

GRZEGORZ PIŃCZUK, AGNIESZKA KLIMEK-KOPYRA,
HENRYK PUSTKOWIAK, TADEUSZ ZAJĄC

PORÓWNANIE ZAWARTOŚCI I WYDAJNOŚCI OLEJU W ZALEŻNOŚCI OD SPOSOBU NAWOŻENIA ORAZ KLASY WCZESNOŚCI I TYPU ZIARNA MIESZAŃCÓW KUKURYDZY

Streszczenie

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2008 i 2009 w Stacji Doświadczalnej PWSZ w Sanoku, zlokalizowanej w Nowosielcach. Materiałem badawczym było ziarno 4 mieszańców kukurydzy różniących się wczesnością (sw – średnio wczesne i sp – średnio późne) oraz typem ziarna (flint: 'Ravello', 'Arobase' i dent: 'Oldham', 'Nekta'). Porównywanymi czynnikami agrotechnicznymi był sposób nawożenia mineralnego, klasa wczesności mieszańców – średniowczesne i średniopóźne, a także typ ziarna 'flint' i 'dent'. W próbach dużych (n>100) zebranego ziarna, oszacowano masę ziarna i zarodka. W zarodkach kukurydzy oznaczono zawartość tłuszczu i profil kwasów tłuszczowych oleju kukurydzianego. Stwierdzono, że zwiększenie masy ziarniaka badanych odmian, bez względu na typ, było wysoce istotnie i dodatnio skorelowane z masą zarodka. Wzrost masy ziarniaka i masy zarodka determinował zwiększenie plonu oleju z jednostki powierzchni. Stwierdzono, że olej z zarodków kukurydzy charakteryzował się wysokim udziałem kwasu linolowego w profilu kwasów tłuszczowych.

Słowa kluczowe: ziarno kukurydzy, zarodek, zawartość oleju, profil kwasów tłuszczowych, plon tłuszczu

Wprowadzenie

Zainteresowanie wykorzystaniem ziarna kukurydzy w znacznej mierze decyduje o powierzchni jej uprawy w świecie (150 mln ha), UE-27 (9 mln ha) oraz w Polsce (340 tys. ha) [10]. Wynika to z opłacalności uprawy kukurydzy na ziarno, co determinowane jest wysokim plonowaniem, jak również dobrymi i unikatowymi cechami użytkowymi ziarna, dzięki czemu jest wykorzystywane do celów żywieniowych i paszowych. Wyniki produkcyjne wskazują, że większy potencjał plonowania mają mieszańce trójliniowe, przy założeniu odpowiednich warunków agrotechnicznych i śro-

Mgr G. Pińczuk, Instytut Rolnictwa, Wyższa Szkoła Zawodowa w Sanoku, ul. Mickiewicza 21, 38-500 Sanok, dr inż. A. Klimek-Kopyra, prof. dr hab. T. Zajęc, Instytut Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Al. Mickiewicza 21, 30-120 Kraków, mgr inż. H. Pustkowiak, Katedra Hodowli Bydła, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków

dowiskowych. Rolnicy dążą do zwiększenia plonowania poprzez wprowadzanie do uprawy nowych odmian mieszańcowych kukurydzy, co wynika ze wzrostu popytu na ziarno. Systematyczny wzrost zapotrzebowania na ziarno kukurydzy wynika z przeznaczenia jego części do produkcji oleju kukurydzianego z zarodków [2], a także skrobi z bielma [18]. Ponadto duża część produkowanego ziarna kukurydzy służy do produkcji etanolu [18].

Olej kukurydziany jest mało poznanym produktem tłuszczowym w Polsce, pomimo że stanowi produkt uboczny przerobu ziarna kukurydzy na skrobię lub mąkę. Wynika to głównie ze specyfiki naszego przemysłu tłuszczowego, w którym największe znaczenie ma produkcja oleju rzepakowego, a także słonecznikowego i lnianego [14]. Natomiast w USA zużycie oleju kukurydzianego corocznie wzrasta, z uwagi na wzrost zapotrzebowania na syrop kukurydziany, który jest głównym produktem przerobu skrobi kukurydzianej. Zwiększenie potrzeb żywnościowych (olej, syrop kukurydziany) w USA, wpłynęło na proces selekcji jakościowej, prowadzonej w twórczej hodowli kukurydzy. W wyniku prac podjętych w ostatnim 10-leciu, uzyskano istotny wzrost (z 4 do 8 %) zawartości oleju w odmianach kukurydzy [20]. Jednak, jak wskazują Rooney i wsp.[21], prowadzona selekcja jakościowa nakierowana wyłącznie na wzrost zawartości tłuszczu w zarodkach istotnie pogorszyła inne cechy użytkowe ziarna kukurydzy.

Olej kukurydziany traktowany jest jako wartościowy produkt spożywczy z uwagi na walory sensoryczne i wartość biologiczną. Jednak z uwagi na jego wysoką cenę, dotychczasowe wykorzystanie oleju kukurydzianego w przemyśle margarynowym i paszowym jest ograniczone [19]. Na świecie olej kukurydziany zyskał dużą popularność wśród konsumentów jako bogate źródło wielonienasyconych niezbędnych kwasów tłuszczowych [19, 26], które odgrywają główną rolę w utrzymaniu wewnętrznej homeostazy organizmu [27]. Olej kukurydziany jest bogatym źródłem tokoferolu i karotenu, które wpływają na obniżenie cholesterolu oraz stresu oksydacyjnego w komórkach [11]. Właściwości fizyczne i biologiczne lipidów kukurydzy zależą nie tylko od typu ziarniaka, ale również od rejonu uprawy [7, 29]. Kukurydza reprezentowana jest przez największą liczbę odmian ze wszystkich roślin zbożowych, jednak nie przeprowadzono dotychczas badań porównawczych, odnoszących się do udziału zarodków jako źródła oleju, a także jego zawartości, co może determinować wysokość plonu tłuszczu z 1 ha w krajowych warunkach.

