

Wpływ czynników agrotechnicznych na skład chemiczny ziarna kukurydzy

Piotr Szulc^{a*}, Waldemar Zielewicz^a, Ewa Abramczyk^a, Agnieszka Klarzyńska^a, Rafał Nowaczyk^b

^aUniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

^bPolowa Stacja Doświadczalna w Winnej Górze Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Szlachcin

Article info

Data przyjęcia: 03.06.2022

Data akceptacji: 22.08.2022

Keywords

kukurydza
nawożenie mineralne
skład chemiczny ziarna kukurydzy

Celem pracy była ocena składu chemicznego ziarna kukurydzy w zależności od głębokości aplikacji nawozu NP., rodzaju nawozu azotowego oraz terminu aplikacji dodatkowej dawki azotu. Wykazano, że żaden z badanych czynników doświadczenia w istotny sposób nie różnicował składu chemicznego ziarna kukurydzy. Stosowanie saletry amonowej w uprawie kukurydzy w fazie BBCH 15/16 zwiększa w istotny sposób zawartość fosforu, potasu i magnezu w ziarnie, w porównaniu do aplikacji przed siewem kukurydzy. W przypadku mocznika termin stosowania uzupełniającej dawki azotu nie ma istotnego wpływu na skład chemiczny ziarna.

The aim of this study was to evaluate the chemical composition of maize grain depending on the depth of NP fertilizer application, the type of nitrogen fertilizer, and the date of application of an additional dose of nitrogen. It was shown that none of the experimental factors significantly differentiated the chemical composition of maize grain. Application of ammonium nitrate in corn cultivation at the stage BBCH 15/16 significantly increased the content of phosphorus, potassium, and magnesium in grain, compared to the application before sowing corn. In the case of urea, the date of application of the supplemental nitrogen dose has no significant effect on the chemical composition of grain.

Artykuł udostępniony na licencji CC BY 4.0:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>

1. Wstęp

Wzrost zainteresowania uprawą kukurydzy na ziarno w Polsce spowodowany jest wieloma przyczynami, a między innymi zwiększeniem opłacalności produkcji przy jednoczesnym spadku opłacalności uprawy innych gatunków, ograniczeniem importu ziarna oraz jednoczesnym wzroście popytu krajowego. Ponadto sprzyja temu poprawa sytuacji organizacyjnej i ekonomicznej gospodarstw, racjonalne nawożenie mineralne [1], przebieg warunków pogodowych sprzyjających plonowaniu kukurydzy oraz łatwość jej uprawy [2]. Kukurydza zaliczana jest do gatunków, których

znaczenie gospodarcze w ostatnich latach znacznie wzrosło [3]. Roślina ta wykorzystywana jest na cele spożywcze, pastewne, czy jako surowiec energetyczny i przemysłowy [4]. Ziarno jest wykorzystywane do produkcji mąki kukurydzianej, kaszy, wyrobu płatków kukurydzianych czy do przemysłu browarniczego oraz do wytwarzania skrobi dla przemysłu spożywczego. Gatunek ten również znalazł zastosowanie w przemyśle fermentacyjnym i gorzelniczym do produkcji alkoholu spożywczego, w przemyśle energetycznym do produkcji biogazu, w przemyśle papierniczym oraz budowlanym. Nowe, intensywne odmiany nie ujawniają swoich możliwości produkcyjnych przy

* Autor do korespondencji: piotr.szulc@up.poznan.pl

niskim poziomie agrotechniki i braku systematycznej wymiany materiału siewnego [5]. Szacuje się, że w praktyce rolniczej potencjał plonotwórczy odmian kukurydzy wykorzystany jest w około 50-60%. Jedną z przyczyn takiego stanu jest brak sprawnie funkcjonującego systemu upowszechnienia wiedzy i doradztwa rolniczego w kraju.

W związku z powyższym celem badań było określenie wpływu zróżnicowanej głębokości aplikacji nawozu NP na zawartość składników pokarmowych w ziarnie kukurydzy w zależności od rodzaju nawozu azotowego oraz terminu aplikacji uzupełniającej dawki N.

2. Metodyka badań

Doświadczenie polowe wykonano w Katedrze Agromonomii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, na polach Zakładu Dydaktyczno-Doświadczalnego Gozryń w latach 2015-2018. Prowadzono je przez 4 lata w tym samym schemacie w układzie bloków losowanych (split-split-plot) z trzema czynnikami w 4 powtórzeniach polowych.

