

ALEKSANDER SZMIGIEL**ANDRZEJ OLEKSY**

Akademia Rolnicza w Krakowie

Wpływ gęstości siewu na plon ziarna odmian kukurydzy o różnej klasie wczesności

The influence of sowing density on grain yield of maize in different classes of earliness

Doświadczenia polowe nad wpływem gęstości siewu na plon ziarna kukurydzy wykonano na glebie kompleksu pszennego bardzo dobrego. Do badań wykorzystano 3 odmiany kukurydzy; odmianę wczesną Esslia (FAO-190), średnio wczesną KLG 2210 (FAO-230) i średnio późną Mona (FAO-270). Kukurydzę wysiewano w trzech gęstościach: 90, 110 i 130 tys. szt. ziaren na ha. Nawożenie mineralne w ilości 70 kg P_2O_5 , 90 kg K_2O i 80 kg $N \cdot ha^{-1}$ stosowano przed siewem, pogłównie stosowano 40 kg $N \cdot ha^{-1}$. Kukurydzę wysiewano ręcznie w międzyrzędzia o szerokości 70 cm. Chwasty zwalczano herbicydem Azoprim powstosodowo. Zbiór wykonano corocznie w ostatnich dniach września. Obsada roślin w czasie zbioru wynosiła średnio dla gęstości siewu 90 tys. — 82,2 tys. szt. ha^{-1} , dla gęstości 110 tys. — 100,0 tys. szt. ha^{-1} i dla gęstości 130 tys. — 113,8 tys. szt. ha^{-1} . Zawartość wody w ziarnie w czasie zbioru w pierwszych 2 latach wynosiła średnio około 35%, w roku 1999 była znacznie niższa i wynosiła dla odmiany wczesnej 22,1% a dla średnio późnej 29,9%. W warunkach prowadzonych badań zwiększenie gęstości siewu powodowało wzrost plonu ziarna w granicach od 7,79 do 10,27 t z ha w zależności od odmiany, w mniejszym stopniu na plon ziarna kukurydzy wpływał przebieg pogody w poszczególnych latach. Zawartość białka w ziarnie wahała się od 9,42% do 11,48% w zależności od badanych czynników.

Słowa kluczowe: gęstość siewu, kukurydza, odmiany, plon ziarna.

The field experiments on the influence of sowing density on grain yield of maize were carried out on a very good wheat type complex soil. Three maize cultivars were used for the investigation: early Esslia (FAO-190), medium-early KLG 2210 (FAO-230) and medium-late Mona (FAO-270). The maize was sown in three densities: 90, 110 and 135 thousand grains per ha. Mineral treatment dosed: 70 kg P_2O_5 , 90kg K_2O and 80 kg $N \cdot ha^{-1}$ was applied prior to sowing and 40kg $N \cdot ha^{-1}$ as topdressing. The maize was hand sown with the interrows 70 cm wide. Weeds were controlled using the Azoprim herbicide after emergence. The plants were harvested in the last days of September every year. Plant density during harvest, for the average sowing density 90 thous; was 82.2 thous. pcs. ha^{-1} , for sowing density 110 thous. was 100.0 thous. pcs. ha^{-1} and for 135 thous; density 113.8 thous. pcs. ha^{-1} . The grain water content at harvest was on an average about 35%. It was much lower in 1999, in the early variety amounted 22.1% and in medium-late 29.9%. Under the experimental conditions, increasing sowing density caused higher grain yields ranging between 7.79 and 10.27 t per ha, depending on cultivar. Weather course in the respective years affected the maize grain yield to a lesser degree. Protein content in grain ranged between 9.42% and 11.48% depending on the studied factors.

