

WPLYW WARUNKÓW ŚRODOWISKOWYCH I WILGOTNOŚCI ZIARNA NA PRZYCHODY Z PRODUKCJI KUKURYDZY*

MAREK NIEWĘGŁOWSKI¹

*Instytut Rolnictwa i Ogrodnictwa, Uniwersytet w Siedlcach,
ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce*

Synopsis. Celem badań była ocena wpływu wilgotności ziarna oraz grupy wczesności odmian kukurydzy na efektywność ekonomiczną produkcji w różnych warunkach środowiskowych. Analizą objęto odmiany kukurydzy należące do trzech grup wczesności: wczesne (FAO 200–230), średnio wczesne (FAO 240–250) oraz średnio późne (FAO 260–290). Badania przeprowadzono w trzech lokalizacjach: powiecie raciborskim, powiecie kędzierzyńsko-kozielskim oraz w doświadczeniach porejestrowych COBORU w Słupi Wielkiej. Oceniono plon ziarna, wilgotność podczas zbioru oraz wartość przychodów uzyskanych ze sprzedaży ziarna o wilgotności 30% i po wysuszeniu do 14%. Wyniki wykazały istotny wpływ lokalizacji na wilgotność ziarna oraz uzyskiwane efekty ekonomiczne. Najniższą wilgotność ziarna odnotowano w powiecie raciborskim (25,6–28,7%), natomiast najwyższą w powiecie kędzierzyńsko-kozielskim (33,0–39,1%). W warunkach niższej wilgotności ziarna suszenie było ekonomicznie uzasadnione i powodowało wzrost przychodów od 110 do 131% w zależności od grupy wczesności. W lokalizacji charakteryzującej się najwyższą wilgotnością ziarna wskaźnik ten wynosił od 94 do 99%, co wskazywało na brak opłacalności suszenia. W doświadczeniach COBORU różnice pomiędzy analizowanymi wariantami były niewielkie i mieściły się w przedziale 99–100%. Przeprowadzona analiza wykazała, że głównym czynnikiem determinującym opłacalność produkcji kukurydzy była wilgotność ziarna podczas zbioru. Niższa wilgotność ograniczała koszty suszenia i umożliwiała uzyskanie wyższych przychodów, natomiast wysoka wilgotność ziarna istotnie obniżała efektywność ekonomiczną produkcji. Uzyskane wyniki wskazują na konieczność uwzględniania lokalnych warunków środowiskowych oraz cech odmianowych przy podejmowaniu decyzji dotyczących terminu zbioru i sposobu zagospodarowania ziarna.

Słowa kluczowe: kukurydza, wilgotność ziarna, grupa FAO, suszenie ziarna, efektywność ekonomiczna, przychody, plon

WSTĘP

Kukurydza zwyczajna (*Zea mays* L.) jest gatunkiem rośliny jednorocznej należącej do rodziny wiechlinowatych (*Poaceae*) [Wirkowska i in. 2008]. Obok pszenicy i ryżu jest jedną z trzech najważniejszych roślin uprawnych świata. Rosnące znaczenie kukurydzy wynika z jej wszechstronnego wykorzystania, zarówno w żywieniu zwierząt, jak i w różnych gałęziach przemysłu. Roślina ta znajduje zastosowanie między innymi jako surowiec do produkcji bioetanolu, materiał do bezpośredniego spalania, a także substrat do wytwarzania biogazu, co czyni ją atrakcyjnym gatunkiem do uprawy na glebach średnich i dobrych [Spurtacz i in. 2008]. Wzrost znaczenia kukurydzy obserwowany jest również w przemyśle browarniczym i gorzelniczym oraz w produkcji żywności funkcjonalnej i wysokobiałkowych izolatów białkowych, co może dodatkowo zwiększać jej rolę gospodarczą w przyszłości [Jurga 2012].

Istotnym kierunkiem użytkowania kukurydzy są także cele energetyczne. Wysoka podatność roślin na zakwaszenie oraz znaczny uzysk biogazu i metanu w procesie fermentacji beztlenowej

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address*: marek.nieweglowski@uws.edu.pl

* Badania wykonano w ramach projektu nr 248/26/B Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego

sprawiają, że kukurydza stanowi podstawowy surowiec do produkcji kiszonki wykorzystywanej jako wślad do biogazowni rolniczych [Szlachta i Tupieka 2013, Podstawka i Gołasa 2014].

Pomimo znacznego postępu hodowlanego oraz obserwowanego ocieplenia klimatu, uprawa kukurydzy na ziarno w Polsce zalecana jest głównie w rejonach charakteryzujących się korzystniejszymi warunkami termicznymi i siedliskowymi [Księżak 2008]. Do najważniejszych czynników wpływających na wysokość plonowania zalicza się przebieg warunków pogodowych, dobór odmiany o odpowiedniej liczbie FAO [Bukvić i in. 2003, Barłóg i Frąckowiak-Pawlak 2008] oraz poziom nawożenia [Księżak i in. 2012, Lepiarczyk i in. 2013]. W literaturze podkreśla się, że opłacalność produkcji kukurydzy, podobnie jak innych roślin uprawnych, jest ściśle uzależniona od wielkości uzyskanego plonu, a także od wilgotności ziarna w czasie zbioru, która wpływa na koszty jego dosuszania i przechowywania [Czułowska 2017, Gugała 2009, Spurtacz i in. 2008].