Badano następujące zmienne:

A – czynnik 1. rzędu – głębokość wysiewu nawozu NP:

A1 – 0 cm (nawożenie rzutowe),

A2 – 5 cm (rzędowe),

A3 – 10 cm (rzędowe),

A4 – 15 cm (rzędowe).

B – czynnik 2. rzędu – rodzaj uzupełniającego nawozu azotowego:

B1 – saletra amonowa,

B2 – mocznik.

C – czynnik 3-go rzędu – termin wysiewu uzupełniającej dawki azotu:

C1 – przed siewem,

C2 – pogłównie w fazie BBCH 15/16.

Na wszystkich obiektach doświadczalnych stosowano jednakowy poziom nawożenia w wysokości 100 kg N·ha⁻¹, 70 kg P₂O₅·ha⁻¹ i 130 kg K₂O·ha⁻¹. Nawożenie bilansowano względem fosforu, który w całości w wymaganej dawce zastosowano w formie fosforanu amonu pod handlową nazwą polidap NP (18% N, 46% P₂O₅), zgodnie ze schematem w ramach czynnika 3 rzędu. Nawożenie N i K wykonano przed siewem kukurydzy w formie mocznika (46% N) oraz soli potasowej (60%). Dawkę N pomniejszono o ilości azotu wnoszonego w polidapie. Redlice nawozowe (na obiektach z nawożeniem startowym) ustawiono 5 cm w bok od nasion. Głębokość aplikacji nawozu NP została wykonana zgodnie z poziomami czynnika 1 rzędu.

Siew kukurydzy wykonano siewnikiem punktowym, z nabudowanym aplikatorem nawozów granulowanych. Zakładana obsada roślin w latach prowadzenia badań wynosiła 7,95 szt.m⁻², przy rozstawie międzyrzędzi 70 cm i głębokości siewu 4-5cm. Wielkość poletka brutto 24,5 m² (długość 8,75 m, szerokość 2,8 m.). Powierzchnia poletka netto do przeprowadzenia obserwacji wynosiła 12,25 m².

Tab. 1. Schemat nawożenia azotowego

Lp.	Głębokość aplikacji nawozu NP	Rodzaj nawozu azotowego	Termin wysiewu, uzupełnienia dawki N kg·ha ⁻¹		Ogólna dawka N kg·ha ⁻¹
			przed siewem	faza 5-6 liści BBCH 15/16	
1	0 cm	saletra amonowa	72,6	-	27,4+72,6=100
2	0 cm	saletra amonowa	-	72,6	27,4+72,6=100
3	0 cm	mocznik	72,6	-	27,4+72,6=100
4	0 cm	mocznik	-	72,6	27,4+72,6=100
5	5 cm	saletra amonowa	72,6	-	27,4+72,6=100
6	5 cm	saletra amonowa	-	72,6	27,4+72,6=100
7	5 cm	mocznik	72,6	-	27,4+72,6=100
8	5 cm	mocznik	-	72,6	27,4+72,6=100
9	10 cm	saletra amonowa	72,6	-	27,4+72,6=100
10	10 cm	saletra amonowa	-	72,6	27,4+72,6=100
11	10 cm	mocznik	72,6	-	27,4+72,6=100
12	10 cm	mocznik	-	72,6	27,4+72,6=100
13	15 cm	saletra amonowa	72,6	-	27,4+72,6=100
14	15 cm	saletra amonowa	-	72,6	27,4+72,6=100
15	15 cm	mocznik	72,6	-	27,4+72,6=100
16	15 cm	mocznik	-	72,6	27,4+72,6=100
17		Obiekt kontrolny bez N i P			0 kg N·ha ⁻¹ 0 kg P ₂ O ₅ ·ha ⁻¹

Charakterystyka warunków klimatycznych, jakie panowały w okresie prowadzenia badań polowych, oparta została na danych pochodzących ze stacji meteorologicznej należącej do Zakładu Doświadczalno-Dydaktycznego w Gorzynie. Warunki termiczne podczas wegetacji kukurydzy w latach prowadzenia badań były zbliżone do siebie i wynosiły średnio 15,2°C w roku 2015; 15,6°C w roku 2016; 14,2°C w roku 2017

oraz 16,6°C w roku 2018 (tab.2). Zdecydowanie większe różnice pomiędzy latami badań wystąpiły w sumie opadów atmosferycznych. Największą ich sumę odnotowano w roku 2017 (553,0 mm), natomiast najmniejszą sumę opadów atmosferycznych odnotowano w pierwszym i ostatnim roku badań: odpowiednio 279,3 mm oraz 230,3 mm (tab. 2).