Key words: cultivars, grain yield, maize, sowing density

WSTĘP

Spośród wielu czynników decydujących o plonie ziarna kukurydzy jednym z ważniejszych jest gęstość siewu i związana z nią obsada roślin. Od zagęszczenia roślin zależne jest ich zaopatrzenie w składniki pokarmowe, wodę a także ilość światła przypadająca na 1 roślinę, a tym samym natężenie fotosyntezy i w rezultacie — plon ziarna (Nösberger, 1971; Jeśmanowicz i Ruszkowski, 1981). Wybór optymalnej obsady roślin wymaga uwzględnienia szeregu czynników, takich jak warunki glebowe, klimatyczne, zwłaszcza ilość opadów, wczesność odmiany i inne czynniki (Vez, 1974; Voldeng i Bloukman, 1975; Kukuła i in., 1978; Majkowski i in., 1980; Jeśmanowicz i Ruszkowski, 1981; Dubas i Michalski, 1983; Kruczek, 1983; Dubas, 1988; Sulewska, 1990; Machul i Małysiak, 1993). Ponadto wraz ze zwiększeniem gęstości siewu obniżeniu ulega rzeczywista obsada roślin na jednostce powierzchni (Jeśmanowicz i Ruszkowski, 1981; Machul i Małysiak, 1993).

Na glebach bardzo dobrych, żyznych, w dobrych warunkach wilgotnościowych należy siać gęściej, na glebach słabszych w rejonach o mniejszych opadach zaleca się siewy rzadsze (Vez, 1974; Machul i in., 1983).

Wielu autorów podaje, że odmiany wcześniejsze lepiej plonują uprawiane w wyższej obsadzie a odmiany o dłuższym okresie wegetacji w mniejszym zagęszczeniu.

Obecnie zalecana obsada roślin kukurydzy uprawianej na ziarno waha się od 70 do 120 tys. szt.·ha⁻¹ w zależności od klasy wczesności i warunków uprawy (Dubas, 1988).

METODY I WARUNKI BADAŃ

Doświadczenie polowe prowadzono na glebie kompleksu pszennego bardzo dobrego w latach 1997–1999 w Stacji Doświadczalnej Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin AR w Prusach koło Krakowa. Badanymi czynnikami były 3 odmiany kukurydzy uprawiane na ziarno: odmiana wczesna — Esslia, średnio wczesna — KLG 2210 i średnio późna — Mona. Czynnikiem II rzędu były 3 gęstości siewu: 90, 110 i 130 tys. szt. ziaren·ha⁻¹. Doświadczenie prowadzono metodą podbloków w 4 powtórzeniach. Wielkość poletek do zbioru wynosiła 14 m². Kukurydzę uprawiano po przedplonie zbożowym. Nawożenie mineralne w ilości 70 kg P₂O₅, 90 kg K₂O i 80 kg N·ha⁻¹ zastosowano przedsięwzięcie. Ponadto pogłównie zastosowano 40 kg N·ha⁻¹. Kukurydzę wysiewano w poszczególnych latach 28.04, 29.04 i 30.04, punktowo ręcznie w rzędy o szerokości 70 cm w odległościach dających zaplanowaną ilość wysiewu. Chwasty zwalczano herbicydem Azoprim powschodowo. Zbiór kolb wykonywano ręcznie w fazie dojrzałości pełnej ziarna w 3 dekadzie września. Po usunięciu liści okrywowych i dosuszeniu kolb wykonano omłot. Zawartość białka w ziarnie określono metodą Kjeldahla.

Przebieg pogody w okresie prowadzenia badań był zróżnicowany. Rok 1997 obfitował w opady, suma opadów za okres wegetacji kukurydzy była znacznie większa od średniej dla wielolecia. W roku tym po siewie kukurydzy w odstępach kilkudniowych wystąpiły opady, a średnia temperatura powietrza była wyższa od przeciętnej dla tego miesiąca, co

sprzyjało wschodom kukurydzy. Czerwiec i lipiec tego roku charakteryzowały się częstymi i ulewnymi opadami. W początkowym okresie wegetacji kukurydzy 1999 roku obserwowano niedobory opadu. W maju tegoż roku suma opadów była niższa o prawie 63% od średniej wieloletniej dla tego miesiąca. Lipiec i wrzesień 1999 roku były bardzo ciepłe, średnia temperatura powietrza była wyższa od przeciętnych odpowiednio o 2,5°C i 2,8°C.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Obsada roślin kukurydzy w czasie zbioru wynosiła od 70,2 tys. szt. $\cdot$ ha⁻¹ do 125,5 tys. szt. $\cdot$ ha⁻¹ w zależności od czynników doświadczenia i lat badań (tab. 1).