Celem badań było ilościowe i jakościowe porównanie oleju czterech odmian mieszańcowych kukurydzy. Dodatkowo w celu pogłębienia wiedzy wiążącej się z kukurydzą jako surowcem olejarским, oceniono ziarno poprzez oszacowanie w nim udziału masy zarodka, co odnosi się do mieszańców dominujących obecnie w uprawie, a zróżnicowanych pod względem klasy wczesności i typu ziarna. Analizowano dwa sposoby

nawożenia mineralnego – powierzchniowy i rzędowy, jako czynniki determinujące plon ziarna i wydajność oleju z jednostki powierzchni.

Material i metody badań

Material badawczy stanowiły cztery mieszańcowe odmiany kukurydzy firmy Syngenta®, różniące się wczesnością, zdefiniowaną jako drugi czynnik badawczy (sw – średnio wczesne i sp – średnio późne) oraz typem ziarna – trzeci czynnik (flint: odm. ‘Ravello’, ‘Arobase’ i dent: odm. ‘Oldham’, ‘Nekta’). Typ ziarna określony jako flint (szklisty) jest właściwy dla podgatunku kukurydzy szklistej, zwanej także twardą lub krzemienną, a dent (zębokształtny) jest właściwy dla podgatunku koński ząb, czyli kukurydza pastewna. Pierwszy czynnik uwzględniany w doświadczeniu, to rzędowy sposób nawożenia, polegający na aplikacji N i P w formie fosforanu amonu, jednocześnie z siewem ziaren kukurydzy, natomiast K był stosowany powierzchniowo w formie 57 % soli potasowej. Powierzchniowy sposób nawożenia polegał na przedsięwziętym zastosowaniu całej dawki NPK. Łączna dawka NPK, niezależnie od sposobu aplikacji, wyniosła 450 kg ha⁻¹. Do siewu nasion kukurydzy wykorzystano siewnik punktowy firmy Monosem (czterorzędowy). Doświadczenie polowe prowadzono w latach 2008 i 2009, w czterech powtórzeniach, a wielkość poletka do zbioru wynosiła 45 m². Zbioru ziarna kukurydzy dokonano w terminie optymalnym dla regionu Dołów Jasielsko-Sanockich, który przypadł na koniec października każdego roku. Bezpośrednio po zbiorze oznaczano wilgotność ziarna, które suszono w temp. 75 °C. Suche ziarna, z każdego obiektu, posłużyły do wyodrębnienia zarodków (n > 100), a analizy chemiczne związane z zawartością i jakością oleju prowadzono na zbiorczych próbach z poletek.

Tłuszcz ekstrahowano z ziarna metodą Folcha [cyt. za 23]. Określenie składu i zawartości kwasów tłuszczowych w ziarnie kukurydzy prowadzono w chromatografii gazowej (gaz nośny hel) typu Trace GC Ultra z detektorem FID w temp. 250 °C. Stosowano kolumnę Supelcowax 10, utrzymując jej temperaturę w zakresie 160 - 210 °C. Identyfikację składu kwasów tłuszczowych prowadzono za pomocą chromatografii gazowej (analiza GC) przy użyciu ich estrów metylowych jako substancji wzorcowych.

Wyniki opracowano statystycznie stosując 3-czynnikową analizę wariancji. Różnice uznawano za statystycznie istotne na poziomie p<0,05 i p<0,01. W celu porównania średnich obiektowych zastosowano standaryzowany test t-Studenta. W celu wydzielenia grup jednorodnych posłużono się procedurą porównań wielokrotnych, stosując test parametryczny Newmana-Keulsa. Wszystkie obliczenia prowadzono z wykorzystaniem programu Statistica® 9.0. W przypadku plonu: ziarna, oleju z zarodków oraz zawartości oleju w zarodku liczba powtórzeń wynosiła cztery. Natomiast udział

masy zarodka w masie ziarniaka corocznie szacowano w próbach liczących 100 ziarniaków z danej kombinacji (A-H).

Tabela 1

Obiekty kukurydzy porównywane w doświadczeniu polowym.
Objects with maize compared during the field experiment.

Obiekt Object with maize	I czynnik / Factor I	II czynnik / Factor II	III czynnik / Factor III
	Sposób nawożenia Fertilization Method	Wczesność odmian Early sowing term for maize species	Typ ziarna Grain type
A	N+P rzędowo/ in row	Sw*	flint
B	N+P rzędowo/ in row	Sw	dent
C	N+P rzędowo/ in row	Sp	flint
D	N+P rzędowo/ in row	Sp	dent
E	N+P powierzchniowo/ on surface	Sw	flint
F	N+P powierzchniowo/ on surface	Sw	dent
G	N+P powierzchniowo/ on surface	Sp	flint
H	N+P powierzchniowo/ on surface	Sp	dent

Objaśnienia: / Explanatory notes:

*sw – średnio wczesna / medium early sowing; sp – średnio późna /medium late sowing.

Wyniki i dyskusja

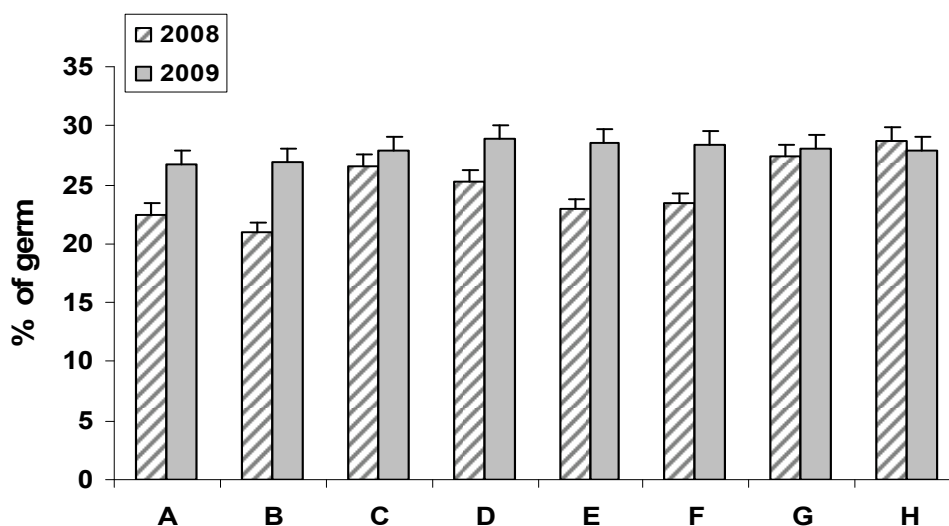
W latach badań diametralnie różniły się opady w czasie okresu wegetacji kukurydzy. W 2008 r. suma opadów wyniosła 641,6 mm, a w 2009 r. 719,8 mm, aczkolwiek opady były nierównomiernie rozłożone. Zbyt obfite deszcze w czerwcu 2009 r. (212,4 mm) spowodowały podtopienie pola doświadczalnego. Październik w tym roku również był miesiącem dość obfitym w opady (117,1 mm), co spowodowało opóźnienie zbioru dojrzałego ziarna. Dla plonowania kukurydzy ważny jest lipiec, kiedy kukurydza kwitnie i wtedy potrzebuje dużo wody. W doświadczeniu, tylko w lipcu 2008 r. odnotowano wystarczającą ilość opadów 191,5 mm. Pomimo zróżnicowanych ilościowo opadów, w latach prowadzenia doświadczenia średnia temperatura powietrza miesięcy wegetacyjnych wyniosła 13,2°C, czyli porównywane lata były podobne pod względem termicznym.

