics of the maize emergence

W roku tym najkrótszy był również czas osiągnięcia pełnej obsady (5 dni od pierwszych wschodów). Najwięcej czasu do pojawienia się wschodów (14 dni) upłynęło w 2001 r., co było spowodowane niskimi temperaturami panującymi po siewie. Najmniej korzystna pogoda zarówno dla kiełkowania, jak i wschodów kukurydzy pano-

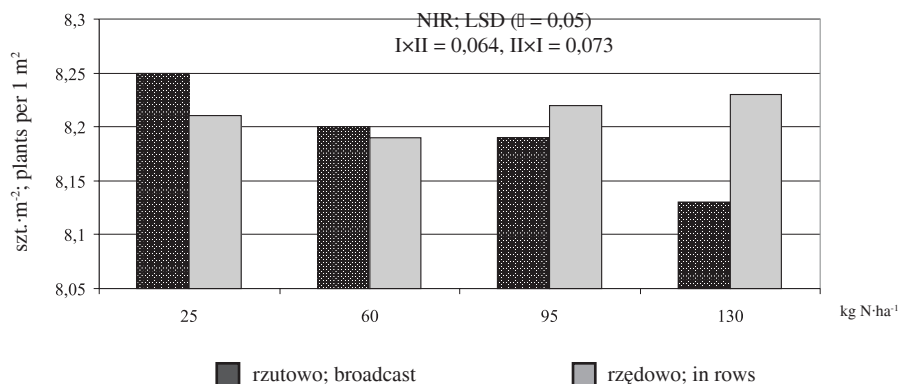
wała w 2003 r., w którym pierwsze wschody zaobserwowano w 12. dniu po siewie, a pełną obsadę roślin uzyskano dopiero po 9 dniach od pojawienia się pierwszych wschodów. Było to spowodowane niedoborem wilgoci w glebie podczas całego okresu kiełkowania i wschodów.

Ponieważ największe zakłócenie wschodów mógł spowodować startowy wysiew nawozów na skutek umieszczenia ich w bezpośredniej bliskości nasion, przedstawiono wpływ tego czynnika na wschody roślin w poszczególnych latach (rys. 2). W 2000 roku sposób stosowania nawozu istotnie różnicował procent wschodów jedynie w drugim dniu wschodów kukurydzy. Różnica pomiędzy dwoma sposobami nawożenia wynosiła 5,8 pkt.% na niekorzyść nawożenia rzędowego. W 2001 r. istotne różnice w procencie wschodów pomiędzy technikami nawożenia stwierdzono w pierwszych trzech dniach wschodów roślin. Wyższy % wschodów przez cały okres ich trwania utrzymywał się przy rzędowym stosowaniu nawozów. Różnica pomiędzy rzędowym i rzutowym sposobem aplikacji nawozu w 2001 r. w pierwszym dniu wschodów wynosiła 3,6 pkt.%, w drugim dniu 6,3 pkt.% i w trzecim dniu 2,1 pkt.%. W 2002 roku przez cały okres wschodów kukurydzy istotnie wyższy % roślin uzyskano przy nawożeniu rzutowym. Różnica wynosiła w kolejnych dniach 3,8 pkt.%, 15,0 pkt.%, 7,8 pkt.%, 3,3 pkt.%, 1,6 pkt.%, 1,1 pkt.% i 0,2 pkt.%. Z kolei w 2003 r. wyższy % wschodów przez cały czas ich trwania stwierdzono w obiektach z nawożeniem rzędowym w stosunku do obiektów z nawożeniem rzutowym. Istotność tych różnic potwierdzono statystycznie w pierwszym, szóstym, siódmym i ósmym dniu wschodów, wynosiły odpowiednio 7,9 pkt.%, 4,8 pkt.%, 1,9 pkt.% i 1,9 pkt.%. Należy zauważyć, że we wszystkich latach różnice w % wschodów wywołane dwoma sposobami stosowania nawozów ulegały zatarciu w miarę postępu wegetacji, aż do całkowitego wyrównania liczby roślin, które weszły na jednostce powierzchni. Wynik uzyskany w badaniach własnych nie potwierdza doniesień literaturowych mówiących o możliwości zakłócenia wschodów roślin w wyniku zlokalizowanego nawożenia (4, 7, 8), bowiem zastosowanie azotu w ilości 25 do 130 kg N·ha⁻¹ oraz umieszczenie nawozu w bezpośredniej bliskości nasion nie wpłynęło w końcowym efekcie na wschody kukurydzy.