Tabela 1

Wpływ gęstości siewu na obsadę roślin w czasie zboru
Effect of sowing rate on plant density at harvest

Odmiana Cultivar	Gęstość siewu (tys. szt. $\cdot$ ha ⁻¹) Density of sowing (thous. pcs. $\cdot$ ha ⁻¹)	Obsada roślin (tys. szt. $\cdot$ ha ⁻¹) Plant density (thous. pcs. $\cdot$ ha ⁻¹)			
		1997	1998	1999	średnio mean
Esslia	90	87,1	88,3	76,1	83,8
	110	104,5	106,3	94,8	101,9
	130	124,1	119,8	107,8	117,2
	średnio — mean	105,2	104,8	92,9	101,0
KLG 2210	90	85,9	74,0	70,2	76,7
	110	105,7	91,2	85,2	94,0
	130	120,5	99,3	91,8	103,9
	średnio — mean	104,0	88,2	82,4	91,5
Mona	90	88,0	88,1	82,1	86,1
	110	107,1	106,2	98,8	104,0
	130	125,5	124,0	111,3	120,3
	średnio — mean	106,9	106,1	97,4	103,5
Średnio Mean	90	87,0	83,5	76,1	82,2
	110	105,8	101,2	92,9	100,0
	130	123,4	114,4	103,6	113,8
Średnio dla lat Mean for years		105,4	99,7	90,9	—
NIR _{$\alpha = 0,05$} dla:					
LSD _{$\alpha = 0,05$} for:					
odmian cultivars	5,26				
gęstości density	4,83				
lat years	5,07				

Największy wpływ na obsadę roślin w czasie zbioru wywierała gęstość siewu. W warunkach prowadzonych badań średnia obsada roślin w czasie zbioru za okres 3 lat była bardzo bliska do obsady teoretycznej. Założono bowiem, że obsada roślin w czasie zbioru będzie niższa o około 10% w stosunku do ilości wysiewu. Jedynie stosując największą gęstość siewu 130 tys. szt. $\cdot$ ha⁻¹ obsada roślin w czasie zbioru była niższa o 12,5% w stosunku do

ilości wysianych nasion. Obniżenie rzeczywistej obsady roślin wyrażonej w procentach obsady zaplanowanej wraz ze zwiększeniem gęstości siewu obserwowali Kukuła i wsp. (1978), Dubas i Michalski (1983), oraz Szmigiel (1998 i 1999). Najwyższa obsada roślin w czasie zbioru miała miejsce w roku 1997, w roku tym obsada była niższa o 3,3–5,1% w stosunku do ilości wysiewu. W roku tym siewu dokonano w glebę wilgotną a po siewie w odstępach kilkudniowych wystąpiły opady. W roku 1999 polowe wschody były najgorsze, co wiązało się z niedoborem wody w okresie siewu, jak i w całym późniejszym okresie wegetacji kukurydzy. Co spowodowało, że również ubytki roślin od wschodów do zbioru były w tym roku większe. W roku 1999 różnica między ilością wysianych nasion a obsadą roślin w czasie zbioru wynosiła od 13,9 do 26,4 tys. szt. $\cdot$ ha⁻¹ to jest 15,4–20,3%. Jak podają Dubas (1988), Sulewska (1990) oraz inni autorzy dla uzyskania zamierzonej obsady roślin w czasie zbioru liczba wysianych nasion powinna być wyższa o 5–15%.

Plon ziarna kukurydzy wynosił od 7,15 do 10,65 t $\cdot$ ha⁻¹ w zależności od czynników badań i lat (tab. 2).

Tabela 2

Plon ziarna odmian kukurydzy w zależności od gęstości siewu (t $\cdot$ ha⁻¹)
Grain yield of maize cultivars depending on sowing rate (t $\cdot$ ha⁻¹)