Udział masy zarodka w masie ziarniaka kukurydzy był zmienny w porównywanych latach wegetacji i zależny od sposobu przedsięwzięcia wnoszenia makroelementów w dawce nawożenia mineralnego (rys. 1). Istotnie większy udział zarodka w masie ziarniaka uzyskano w warunkach siewu powierzchniowego nawozów jedynie w odnie-

sieniu do ziarniaków mieszańców kukurydzy typu flint (E). Nieznacznie większe wartości tej cechy uzyskano w obiektach z rzędownym wysiewem nawozów azotowych i fosforowych, bez względu na typ ziarniaka i grupę wczesności (A, B), co dowodzi znaczenia tego czynnika agrotechnicznego w sterowaniu jakością ziarna kukurydzy, przeznaczonego do produkcji oleju. Jednak mniejszy udział zarodka w masie ziarniaka typu flint wystąpił w obiektach z przedsięwziętym nawożeniem mineralnym, aplikowanym rzędowno, co odnosi się tylko do grupy odmian średnio późnych (C).

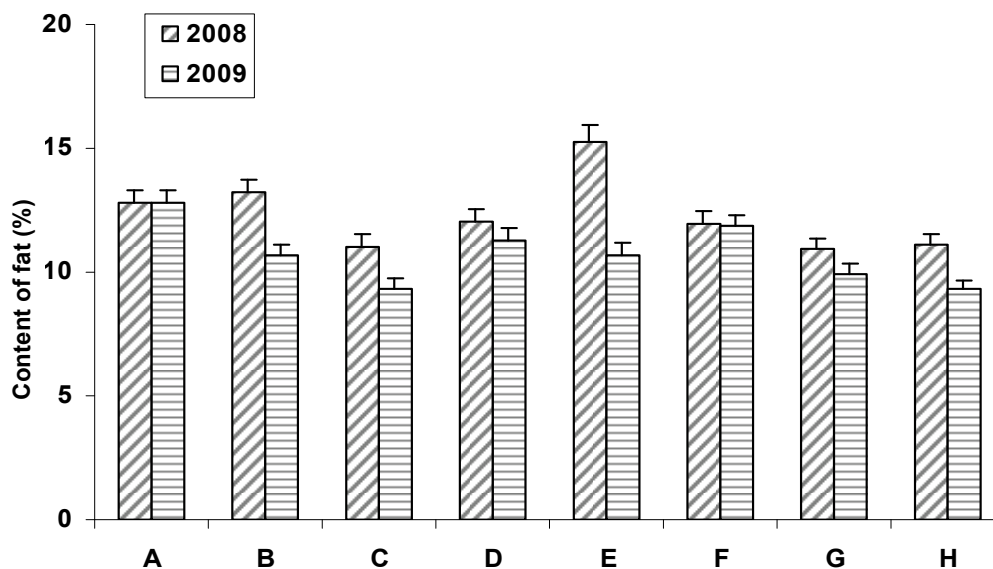
Większy udział zarodka w masie ziarniaka w kolejnych latach był determinowany przebiegiem pogody (rys. 1). Istotnie większy udział zarodka w masie ziarniaka stwierdzono w roku 2008, który charakteryzował się dobrym uwilgotnieniem gleby, bez obfitych opadów w czasie wegetacji.

Zawartość tłuszczu surowego w kukurydzy nie była istotnie zróżnicowana w nawiązaniu do przyjętego sposobu nawożenia (rys. 2). Obserwowano jedynie tendencję do wzrostu zawartości tłuszczu w kukurydzy, jako reakcję na zastosowane powierzchniowo nawożenie mineralne (E - H). Uważa się, że zwiększenie lub zmniejszenie zawartości tłuszczu surowego w zarodku ziarniaka kukurydzy można uzyskać jedynie w drodze selekcji [5]. Wykazano, że selekcja kukurydzy w kierunku maksymalnego zmniejszenia zawartości tłuszczu w ziarnie okazała się mało skuteczna z uwagi na drastyczne zmniejszenie masy zarodka, co uniemożliwiało kiełkowanie ziarniaków po siewie [17]. Podejście takie zmierzało do zrównania zawartości tłuszczu w kukurydzy do poziomu tego składnika w ziarnie czterech zbóż, aby usprawnić produkcję mąki z kukurydzy.



Rys. 1. Udział masy zarodka w masie ziarniaka kukurydzy w latach wegetacji.

Fig. 1. Germ content in dry grain during the vegetation years.



Rys. 2. Zawartość tłuszczu w zarodkach kukurydzy.

Fig. 2. Content of fat in maize germs.

Istotne zróżnicowanie zawartości tłuszczu uzyskano w latach badań. Istotnie większą zawartość tłuszczu uzyskano w roku 2008, mniej wilgotnym i zarazem cieplejszym. Z badań Niewiadomskiego [19] wynika, że rejonizacja uprawy kukurydzy na ziarno wymaga terenów cieplejszych, ponieważ w korzystnych warunkach termicznych uprawy wzrasta zawartość tłuszczu w ziarnie.