Tab. 2. Średnia miesięczna temperatura powietrza i miesięczna suma opadów atmosferycznych dla sezonu wegetacyjnego

Lata	Temperatura [°C]							Średnia Suma
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
2015	9,3	13,9	16,9	20,1	23,4	15,2	8,2	15,2
2016	9,6	16,3	19,9	20,3	19	17,3	8,4	15,8
2017	7,3	13,7	17,4	18,0	18,9	13,3	10,6	14,2
2018	12,9	16,9	18,5	20,2	21,3	15,8	10,9	16,6
Lata	Opady [mm]							Średnia Suma
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
2015	17,6	27,2	66,6	85,4	35,4	28,1	19	279,3
2016	47,3	47,3	123,8	132,8	50,3	4,6	105	511,1
2017	40,6	56,8	68,2	168,0	82,0	45,6	91,8	553,0
2018	36,2	17,4	25,6	70,5	11,6	44,2	24,8	230,3

Przedplonem pod kukurydzą w każdym roku prowadzenia badań była pszenica ozima. Poszczególne

zabiegi uprawowe zostały wykonane zgodnie z przyjętym schematem w terminach zamieszczonych w tabeli 5.

Tab. 3. Zawartość składników pokarmowych i odczyn gleby przed założeniem doświadczenia w sezonach wegetacyjnych kukurydzy

Wyszczególnienie	Lata			
	2015	2016	2017	2018
P [mg P kg ⁻¹ sm gleby]	4,0	10,4	7,3	4,9
K [mg K kg ⁻¹ sm gleby]	11,1	9,7	10,8	11,6
Mg [mg Mg kg ⁻¹ sm gleby]	2,9	4,4	5,3	5,3
pH [w 1 mol dm ⁻³ KCl]	4,5	4,6	5,6	5,1

Tab. 4. Zawartość mikroskładników w glebie przed założeniem doświadczenia w sezonach wegetacyjnych kukurydzy

Wyszczególnienie	Lata			
	2015	2016	2017	2018
Cu [mg Cu kg ⁻¹ sm gleby]	2,1	2,3	2,6	1,7
Zn [mg Zn kg ⁻¹ sm gleby]	17,6	18,3	9,7	9,7
Mn [mg Mn kg ⁻¹ sm gleby]	249,0	260,0	90,0	170,0
Fe [mg Fe kg ⁻¹ sm gleby]	912,0	950,0	510,0	703,0

Tab. 5. Terminy (daty) wykonania zabiegów agrotechnicznych w latach 2015-2018

Rodzaj zabiegu	Lata			
	2015	2016	2017	2018
1. Orka głęboka (30 cm)*	5.XI*	9.XI*	26.X*	20.XI*
2. Włókovanie	9.III	1.IV	31.III	1.IV
3. Wysiew nawozów zgodnie ze schematem doświadczenia	16.IV	5.IV	20.IV	20.IV
4. Siew – siewnik punktowy z nabudowanym aplikatorem nawozów mineralnych	24.IV odmiana P7631	28.IV odmiana P7905	25.IV odmiana P7905	24.IV odmiana P7905
5. Stosowanie herbicydu	29.IV ¹	28.V ²	28.IV ³	25.IV ⁴
6. Uzupelnienie dawki azotu	25.V	23.V	1.VI	14.V
7. Zbiór kombajnem poletkowym	6.X	28.IX	17.X	3.IX

* – zabieg wykonany jesienią roku poprzedniego,

¹ – Lumax 537,5 SE (3,5 lha⁻¹),

² – Maister Power (1,5 lha⁻¹),

³ – Lumax 537,5 SE (3,5 lha⁻¹),

⁴ – Lumax 537,5 SE (3,5 lha⁻¹).