Celem pracy była ocena przychodów uzyskiwanych ze sprzedaży kukurydzy w zależności od wilgotności ziarna oraz grupy wczesności odmian.

MATERIAŁ I METODY

Analizą objęto odmiany kukurydzy, których wyniki uzyskano z trzech lokalizacji doświadczalnych prowadzonych w gospodarstwach rolnych współpracujących z firmą RAGT Semences Polska oraz Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych COBORU. Wyniki pochodziły z 2025 r. z doświadczeń prowadzonych w:

- I – w powiecie raciborskim – 38 odmian,
- II – w powiecie kędzierzyńsko-kozielskim – 37 odmian,
- III – w COBORU w Słupi Wielkiej – 16 odmian.

Analizę przeprowadzono w podziale na grupy wczesności, które przedstawiały się następująco: 19 odmian wczesnych (FAO 200–230), 35 odmian średnio wczesnych (FAO 240–250) i 37 odmian średnio późnych (FAO 260–290). W celu porównania przychodów z produkcji kukurydzy w zależności od wilgotności ziarna porównano dane przy wilgotności ziarna 30% i po wysuszeniu do 14% wilgotności.

W pierwszym przypadku, uwzględniono dodatek poniżej 30% wilgotności zbieranego ziarna w wysokości 5 zł za każdy % (za tonę), ewentualnie potrącenie powyżej 30% wilgotności w wysokości 13 zł za każdy % (za tonę). Cena w skupie tej kukurydzy wynosiła 440 zł·t⁻¹. W drugim przypadku, przychody uwzględniały koszt suszenia do 14% wilgotności w wysokości 14 zł za każdy procent suszenia 1 tony i cenę w skupie na poziomie 660 zł·t⁻¹. Obliczono także procentową różnicę przychodu, która była stosunkiem wartości plonu kukurydzy o wilgotności 14% do wartości plonu przy 30% wilgotności wyrażoną w procentach. Zabiegi agrotechniczne stosowano zgodnie z zasadami dobrej praktyki rolniczej.

Do opracowania i interpretacji uzyskanych wyników zastosowano metody analizy statystycznej oraz opisowo-tabelarycznej. Opracowanie statystyczne przeprowadzono metodą analizy wariancji, a istotność różnic pomiędzy średnimi oceniono testem Tukeya przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI BADAŃ

W przeprowadzonych badaniach oceniono wpływ wilgotności ziarna oraz grupy wczesności odmian kukurydzy na wartość uzyskiwanych przychodów w trzech lokalizacjach doświad-

czalnych. Analizą objęto odmiany wczesne (FAO 200–230), średnio wczesne (FAO 240–250) oraz średnio późne (FAO 260–290).

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ lokalizacji doświadczenia na wilgotność ziarna oraz efektywność ekonomiczną produkcji. We wszystkich grupach wczesności najwyższą

Tabela 1. Wyniki produkcyjne dla odmian wczesnych kukurydzy (FAO 200–230)

Table 1. Production results for early maize varieties (FAO 200–230)

Odmiana Variety	Wilgotność przy zbiorze Harvest moisture content	Plon Yield [t·ha ⁻¹]	Plon przy 14% wilgotności Yield at 14% moisture [t·ha ⁻¹]	Plon przy 30% wilgotności Yield at 30% moisture [t·ha ⁻¹]	Wartość plonu przy 30% wilgotności Crop value at 30% moisture (zł/PLN)	Wartość plonu przy 14% wilgotności Crop value at 14% moisture (zł/PLN)	Różnica przychodu Revenue difference [zł/PLN]
Powiat raciborski/Racibórz County							
ALYXX	23,8	12,89	11,42	14,03	4632,30	6738,30	2106,00
KELOXXS	28,0	14,22	11,91	14,63	5888,00	6599,10	711,10
CHROMIXX	23,5	13,33	11,86	14,57	4740,00	7026,70	2286,70
BERNAXX	23,0	14,22	12,73	15,64	4963,60	7594,70	2631,10
ELENIXX	28,7	14,22	11,79	14,49	6017,40	6459,70	442,30
METROPOLIXX	26,5	12,89	11,02	13,53	5084,70	6251,10	1166,40
ALOEXX	24,1	13,33	11,77	14,46	4844,00	6914,70	2070,70
FLUDEXXA	27,4	14,22	12,01	14,75	5777,10	6718,60	941,50
Średnio/Mean	25,6b	13,67a	11,81a	14,51a	5243,39a	6787,86a	1544,47
Powiat kędzierzyński-kozielski / Kędzierzyn-Koźle County							
KELOXXS	31,4	14,84	11,84	14,55	6259,50	6179,40	–80,10
ALYXX	30,8	13,97	11,24	13,81	6001,50	5934,50	–67,00
BERNAXX	35,7	15,15	11,33	13,92	5543,40	5396,40	–147,00
METROPOLIXX	34,0	14,34	11,01	13,52	5563,90	5449,20	–114,70
ELENIXX	37,4	14,92	10,86	13,35	5129,50	4959,40	–170,10
CHROMIXX	27,5	12,69	10,70	13,15	5742,20	5977,00	234,80
FLUDEXXA	34,5	15,31	11,66	14,33	5840,80	5710,60	–130,20
Średnio/Mean	33,0a	14,46a	11,23a	13,80a	5725,83a	5658,07b	–67,76
COBORU Słupia Wielka							
KELOXX	27,0	16,28	13,82	16,98	7799,80	7783,50	–16,30
METROPOLIXX	28,0	11,42	9,56	11,74	5320,60	5297,80	–22,80
EXXON	27,0	10,73	9,11	11,19	5138,70	5128,00	–10,70
RANCADOR	28,0	16,21	13,57	16,67	7552,40	7520,00	–32,40
Średnio/Mean	27,5b	13,66a	11,52a	14,15a	6452,88a	6432,33ab	–20,55