W ujęciu syntetycznym jak również w poszczególnych latach doświadczenia żaden z badanych czynników nie wywarł wpływu na ostateczną obsadę roślin po wschodach. Stwierdzono jednakże, niezależny od lat, wpływ współdziałania dawek azotu i rodzaju nawozu oraz dawek azotu i sposobu nawożenia na tę cechę (rys. 3, 4). Zastosowanie 130 kg N·ha⁻¹ w moczniku powodowało istotne zmniejszenie liczby roślin po wschodach zarówno w stosunku do pozostałych dawek tego nawozu, jak i w porównaniu z największą dawką saletry amonowej i hydrofoski. W przypadku nawożenia rzutowego dawka 130 kg N·ha⁻¹ istotnie zmniejszała liczbę roślin po wschodach w stosunku do najniższej dawki 25 kg N·ha⁻¹. Ponadto rzutowy wysiew 130 kg N·ha⁻¹ istotnie zmniejszał obsadę roślin po wschodach w stosunku do wysiewu tej ilości azotu rzędowo razem z siewem nasion.



Rys. 3. Wpływ dawek azotu i rodzaju nawozu na obsadę roślin po wschodach
The effect of nitrogen doses and kind of fertilizer on plant density after emergence



Rys. 4. Wpływ dawek azotu i sposobu nawożenia na obsadę roślin po wschodach
The effect of nitrogen doses and fertilization method on plant density after emergence

PODSUMOWANIE

Kiełkowanie oraz tempo wschodów kukurydzy w największym stopniu uzależnione były od przebiegu pogody w latach badań. Niskie temperatury panujące po siewie powodowały przedłużenie okresu od siewu do pierwszych wschodów roślin, natomiast niedobór wilgoci w glebie przedłużał zarówno okres kiełkowania, jak i wschodów. Średnio dla 4 lat badań wielkość dawki azotu (25–130 kg N·ha⁻¹), rodzaj nawozu (mocznik, saletra amonowa, hydrofoska 21) oraz sposób jego wysiewu (rzutowo, startowo) nie różnicowały procentu wczeszych roślin przez cały okres trwania wscho-

dów kukurydzy. Należy jednak zauważyć, że sposób nawożenia wpływał na tempo wschodów różnie w zależności od roku. W dwóch latach, w których podczas wschodów panowały wysokie temperatury (średnie t dla I dekady maja $16,6^{\circ}\text{C}$ i $18,0^{\circ}\text{C}$) przy jednocześnie niskiej zawartości wody w glebie, korzystniej na wschody kukurydzy wpływał rzutowy sposób wysiewu nawozu. Natomiast w dwóch latach chłodniejszych (średnie t dla I dekady maja $15,3^{\circ}\text{C}$ i $15,6^{\circ}\text{C}$) i przy wyższej zawartości wody w glebie większą liczbę weszłych roślin na jednostce powierzchni stwierdzono w obiektach z nawożeniem startowym. Występujące w poszczególnych latach różnice w procencie weszłych roślin w kolejnych dniach wschodów uzależnione od sposobu nawożenia ulegały zatarciu w miarę postępu wegetacji, aż do całkowitego wyrównania procentu wschodów. W konsekwencji ostateczna obsada roślin po wschodach była niemal w 100% równa zakładanej, a żaden z badanych czynników jej nie różnicował. Jedynie zastosowanie mocznika w największej dawce $130\text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ istotnie obniżyło obsadę roślin na 1 m^2 po wschodach zarówno w stosunku do mniejszych dawek mocznika, jak i największej dawki saletry amonowej i hydrofoski 21.