Analizę zawartości składników mineralnych w suchej masie roślin wykonano w laboratorium Katedry Agronomii UP w Poznaniu, według metod opisanych przez Gawęckiego [6]. Ponadto potas i wapń oznaczono w spektrofotometrze płomieniowym „Flapho 40”, a fosfor i magnez w kolorymetrze „Specol 11”.

3. Wyniki i dyskusja

Kukurydza jest rośliną o wszechstronnym wykorzystaniu w żywieniu zwierząt. Uprawiana w technologii ziarnowej może być użytkowana jako typowe zboże, ale może być też doskonałym źródłem pasz objętościowych dla przeżuwaczy. Omłócone i wysuszone ziarno jest paszą o największej koncentracji energii [7], stąd też jest ono niezbędne w produkcji pasz treściwych [8]. Wysoka wartość energetyczna ziarna kukurydzy wynika z dużej zawartości skrobi i tłuszczu oraz małej włókna surowego [9]. W badaniach własnych żaden z badanych czynników doświadczenia w istotny sposób nie wpłynął na zawartość składników pokarmowych w ziarnie kukurydzy (tab. 6). Zawartość fosforu w ziarnie kukurydzy w istotny sposób uzależnione było od współdziałania rodzaju nawozu azotowego i terminu stosowania uzupełniającej dawki azotu (tab. 7). W przypadku mocznika termin

stosowania dawki azotu nie miał istotnego wpływu na zawartość fosforu w ziarnie kukurydzy. Z kolei stosowanie saletry amonowej pogłównie skutkowało istotnym zwiększeniem zawartości tych składników pokarmowych w ziarnie kukurydzy, w porównaniu do aplikacji przedsiewnej. Zawartość potasu w ziarnie kukurydzy w istotny sposób uzależniona była od współdziałania rodzaju nawozu azotowego i terminu stosowania uzupełniającej dawki azotu (tab. 8). Stosowanie saletry amonowej, niezależnie od terminu aplikacji azotu nie miało istotnego wpływu na wartość tej cechy. Z kolei dla mocznika wpływ terminu stosowania uzupełniającej dawki azotu w istotny sposób różnicował zawartość potasu w ziarnie kukurydzy. Istotnie większą jego zawartość odnotowano dla terminu przedsiewnego. Zawartość magnezu w ziarnie kukurydzy w istotny sposób kształtowane było współdziałaniem rodzaju nawozu azotowego i terminu zastosowania uzupełniającej dawki azotu (tab. 9). Zastosowanie części dawki azotu w postaci saletry amonowej w fazie 5-6 liści (BBCH 15/16) skutkowało istotnym wzrostem tego składnika w ziarnie kukurydzy, w porównaniu do aplikacji przedsiewnej. Z mocznikiem termin zastosowania uzupełniającej dawki azotu nie miał istotnego wpływu na wartość omawianej cechy.

Tab. 6. Zawartość makroskładników w ziarnie kukurydzy [gkg⁻¹] (2015-2018)

Czynnik doświadczenia Poziomy czynnik		N	P	K	Mg	Ca
	0 cm (rzutowo)	14,42	2,78	3,51	0,90	0,17
Głębokość wysiewu nawozu NP	5 cm	14,69	2,81	3,25	0,90	0,22
	10 cm	14,59	2,92	3,56	0,89	0,24
	15 cm	14,64	2,92	3,44	0,91	0,21
NIR _{0,05}		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

Czynnik doświadczenia Poziomy czynnika		N	P	K	Mg	Ca
Rodzaj nawozu azotowego	saletra amonowa	14,60	2,88	3,47	0,89	0,20
	mocznik	14,57	2,83	3,41	0,91	0,22
NIR _{0,05}		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Termin uzupełnienia dawki azotu	przed siewem	14,45	2,82	3,45	0,89	0,20
	5-6 liści (BBCH 15/16)	14,62	2,90	3,43	0,91	0,22
NIR _{0,05}		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Średnia		14,57	2,85	3,44	0,90	0,21
Kontrola		12,85	2,58	2,80	0,85	0,16

r.n. – różnica nieistotna

Tab. 7. Zawartość fosforu w ziarnie kukurydzy w zależności od współdziałania rodzaju nawozu azotowego i terminu uzupełnienia dawki azotu [gkg⁻¹] (2015-2018)