Głównymi składnikami oleju z zarodków kukurydzy są kwasy tłuszczowe, z których nienasycone stanowią do 65 % całkowitej sumy kwasów [21]. Wyniki badań własnych (tab. 2) wykazały, że łącznie kwasy nienasycone stanowiły nawet 89 % całkowitej masy kwasów w oleju. Uwaga ta odnosi się do siewu rzędowego nawozów we współdziałaniu z wczesnością odmiany (średnio wczesnej), a przy tym odznaczającej się ziarnem flint. Ponadto stwierdzono zmienność w kształtowaniu zawartości kwasów tłuszczowych wielonienasyconych, głównie kwasu linolowego. Wykazano, że spośród badanych czynników na istotną zmienność zawartości kwasów tłuszczowych wpłynęła klasa wczesności mieszańców kukurydzy oraz typ ziarniaka. Zróżnicowany sposób siewu nawozów nie miał natomiast wpływu na zakres istotnych różnic. Więcej o 33 % kwasu linolowego ($C_{18:2}$ n-6) oraz o 53 % kwasu oleinowego ($C_{18:1}$ n-9) uzyskano w ziarnie mieszańców średnio wczesnych kukurydzy.

Tabela 2

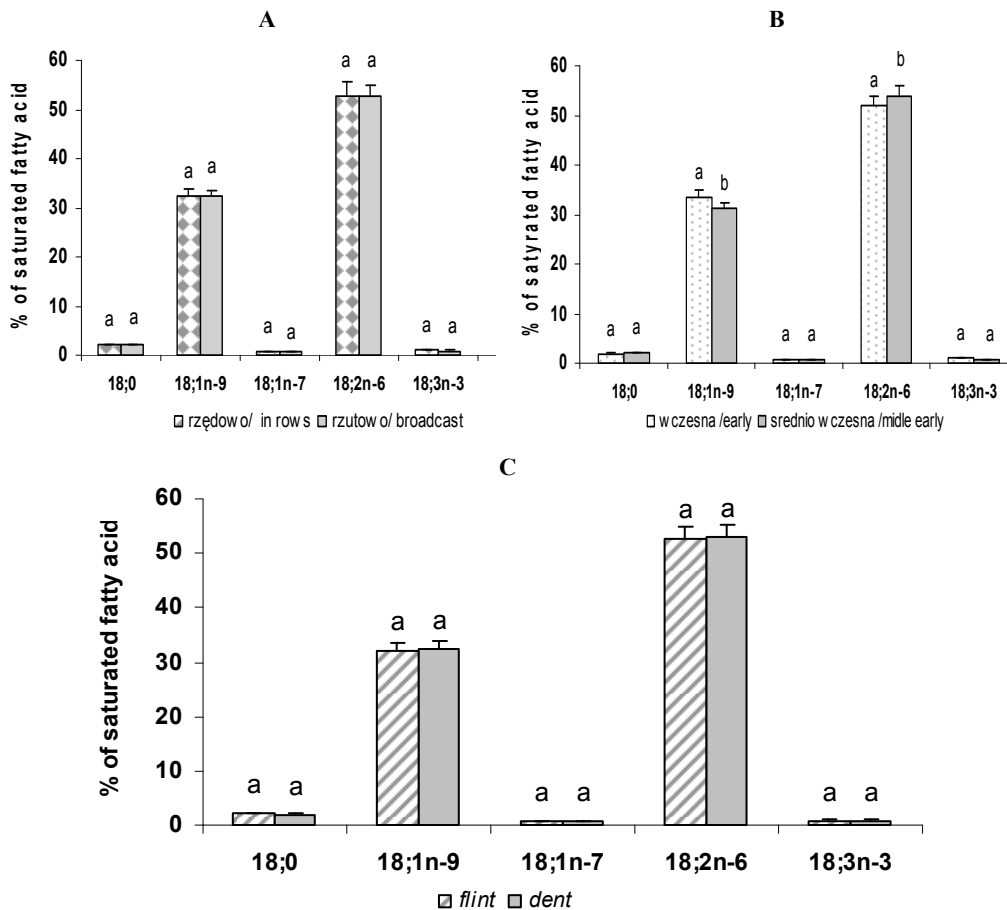
Profil kwasów tłuszczowych oleju z zarodków kukurydzy w zależności od sposobu nawożenia uprawy, doboru odmian i wczesności mieszańców flint i dent, 2008 i 2009 r.

Fatty acid profile of oil from maize germs in relation to crop fertilization method, choice of varieties, and terms when flint and dent maize hybrids were early sown in 2008 and 2009.

Kwas tłuszczowy Fatty acid		Obiekty / Objects							
		A	B	C	D	E	F	G	H
C _{10:0}	- capric	0,005	0,006	0,006	0,005	0,005	0,007	0,004	0,005
C _{12:0}	- lauric	0,008	0,009	0,010	0,006	0,006	0,008	0,006	0,006
C _{14:0}	- myristic	0,079	0,042	0,052	0,038	0,035	0,043	0,037	0,048
C _{15:0}	- pentadecanoic	0,025	0,015	0,012	0,015	0,013	0,009	0,009	0,017
C _{16:0}	- palmitic	10,30	8,67	10,03	9,97	10,06	9,45	10,33	10,65
C _{16:1 n=9}	- palmitoleic	0,083	0,073	0,066	0,063	0,047	0,062	0,044	0,048
C _{16:1 n=7}	- oleopalmitic	0,116	0,098	0,123	0,111	0,101	0,095	0,110	0,126
C ₁₇	- margaric	0,149	0,046	0,089	0,126	0,132	0,050	0,061	0,087
C _{17:1}	- heptadecenoik	0,113	0,025	0,045	0,076	0,073	0,028	0,033	0,058
C ₁₈	- stearic	1,988	1,519	1,818	2,190	1,922	1,631	1,868	1,916
C _{18:1 n=9}	- oleic	35,30	31,05	28,11	32,69	33,16	30,47	28,02	31,55
C _{18:1 n=7}	- vaccenic	0,501	0,527	0,594	0,494	0,513	0,527	0,594	0,570
C _{18:2 n=6}	- linoleic	49,95	56,42	57,55	53,02	52,60	55,94	57,54	53,75
C _{18:3 n=3}	- α-linolenic	0,836	0,994	0,862	0,712	0,820	1,078	0,803	0,831
C ₂₀	- arachidic	0,320	0,314	0,341	0,341	0,345	0,376	0,355	0,325
C _{20:1}	- eikosenoic	0,192	0,195	0,183	0,148	0,345	0,230	0,175	0,152