Odmiana Cultivar	Gęstość siewu (tys. szt. $\cdot$ ha ⁻¹) Density of sowing (thous. pcs. $\cdot$ ha ⁻¹)	1997	1998	1999	Średnio Mean
Esslia	90	7,90	7,15	8,31	7,79
	110	8,73	8,22	9,34	8,76
	130	9,30	8,76	9,86	9,31
	średnio — mean	8,64	8,04	9,17	8,62
KLG 2210	90	9,73	7,54	8,49	8,59
	110	9,11	8,59	9,04	8,91
	130	9,88	8,83	9,34	9,35
	średnio — mean	9,57	8,32	8,96	8,95
Mona	90	9,16	8,86	10,01	9,34
	110	9,36	9,35	10,27	9,66
	130	10,25	9,87	10,65	10,27
	średnio — mean	9,59	9,36	10,31	9,75
Średnio Mean	90	8,93	7,85	8,93	8,57
	110	9,07	8,72	9,55	9,11
	130	9,81	9,15	9,95	9,64
Średnio dla lat Mean for years		9,27	8,57	9,48	—
NIR _{α = 0,05} dla:					
LSD _{α = 0,05} for:					
odmian cultivars	0,410				
gęstości density	0,334				
lat years	0,478				

Spośród trzech badanych odmian najlepiej plonowała odmiana Mona, której plon ziarna był wyższy o 0,80 t $\cdot$ ha⁻¹ w porównaniu z odmianą KLG 2210 i o 1,13 t $\cdot$ ha⁻¹ w stosunku do odmiany Esslia. Jak podają Dubas (1988), Michalski i wsp. (1996) i Szmigiel (1998, 1999)

odmiany kukurydzy o dłuższym okresie wegetacji plonują lepiej jeżeli są sprzyjające warunki termiczne. W przeprowadzonych badaniach zwiększenie gęstości siewu z 90 do 110 i 130 tys. szt. ziaren na hektar powodowało wzrost plonu ziarna z 8,57 do 9,11 i 9,64 t·ha⁻¹, co w liczbach względnych stanowi wzrost o 6,3% i 12,5%. Natomiast obsada roślin zwiększyła się wraz ze zwiększeniem gęstości siewu o 21,2% i 38,4%. Nieproporcjonalny przyrost plonu ziarna w porównaniu ze wzrostem obsady roślin w czasie zbioru należy tłumaczyć nasileniem się konkurencji między roślinami o wodę, składniki pokarmowe oraz światło (Jeśmanowicz i Ruszkowski, 1981; Sulewska, 1990; Szeleźniak, 1991; Szmigiel, 1999). W wyniku tej konkurencji następuje zmniejszenie liczby ziaren z jednej kolby oraz masy 1000 ziaren. Taką prawidłowość zaobserwowano w przeprowadzonych badaniach (tab. 4). Różnice w liczbie ziaren w kolbach i masie 1000 ziaren wystąpiły między badanymi odmianami. Odmiany późniejsze, lepiej plonujące, odznaczały się większą ilością ziaren w kolbach oraz wyższą masą 1000 ziarniaków. Wyniki te są zgodne z rezultatami badań innych autorów (Vez, 1974; Kukuła i in., 1978; Machul i in., 1983; Cox, 1996; Oleksy i Szmigiel, 2001).

Tabela 3

Wilgotność ziarna kukurydzy (%) podczas zbioru
Moisture content of maize grain (%) at harvest

Wyszczególnienie Item	1997	1998	1999	Średnio Mean
Odmiana: Cultivar:				
Esslia	32,5	33,9	22,1	29,5
KLG 2210	35,1	35,1	24,9	31,7
Mona	36,6	36,5	29,9	34,4
Gęstość siewu (tys. szt.·ha ⁻¹) Sowing rate (thous. pcs.·ha ⁻¹)				
90	34,0	34,4	25,9	31,4
110	35,0	35,4	25,6	32,0
130	35,2	35,7	25,5	32,1
Średnio Mean	34,7	35,0	25,6	—
NIR _{α = 0,05} dla: LSD _{α = 0,05} for:				
odmian cultivars	1,84			
gęstości density	r.n–n.s.			
lat years	2,11			

Zawartość wody w ziarnie kukurydzy wynosiła od 21,9% do 37,7% w zależności od przebiegu pogody, odmiany i obsady roślin (tab. 3). Suche ziarno zebrano w 1999 roku (średnia wilgotność 25,6%) był to rok, w którym ilość opadu w ostatnich 2 miesiącach (sierpień, wrzesień) wegetacji kukurydzy była niższa od przeciętnych dla tych miesięcy a średnia temperatura powietrza we wrześniu, a więc w miesiącu zbioru kukurydzy była wyższa od średniej wieloletniej tego miesiąca o blisko 3°C. Odmiany późniejsze

odznaczały się większą wilgotnością ziarna w czasie zbioru, natomiast gęstość siewu nie wpływała w sposób istotny na zawartość wody w ziarnie. Uzyskane rezultaty są zgodne z wynikami badań innych autorów (Dubas i Michalski, 1983; Szmigiel, 1999).