LITERATURA

1. D u b a s A., D u h r E.: Wpływ sposobu nawożenia fosforem na plonowanie kukurydzy. Pam. Puł., 1983, 81: 131-139.
2. E g h b a l l B., B a n d e r D.H.: Phosphorus fertilizer solution distribution in the band as affected by application variables. Soil Sci. Soc. Am. J., 1987, 51: 1350-1354.
3. E l - H a m d i K.H., W o o d a r d H.J.: Response of early corn growth to fertilizer phosphorus rates and placement methods. J. Plant Nutr., 1995, 18(6): 1103-1120.
4. G r z e b i s z W., G a ł a Z.: Zmiany w technice nawożenia roślin uprawnych – podstawy teoretyczne i możliwe rozwiązania praktyczne. VI Międzynarodowe Sympozjum: Ekologiczne aspekty mechanizacji, nawożenia, ochrony roślin i uprawy gleby, IBMER – Warszawa, Mat. Konf., 1999, 59-68.
5. L u S., M i l l e r M.H.: Determination of the most efficient phosphorus placement for field-grown maize (*Zea mays* L.) in early growth stages. Can. J. Soil Sci., 1993, 73: 349-358.
6. M a s c a g n i J.H., B o q u e t J.D.: Starter fertilizer and planting date effects on corn rotated with cotton. Agron. J., 1996, 88: 975-981.
7. M e n g e l K., K i r k b y A.E.: Podstawy żywienia roślin. PWRiL, Warszawa, 1983.
8. N y b o r g M., H e n n i g A.M.F.: Field experiments with different placement of fertilizers for barley, ax and rape-seed. Can. J. Soil Sci., 1969, 49: 79-90.
9. R a u n R.W., B a r r e t o J.H.: Regional maize yield response to applied phosphorus in Central America. Agron. J., 1995, 87: 208-213.
10. R h o a d s F.M., W r i g h t D.L.: Root mass as a determinant of corn hybrid response to starter fertilizer. J. Plant Nutr., 1998, 21(8): 1743-1751.
11. S l e i g h t D.M., S a n d e r D.H., P e t e r s o n G.A.: Effect of fertilizer phosphorus placement on the availability of phosphorus. Soil Sci. Soc. Am. J., 1984, 48: 336-340.
12. T l u s t o s P., B a l i k J., P a v l i k o v a D., V a n e k V.: Vyuziti dusiku kukurici po lokalni aplikaci siaranu amonneho. Rostl. Vyr., 1997, 43(1): 13-18.
13. V a n D i j k W., B r o u w e r G.: Nitrogen recovery and dry matter production of silage maize as affected by subsurface application of mineral nitrogen fertilizer. Netherland J. Agric. Sci., 1998, 46(2): 139-155.

THE INFLUENCE OF STARTER FERTILIZATION WITH NITROGEN FERTILIZERS
AND WITH A MULTI-COMPONENT FERTILIZER ON THE RATE OF MAIZE EMERGENCE

Summary

On the basis of results of a 4-year study in 2000–2003, the effect of maize fertilization method on the dynamic of its emergence was evaluated. Two methods of fertilization were applied: broadcasting before sowing and band application (starter fertilization) at the time of sowing. The effectiveness of fertilization methods was studied by increasing the fertilization doses from 25 kg N·ha⁻¹ to 130 kg N·ha⁻¹ and by the application of urea (46% N) and ammonium nitrate (34% N) and hydrofoska 21 (21% N, 8% P₂O₅, 11% K₂O, 2% MgO).

It was found that neither the amount of nitrogen dose, kind of fertilizer nor the fertilization methods influenced emergence rate of the maize. The fertilization method-dependent differences in the plant emergence rate observed in particular years and during emergence itself were dispelled as the vegetation advanced. As a result, the final plant density after emergence was the highest and none of studied factors differentiated it. Application of urea at the highest dose of 130 kg N·ha⁻¹ decreased significantly plant density after emergence as compared to lower doses of urea, ammonium nitrate and hydrofoska 21 applied at the same dose.

Praca wpłynęła do Redakcji 13 X 2004 r.