Analiza profilu kwasów tłuszczowych (tab. 2) wykazała, że wszystkie obiekty charakteryzowały się dużą zawartością kwasu linolowego C_{18:2} oraz oleinowego C_{18:1 n=9}, a istotnie zmniejszoną laurynowego C_{12:0} oraz kaprylowo-kaprynowego C_{10:0}, o czym decydują właściwości gatunkowe kukurydzy [21]. Największy udział kwasu linolowego stwierdzono w oleju kukurydzianym mieszańców średnio wczesnych, wykształcających ziarno typu flint (obiekty C i G). Podobny kierunek zależności, odnoszący się do zawartości kwasu oleinowego stwierdzono w oleju mieszańca średnio wczesnego typu flint, który ujawnił się jako współdziałanie z wysiewem rzędownym nawozów NP. Wyniki badań własnych wykazują oddziaływanie badanych czynników na profil kwasów tłuszczowych w oleju najczęściej jako ich interakcję. Według Micka [16] ziarno kukurydzy charakteryzuje się największym udziałem kwasu linolowego (C_{18:2}) w sumie kwasów tłuszczowych oleju. Analiza wzajemnego stosunku poszcze-

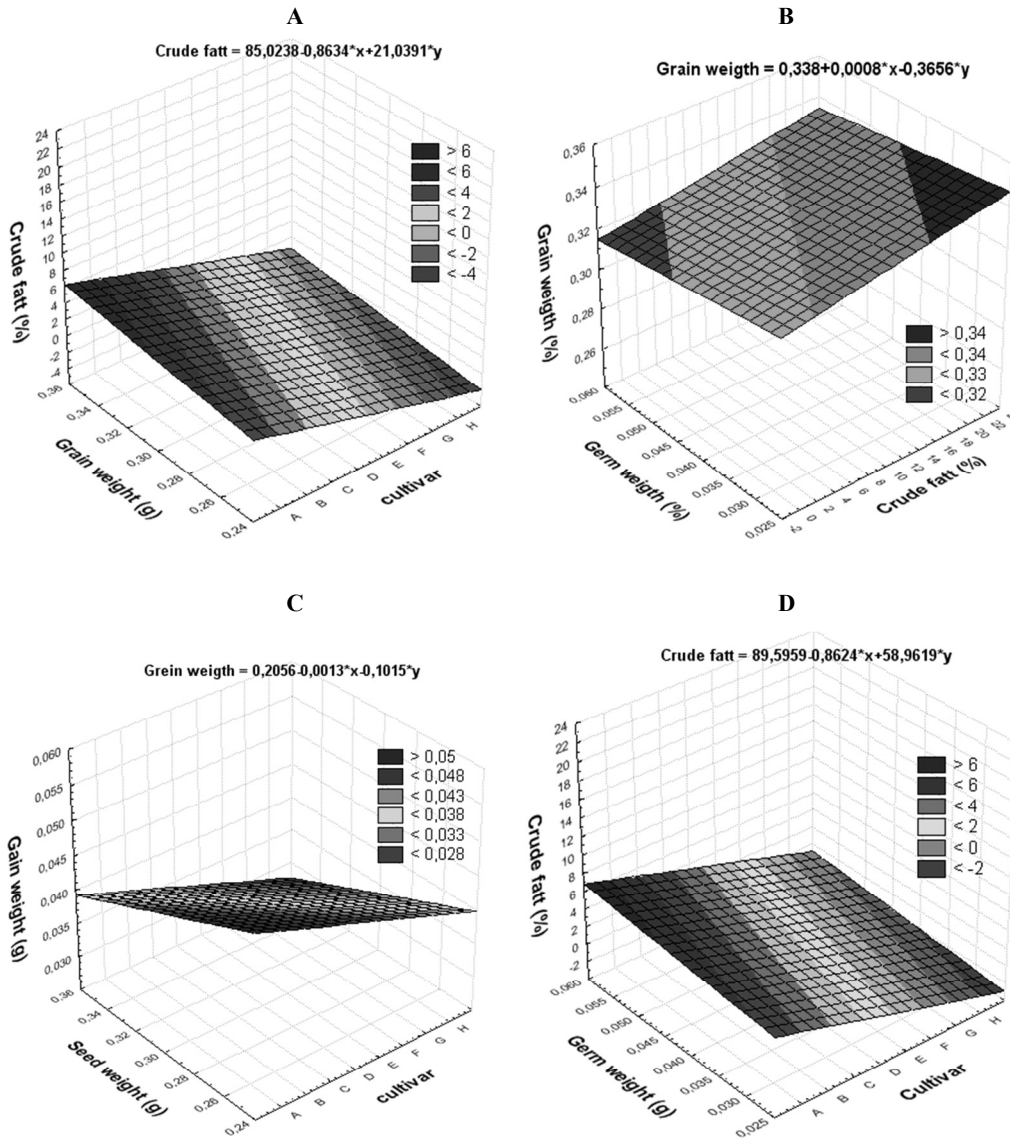
gólnych kwasów tłuszczowych w oleju kukurydzy wskazuje na nadmiernie (> 50) duży stosunek $C_{18:2} : C_{18:3}$, co obniża wartość konsumpcyjną oleju. W badaniach własnych uzyskano znikomy udział kwasów kaprylowego i kaprynowego w profilu kwasów tłuszczowych oleju kukurydzy.



Rys. 3. Suma nasyconych kwasów tłuszczowych z grupy 18:00 w konfiguracji *cis* i *trans* w zależności od sposobu nawożenia (A), wczesności odmian (B), typu ziarna (C).

Fig. 3. Total of saturated fatty acids of a 18:00 group in *cis* and *trans* configuration depending on fertilization method (A), terms of early owing (B), and type of grain (C).

Zawartość tłuszczu w ziarniakach kukurydzy była liniowo współzależna z masą ziarniaka (rys. 4A). Wraz ze wzrostem masy ziarniaka wzrastała zawartość tłuszczu, zwłaszcza w siewie z rzędowym stosowaniem N i P, obiekty oznaczone jako (A-D).