Tabela 4

Liczba ziaren w kolbie oraz masa 1000 ziaren w zależności od odmiany i gęstości siewu
Number of grains per cob and 1000 grain weight, depending on cultivar and sowing rate

Odmiana Cultivar	Gęstość siewu (tys. szt.·ha ⁻¹) Density of sowing (thous. pcs.·ha ⁻¹)	Liczba ziaren w kolbie Number of grains per cob	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight (g)
Esslia	90	355	287
	110	348	281
	130	344	277
Średnio Mean		349	282
KLG 2210	90	434	305
	110	431	298
	130	405	286
Średnio Mean		423	296
Mona	90	457	317
	110	448	305
	130	419	293
Średnio Mean		441	305
Średnio Mean	90	415	303
	110	409	295
	130	389	285
NIR _{α = 0,05} dla: LSD _{α = 0,05} for:			
odmian cultivars		12,6	8,8
gęstości density		8,3	7,1

Zwartość białka w ziarnie kukurydzy uzależniona była od odmiany i gęstości siewu, nie wystąpiły natomiast istotne różnice w zawartości białka w poszczególnych latach (tab. 5). Najwyższą zawartością białka w ziarnie odznaczała się odmiana Esslia, nieznacznie niższą KLG 2210, a najniższą średnio późna odmiana Mona. Obniżenie zawartości białka w ziarnie wraz ze zwiększeniem gęstości siewu i związanej z tym obsady roślin było podobne do stwierdzonego przez Kruczka (1983) oraz innych wcześniejszych badań autora (Szmigiel, 1999).

Przeprowadzone badania wskazują na duże możliwości uzyskania wysokiego plonu ziarna kukurydzy w pobliżu Krakowa, w rejonie o najniższej w kraju bonitacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej. W warunkach tych dobrze plonującą jest średnio późna odmiana Mona. Aby uzyskać wysoki plon ziarna na glebie kompleksu pszennego bardzo dobrego (czarnoziem) wskazana jest obsada roślin w czasie zbioru wynosząca ponad 100 do 120 tys. roślin·ha⁻¹ w czasie zbioru.

Tabela 5

Zawartość białka w ziarnie kukurydzy (w % s.m.)
Protein content in maize grain (in % d.m.)

Wyszczególnienie Item	1997	1998	1999	Średnio Mean
Odmiana: Cultivar:				
Esslia	10,45	10,58	10,65	10,56
KLG 2210	10,86	10,22	10,25	10,45
Mona	9,55	9,69	10,10	9,78
Gęstość siewu (tys. szt.·ha ⁻¹) Sowing rate (thous. pcs.·ha ⁻¹)				
90	10,62	10,34	10,67	10,54
110	10,02	10,18	10,33	10,18
130	10,22	9,96	10,00	10,06
Średnio Mean	10,29	10,16	10,33	—
NIR _{α = 0,05} dla: LSD _{α = 0,05} for:				
odmian cultivars	0,221			
gęstości density	0,193			
lat years	r.n—n.s.			

WNIOSKI

1. W warunkach prowadzonych badań najlepiej plonowała średnio późna odmiana Mona, średnio 9,75 t·ha⁻¹. Plon ziarna średnio wczesnej odmiany KLG 2210 i wczesnej Esslia był istotnie niższy.
2. Najwyższy plon ziarna wszystkich odmian uzyskano stosując wysiew w ilości 130 tys. szt. nasion·ha⁻¹ i obsadzie roślin w czasie zbioru ponad 110 tys. szt.·ha⁻¹.
3. Zwiększenie gęstości siewu i obsady roślin wpłynęło na zmniejszenie liczby ziaren w kolbach i obniżenie masy 1000 ziaren.
4. Zawartość wody w ziarnie w czasie zbioru wynosiła od 21,9% do 37,7% w zależności od przebiegu pogody i odmiany. Gęstość siewu nie wpłynęła w sposób istotny na wilgotność ziarna.
5. Najwyższą zawartością białka w ziarnie odznaczała się odmiana Esslia, a najniższą odmiana Mona. Wzrost gęstości siewu powodował obniżenie zawartości białka w ziarnie.