Rodzaj nawozu azotowego (B)	Termin uzupełnienia dawki azotu (C)	
	przed siewem	faza 5-6 liści (BBCH 15/16)
Saletra amonowa	2,79	2,98
Mocznik	2,85	2,81
NIR _{0,05}	dla interakcji rodzaj nawozu azotowego (B) i termin uzupełnienia dawki azotu (C) B/C = 0,088; B/A = 0,110	

Tab. 8. Zawartość potasu w ziarnie kukurydzy w zależności od współdziałania rodzaju nawozu azotowego i terminu uzupełnienia dawki azotu [gkg⁻¹] (2015-2018)

Rodzaj nawozu azotowego (B)	Termin uzupełnienia dawki azotu (C)	
	przed siewem	faza 5-6 liści (BBCH 15/16)
Saletra amonowa	3,37	3,58
Mocznik	3,54	3,27
NIR _{0,05}	dla interakcji rodzaj nawozu azotowego (B) i termin uzupełnienia dawki azotu (C) B/C = 0,236; B/A = 0,219	

Tab. 9. Zawartość magnezu w ziarnie kukurydzy w zależności od współdziałania rodzaju nawozu azotowego i terminu uzupełnienia dawki azotu [gkg⁻¹] (2015-2018)

Rodzaj nawozu azotowego (B)	Termin uzupełnienia dawki azotu (C)	
	przed siewem	faza 5-6 liści (BBCH 15/16)
Saletra amonowa	0,87	0,92
Mocznik	0,91	0,90
NIR _{0,05}	dla interakcji rodzaj nawozu azotowego (B) i termin uzupełnienia dawki azotu (C) B/C = 0,038; B/A = 0,039	

4. Podsumowanie

Głębokość wysiewu nawozu NP, rodzaj nawozu azotowego oraz termin stosowania uzupełniającej dawki azotu nie miały istotnego wpływu na skład chemiczny

ziarna kukurydzy. Stosowanie saletry amonowej w fazie BBCH 15/16 zwiększało w istotny sposób zawartość fosforu, potasu i magnezu w ziarnie kukurydzy, w porównaniu do aplikacji przed siewem kukurydzy.

Bibliografia

- [1] Szulc P., Waligóra H., Michalski T., Bocianowski J., Rybus-Zajac M., Wilczewska W.: The size of the N_{min} soil pool as a factor impacting nitrogen utilization efficiency in maize (*Zea mays* L.) Pak. J. Bot., 2018, 50(1), 189-198.
- [2] Cairns J.E., Sonder K., Zaidi P.H., Verhulst N., Mahuku G., Babu R., Nair S.k., Das B., Govaerts B., Vinayan M.T., Rashid Z., Noor J.J., Devi P., San Vicente F., Prasanna B.M.: Chapter one-Maize production in changing climate: impacts, adaptation, and mitigation strategies. Advances in Agronomy, 2012, 114, 1-58.
- [3] Adesogan A .T.: Factors affecting corn silage quality in hot and humid climates .In: Proceed .of the 17th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium .Arthington J.(eds .) .Gainesville, United State, 20016, 1–2 February 2006, 108-119 .
- [4] Książak J., Matyka M., Bojarszczuk J., Kacprzak A.: Evaluation of productivity of maize and sorghum to be used for energy purposes as influenced by nitrogen fertilization. Žemdirbystė=Agriculture, 2012, 99(4), 363-370.
- [5] Szulc P., Bocianowski J., Kruczek A., Szymańska G., Roszkiewicz R.: Response of two cultivar types of maize (*Zea mays* L.) expressed in protein content and its yield to varied soil resources of N and Mg and a form of nitrogen fertilizer. Polish J. of Environ. Stud., 2013, 22(6), 1845-1853.
- [6] Gawęcki K.: Ćwiczenia z żywienia zwierząt i paszoznawstwo. Wyd. AR Poznań, 1994, 1- 223
- [7] Podkówka W., Michalski T.: Technologie zbioru i użytkowania kukurydzy ziarnowej. Kukurydza rośliną przyszłości. Agro Serwis,4 2003, 1-45.
- [8] Michalski T.: 1997. Wartość pastewna plonów kukurydzy w zależności od sposobów i terminów zbioru. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol., 1997, 450, 133-162.
- [9] Lipiński K.: Paszowe zastosowanie kukurydzy. Przegląd Zbożowo-Młynarski, 2003, (10), 25- 27.