Rys. 4. Zależność zawartości tłuszczu surowego w ziarnie kukurydzy od masy ziarna (A) i masy zarodka (B) oraz masy zarodka od masy ziarna (C), masy ziarna od masy zarodka i od zawartości tłuszczu (D)

Fig. 4. Correlation between crude fat content in maize grain, grain weight (A), germ weight (B), as well as between germ weight and grain weight (C), and between weight grain and weight germ, and crude fat content (D).

W odniesieniu do siewu powierzchniowego nawozów mineralnych kierunek tej zależności nie wykazał istotnego wzrostu zawartości tłuszczu w ziarniakach (E-H). Podobne współzależności wykazano także w odniesieniu do wielkości zarodka (rys. 4D), ponieważ udowodniono, że im większa była masa zarodka w ziarniaku kukurydzy, tym nagromadzenie tłuszczu było w nim większe (rys. 4B). Potwierdza to wyniki uzyskane przez Briggs i Knowles [5] oraz Buniak i wsp. [6], że wzrost masy zarodka jest istotnym inhibitorem wzrostu zawartości tłuszczu w ziarniaku kukurydzy. Na złożoność tej problematyki zwracają uwagę Rooney i wsp. [22]. Obiekty (A-D) odznaczały się zwiększoną masą zarodka oraz podwyższą masą tłuszczu, ale współzależności miały jedynie znamiona tendencji. Zastosowany siew powierzchniowy nawozów (E-H) nie był efektywny w kształtowaniu tej cechy jakościowej. Taki układ wyników wskazuje na pewną możliwość sterowania zawartością tłuszczu w ziarniakach kukurydzy. Ponadto w badaniach wykazano, że większą wagę w gromadzeniu tłuszczu miał większy ziarniak niż większy zarodek. Fakt ten potwierdza istotną zależność między tymi cechami (rys. 4C). Im większy był ziarniak, tym większy wykształcał się zarodek, nie wykazując jednak istotnego wpływu na inne badane cechy, wynikłe z przyjętych aplikacji nawozów mineralnych.

Technika wysiewu nawozów miała istotny wpływ na plon ziarna zarówno w łącznym ujęciu (średnie z lat) (tab. 3). Istotnie wyższe plony ziarna uzyskano przy rzędowej aplikacji nawożenia mineralnego w latach badań. Większe plony ziarna pod wpływem nawożenia rzędowego uzyskali również inni autorzy [8, 28]. Rhoads i Wright [23] stwierdzili, że nie tylko nawożenie startowe decyduje o wzroście plonu ziarna, ale również istotny wpływ mają warunki pogodowe.

W danym roku uprawy badane odmiany reagowały zróżnicowaniem plonowania z uwagi na wczesność porównywanych mieszańców. Istotnie wyższe plony ziarna uzyskano z odmian średnio wczesne w 2008 roku, w którym opady w sezonie wegetacji wystąpiły na średnim poziomie. Wyniki badań Kruczka [13] w wymiarze produkcyjnym ściśle korespondują z danymi przedstawionymi w niniejszej pracy. Niemniej uzyskane wyniki badań nie dostarczają jednoznacznej odpowiedzi, który typ odmian daje wyższe plony ziarna. Niewiadomski [19] podkreślał, że o zawartości oleju w zarodkach i jego składzie kwasowym decyduje położenie geograficzne. Zdaniem tego autora niższa temperatura podczas dojrzewania nasion jest bardziej odpowiednia w procesie gromadzenia tłuszczu.

Przeprowadzona analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic w kształtowaniu plonu oleju ze względu na analizowane czynniki (tab. 3). Udowodniono brak zmienności plonu oleju z jednostki powierzchni determinowanego doбором odmian kukurydzy różniących się klasą wczesności i typem ziarniaka. Taki efekt był wynikiem przyczynowego związku z ilością pozyskanych zarodków oraz ilości oleju z zarodków

pozyskiwanego w wyniku procesu tłoczenia. Wykazano, że dobrze wykształcony zarodek w ziarnie kukurydzy może decydować o ilości pozyskiwanego oleju.

Tabela 3

Kształtowanie się plonu ziarna, oleju, zarodków oraz zawartości oleju z zarodków.

Differentiation of grain yield levels, oil yield levels, germs, and content levels of oil from germs.

*Obiekty *Objects	Plon ziarna Grain yield [t ha ⁻¹]	Plon oleju Oil yield [kg ha ⁻¹]	Plon zarodków Germ yield [t ha ⁻¹]	Zawartość oleju w zarodku [% s.m.] Content of oil in germ [% of DM]
A	10,75 ± 2,30	291,4 ± 41,1	1,39 ± 0,30	24,65 ± 0,23
B	13,38 ± 1,19	327,8 ± 30,2	1,60 ± 0,23	24,00 ± 0,31
C	12,35 ± 1,02	287,2 ± 16,8	1,22 ± 0,08	27,22 ± 0,07
D	12,17 ± 1,72	325,4 ± 52,9	1,39 ± 0,14	27,03 ± 0,19
E	11,02 ± 1,06	312,4 ± 41,4	1,44 ± 0,33	25,71 ± 0,29
F	11,33 ± 0,95	288,6 ± 25,3	1,33 ± 0,14	25,89 ± 0,27
G	9,96 ± 1,93	250,4 ± 57,3	1,05 ± 0,25	27,70 ± 0,04
H	11,64 ± 1,04	282,1 ± 21,0	1,15 ± 0,08	28,35 ± 0,06
Średnia / Mean	11,57 ± 1,72	295,7 ± 43,4	1,32 ± 0,19	26,32 ± 0,02
NIR dla czynnika A SD for Factor A	0,36	n.s.	n.s.	n.s.
NIR dla czynnika B SD for Factor B	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
NIR dla czynnika C SD for Factor C	0,36	n.s.	n.s.	n.s.
NIR dla interakcji Ax B SD for interaction Ax B	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
NIR dla interakcji Ax C SD for interaction Ax C	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
NIR dla interakcji Bx C SD for interaction Bx C	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
NIR dla interakcji Ax Bx C SD for interaction Ax Bx C	0,72	n.s.	n.s.	n.s.