LITERATURA

- Cox W. J. 1996. Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. Agron. J. 88: 489 — 496.
- Dubas A. 1988. Obsada roślin a produktywność kukurydzy. Mat. Konf. „Obsada a produktywność roślin uprawnych”. Cz. I. IUNG Puławy: 112 — 120.

- Dubas A., Michalski T. 1983. Wpływ gęstości siewu na plonowanie odmian kukurydzy uprawianych na ziarno. Pam. Puł. 81: 49 — 60.
- Jeśmanowicz A., Ruskowski M. 1981. Wpływ terminu i gęstości siewu na produktywność kilku mieszańców kukurydzy uprawianych na ziarno. Pam. Puł. 75: 133 — 147.
- Kruczek A. 1983. Wpływ nawożenia azotem na plony ziarna kukurydzy w zależności od odmiany i gęstości siewu. Pam. Puł. 81: 105 — 118.
- Kukuła S., Machul M., Pasek B. 1978. Wpływ nawożenia azotem i gęstości siewu na plonowanie mieszańców kukurydzy. IUNG Puławy, R 132: 3 — 13.
- Machul M., Kukuła S., Małysiak B. 1983. Produktywność mieszańców kukurydzy na glebach różnych kompleksach przydatności rolniczej w zależności od zagęszczenia roślin. Pam. Puł. 81: 61 — 75.
- Machul M., Małysiak B. 1993. Plonowanie kukurydzy uprawianej na kiszonkę z całych roślin, kiszonkę z kolb (CCM) i na ziarno w zależności od obsady roślin. Pam. Puł. 102: 91 — 104.
- Majkowski K., Wróbel E., Budzyński W., Maciejewski W. 1980. Wpływ zróżnicowanego nawożenia mineralnego i ilości wysiewu na plonowanie mieszańców kukurydzy. Zesz. Nauk. AR-T Olsztyn, Rol., 30: 201 — 209.
- Michalski T., Sulewska H., Waligóra H., Dubas A. 1996. Reakcja odmian kukurydzy uprawianej na ziarno na zmienne warunki pogodowe. Rocz. Nauk Rol., ser. A, t. 112, z. 1/2: 103 — 111.
- Nösberger J. 1971. Einfluss der Bestandesdichte auf die Ertragsbildung bei Mais. Zeit. Acker-u. Pflanzenbaum 133/ 3: 215 — 232.
- Oleksy A., Szmigiel A. 2001. Plonowanie odmian kukurydzy uprawianej na ziarno w warunkach Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Zesz. Nauk. AR w Krakowie 383, Rol. 38: 49 — 59.
- Sulewska H. 1990. Kształtowanie się plonów kukurydzy pod wpływem zmiennego rozmieszczenia roślin. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Wyd. Nauk Rol. i Leśn. 64: 143 — 151.
- Szeleźniak E. 1991. Kształtowanie się powierzchni liściowej kukurydzy w zależności od obsady roślin. Fragm. Agron. 2: 141 — 149.
- Szmigiel A. 1998. Wpływ kierunku rzędów względem stron świata I rozmieszczenia roślin na plon ziarna kukurydzy. Zesz. Nauk. AR w Krakowie. 330/ 54: 239 — 244.
- Szmigiel A. 1999. Wpływ kierunku rzędów oraz gęstości siewu na plon i zawartość białka w ziarnie kukurydzy. Rocz. Nauk Rol. ser. A, 114, 1/ 2: 195 — 204.
- Vez A. 1974. Influence de la densité de semis sur les rendements du maïs grain. Rev. Suisse Agric. 6/ 2: 43 — 47.
- Voldeng H. D., Bloukman G. E. 1975. Interaction between genotype and density on the yield components of *Zea mays*. II. Grain production. J. Agric. Sci. 84, 1: 61 — 74.