*Opis podobnie jak w tab.1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Przedstawione wyniki nie potwierdzają istotnych zależności między wielkością zarodka a ilością pozyskanego oleju. Stwierdzono, że sposób przedsewnej aplikacji nawozów mineralnych oraz wczesność odmian w najsilniejszym stopniu determinowały wielkość zarodków. Wykazano dodatnią i zarazem istotną współzależność pomiędzy masą pojedynczego ziarniaka i zarodka w nim wykształconego. Wyniki wskazują na konieczność selekcjonowania ziarniaków kukurydzy ze względu na masę, aby pozy-

skać zarodki ziarniaków dużych i średnich, z których zostanie wytłoczony olej kukurydziany. W warunkach klimatycznych naszego kraju szukanie innych współzależności nie rokuje znaczącego powodzenia. Rasheed i Mahmood [20] oraz Ahmad [3] w warunkach agroklimatycznych Pakistanu przeprowadzili doświadczenie porównawcze z wpływem sposobu siewu i nawożenia kukurydzy i słonecznika na plon z jednostki powierzchni oleju kukurydzianego lub słonecznikowego. Wyniki badań własnych potwierdzają dane Rasheed i Mahmood [20], którzy wskazują na brak istotnych różnic w ilości pozyskiwanego oleju. Jednakże autorzy tych badań stwierdzili istotne zróżnicowanie zawartości oleju w ziarniakach na skutek zróżnicowania nawożenia w latach badań.

Największy plon oleju, wynoszący 4,74 % plonu ziarna, uzyskano po zastosowaniu nawożenia NPK-S-Mg, w dawkach 250-150-100-15-15 kg ha⁻¹. Autorzy podkreślają, że nawożenie NPK z dodatkiem S istotnie i zarazem dodatnio wpłynęło na wielkość pozyskiwanego plonu oleju z kukurydzy, a takie wyniki tłumaczą potrzebą obecności siarki do tworzenia mostków siarczkowych pomiędzy łańcuchami polipeptydowymi. Ponadto siarka to biogen wymagany do syntezy koenzymu A (CoA), który z kolei dodatnio wpływa na tworzenie kwasów tłuszczowych w czasie biosyntezy tego związku w zarodkach [25]. Inne stanowisko przyjęli Ahmad i wsp. [3], którzy dowiedli, że sposób siewu ma istotny wpływ nie tylko na plon nasion, ale również na plon oleju. Wyżej wymienieni autorzy uzyskali maksymalny plon oleju (931 kg/ha), stosując metodę siewu określaną z angielskiego jako *ridge sown*. Mniej efektywną metodą (553 kg/ha) był siew ziarna w bruzdę (ang. *furrow sown*). Korniewicz i wsp. [12] udowodnili, że jakość ziarna kukurydzy zależy od klasy wczesności odmiany oraz zawartości suchej masy w ziarnie po zbiorze. Wymienieni autorzy wykazali, że jeśli zawartość suchej masy w zbieranym ziarnie mieszańców wczesnych, średnio wczesnych i średnio późnych jest wyższa o 4,0 % w porównaniu ze wzorcem i wynosi 68,7 %, to wówczas zwiększa się w ziarnie koncentracja podstawowych składników pokarmowych. W suchej masie ziarna kukurydzy zawartość poszczególnych składników ulega dużym wahaniom w zależności od odmiany, a także grupy wczesności dojrzewania mieszańców [12]. W badaniach własnych nie potwierdzono istotnego zróżnicowania ilości pozyskiwanego tłuszczu między badanymi grupami wczesności odmian firmy Syngenta®. Wyniki te znajdują potwierdzenie w badaniach Korniewicza i wsp. [12], którzy wykazali, że ilość tłuszczu surowego z 1 ha nie jest zależna od stopnia wczesności poszczególnych mieszańców, natomiast większe znaczenie w jej kształtowaniu ma nawożenie mineralne. Analiza składu chemicznego ziarna i kolb kukurydzy, przeprowadzona przez Machulę i Borowieckiego [15] wykazała, że kolby pochodzące z obiektów nawożonych dawką 150 kg N ha⁻¹ charakteryzowały się większą zawartością białka, natomiast zawartość tłuszczu nie uległa istotnym zmianom. Inne stanowi-

sko przedstawili Buniak i wsp. [6], wskazując, że wzrost nawożenia do 120 kg wpływa na zwiększenie zawartości tłuszczu oraz zmniejszenie zawartości włókna w ziarnie.

Wnioski

1. Zwiększenie masy ziarniaka badanych odmian mieszańcowych, bez względu na typ, było wysoce współzależne ze wzrostem masy samego zarodka. Zwiększenie masy ziarniaka i masy zarodka w niewielkim stopniu wpłynęło na plon tłuszczu z jednostki powierzchni.
2. Udział masy zarodka w masie ziarniaka kukurydzy różnił się w porównywanych latach, a przy tym był zależny od sposobu przedsięwzięcia wnoszenia N i P w dawce nawożenia mineralnego. Większy udział zarodka w masie ziarniaka kukurydzy wystąpił w typie flint oraz w warunkach powierzchniowego wniesienia dawki nawozów.
3. Zawartość tłuszczu surowego w zarodkach nie była istotnie zróżnicowana przyjętym sposobem wysiewu nawozów mineralnych, a determinował ją istotnie przebieg pogody.
4. Tłuszcz z zarodków kukurydzy badanych odmian charakteryzował się wysoką zawartością kwasu linolowego w profilu kwasów tłuszczowych.

Literatura

- [1] AOAC. Official Methods of Analysis. 18-th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, 1995.
- [2] Abdelqader M.M., Hippen A.R., Kalscheur K.F., Schingoethe D.J., Karges K.: Gibson M.L.: Evaluation of corn germ from ethanol production as an alternative fat source in dairy cow diets. *J. Dairy Sci.*, 2009, **92** (3), 1023-1037.
- [3] Ahmad G., Qureshi Z., Ullah H.: Effect of different sowing methods on the performance of sunflower. *Pak. J. Biol. Sci.*, 2003, **3**, 1829-1831.
- [4] Barowicz T., Pieszka M.: Sprzężony kwas linolowy (CLA) – charakterystyka, występowanie oraz rola w organizmie. *Trzoda Chlewna.*, 2001, **39** (7), 44-45.
- [5] Briggs F.N., Knowles P.F.: Selection in cross-pollinated crops: 203-211. In: *Introduction to plant breeding*. Reinhold Publishing Corporation, New York 1967.
- [6] Buniak W., Dmowski Z., Szyszkowski P.: Plonowanie i skład jakościowy kukurydzy na kisonkę w warunkach deszczowania. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 1996, **438**, 243-249.
- [7] CRA. Corn oil manufacturing process. In: *Corn oil*. Corn refiners association: Washington 1996, pp. 9-13.
- [8] Dibb W.D., Fixen E.P., Murphy S.L.: Balanced fertilization with particular reference to phosphates: Interaction of phosphorus with other input and management practices. Potash & Phosphate Institute, Atlanta, Georgia, 1989, pp. 1-27.
- [9] Edem D.O., Akpanabiatu M.I.: Effects of palm oil – containing diets on enzyme activities of rats. *Pak. J. Nut.*, 2006, **5**(4), 301-305.
- [10] FAOSTAT 2009 <http://faostat.fao.org/default.aspx>. Maize field trend.

- [11] Feng F., Myers D.J., Hojilla-Evangelista M.P., Miller K.A., Johnson L.A., Singh S.K.: Quality of corn oil obtained by sequential extraction processing. *Cereal Chem.*, 2002, **79** (5), 707-709.
- [12] Korniewicz A., Kosmala I., Czarnik-Matusiewicz H., Paleczek B.: Zawartość podstawowych składników pokarmowych w ziarnie różnych mieszańców kukurydzy. *Rocz. Nauk. Zoot.* 2000, **27** (1), 289-303.
- [13] Kruczek A., Szulc P.: Wpływ wielkości dawek fosforu, rodzaju nawozu i sposobu nawożenia na plonowanie kukurydzy uprawianej na ziarno. *Pam. Puł.*, 2005, **140**, 149-15.
- [14] Krzymański J., Starek A.: Kierunki wykorzystania olejów roślinnych na cele spożywcze i techniczne. W: *Rośliny oleiste uprawa i zastosowanie* pod red. W. Budzyńskiego i T. Zajęca. PWRiL, Poznań 2010, ss. 300.
- [15] Machul M., Borowiecki J.: Wpływ nawożenia na wielkość i jakość plonu kukurydzy uprawianej na kiszonkę z kolb (CCM). *Pam. Puł.*, 2000, **121**, 117-125.
- [16] Micek P.: Przydatność żywieniowa ziarna krajowych gatunków i odmian zbóż dla przeżuwaczy. *Rocz. Nauk.* 2008, **449**, 326, ss.,127.
- [17] Michalik B.: *Podstawy hodowli roślin ogrodniczych*. Wyd. AR. Kraków 1997, ss.106.
- [18] Niedziółka I., Szymanek M.: Przemysłowe i energetyczne wykorzystanie ziarna kukurydzy. *Motor. I Energ. Rol.*, 2003, **5**, 119-125.
- [19] Niewiadomski H.: *Surowce tłuszczowe*. WNT. Warszawa 1984, ss. 343.
- [20] Rasheed M., Mahmood T.: Effect of different planting methods and nutrient management on quality traits of hybrid maize. *Int. J. Agric. Biol.*, 2004, **6** (1), 162-164.
- [21] Rhoads F.M., Wright D.L.: Root mass as a determinant of corn hybrid response to starter fertilizer. *J. Plant Nutr.* 1998, **21** (8), 1743-1751.
- [22] Rooney L.W., McDonough C.M., Waniska R.D.: The corn kernel. In: *Corn*. Eds. Smith C.W., Betran J., Runie E.C.A., Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey 2004, pp. 273-291.
- [23] Rutkowska U.: *Wybrane metody badania składu i wartości odżywczej żywności*. PZWL, Warszawa 1981.
- [24] Tisdale S.L., Nelson W.L., Beaton J.D.: *Soil fertility and fertilizer. Elements required in plant nutrition*. 4th Ed. Max well MacMillan Pub., Singapore 1990, pp. 52-92.
- [25] Weber E.J.: Corn lipids. *Cereal Chem.*, 1978, **55**, 572-584.
- [26] Weber E.J.: Lipids of the kernel. In: *Corn Chemistry and Technology*. Cereal Chem. St. Paul, MN, 1987, pp. 311-349.
- [27] Wirkowska M., Bryś J., Ratusz K., Kowalski B.: Stabilność przeciwutleniająca lipidów kukurydzy. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **2** (47) **Supl.**, 356-362.
- [28] Vig A.C., Singh N.T.: Yield and P uptake by wheat as affected by P fertilization and soil moisture regime. *Fertil. Res.*, 1983, **4**, 21-29.
- [29] Żarski J., Dudek S., Grzelak B.: Rola czynnika wodnego i termicznego w kształtowaniu plonów ziarna kukurydzy. *Act. Agroph.*, 2004, **3** (1), 189-195.

COMPARING CONTENT AND YIELDING OF OIL IN RELATION TO FERTILIZATION METHOD, CLASS OF EARLY SOWING, AND GRAIN TYPE IN CORN HYBRIDES

S u m m a r y

The experiment was conducted at an Experimental Station in Sanok, owned by PWSZ, during a period from 2008 to 2009. The research material were four corn hybrids; they differed in early sowing terms (medium early sowing and medium late sowing) and in the type of grain variety (flint variety of 'Ravello'

and 'Arobase', and dent variety of 'Oldham' and 'Nekta'). Compared were the following agricultural engineering factors: mineral fertilization method, early sowing class of hybrids: medium-early and medium-late sowing, and, also, the type of 'flint' and 'dent' grain variety. In the samples of large grains (n>100) gathered, the weight of grain and of germ were assessed. The content of fat and fatty acid profile of corn oil were determined in the germs. It was found that, regardless of the grain type, the increase in the grain weight of the varieties analysed was highly significant and correlated with the weight of germ. The increase in the grain weight and in the germ weight decided on the increase in the oil yield per one unit area. It was found that the oil from corn germs was characterized by a high content of linoleic acid in the fatty acid profile.

Key words: corn grain, germ, content of oil, fatty acid profile, oil yield ☒