Średnie dla miejscowości oznaczone różnymi literami a,b (w kolumnach) różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$

Means for locations marked with different letters (a, b) in the columns differ significantly at $p \leq 0.05$

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych firmy RAGT i COBORU

Source: own calculations based on data from RAGT and COBORU

wilgotność ziarna odnotowano w lokalizacji II, natomiast najniższą w lokalizacji I. Średnia wilgotność ziarna w lokalizacji I wynosiła od 25,6% dla odmian wczesnych do 28,7% dla odmian średnio późnych, podczas gdy w lokalizacji II wzrastała odpowiednio od 33,0% do 39,1%. W doświadczeniach COBORU wartości te kształtowały się na poziomie od 27,5% do 28,8%.

W grupie odmian wczesnych (tab. 1) wilgotność ziarna w lokalizacji II (33,0%) była istotnie wyższa niż w lokalizacji I (25,6%) oraz III (27,5%). Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy lokalizacjami w zakresie plonu, jednak przychód uzyskany ze sprzedaży ziarna wysuszonego do 14% wilgotności był istotnie wyższy w lokalizacji I ($6787,86 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$) niż w lokalizacji II ($5658,07 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$). Szczegółowa analiza różnicy przychodu pomiędzy wartością plonu przy 14% wilgotności a wartością plonu przy 30% wilgotności wykazała, że w lokalizacji I suszenie ziarna było wyraźnie opłacalne, a wzrost przychodów wynosił od 107 do 153%. Najwyższe wartości odnotowano dla odmian BERNAXX (2631,10 zł) oraz CHROMIXX (2286,70 zł). W lokalizacji II większość odmian osiągała niższe przychody po suszeniu (97–99%). Jedynie odmiana CHROMIXX po wysuszeniu dała wyższy przychód o 234,80 zł. Natomiast w doświadczeniach COBORU różnice przychodu pomiędzy wariantami były minimalne i osiągały wartości ujemne.

Podobne zależności zaobserwowano w grupie odmian średnio wczesnych (tab. 2). Lokalizacja II charakteryzowała się istotnie najwyższą wilgotnością ziarna (35,9%), podczas

Tabela 2. Wyniki produkcyjne dla odmian średnio wczesnych kukurydzy (FAO 240–250)

Table 2. Production results for medium-early maize varieties (FAO 240–250)

Odmiana Variety	Wilgotność przy zbiorze Harvest moisture content	Plon Yield [t·ha ⁻¹]	Plon przy 14% wilgotności Yield at 14% moisture [t·ha ⁻¹]	Plon przy 30% wilgotności Yield at 30% moisture [t·ha ⁻¹]	Wartość plonu przy 30% wilgotności Crop value at 30% moisture (zł/PLN)	Wartość plonu przy 14% wilgotności Crop value at 14% moisture (zł/PLN)	Różnica przychodu Revenue difference [zł/PLN]
Powiat raciborski / Racibórz County							
CEDEXX	30,7	16,44	13,25	16,28	7085,90	7008,60	-77,30
XXENTURION	29,0	17,33	14,31	17,58	7401,30	7800,00	398,70
VELUX XO	29,3	16,89	13,88	17,06	7277,40	7529,10	251,70
KEPOXX	27,5	16,44	13,86	17,03	6701,10	7745,30	1044,20
PETERXXON	28,1	16,00	13,38	16,43	6644,80	7401,60	756,80
SMARTBOXX	26,8	16,44	14,00	17,20	6551,50	7906,50	1355,00
MAXXATAC	25,4	16,00	13,88	17,05	6083,20	8006,40	1923,20
OLDANOXX	27,7	14,67	12,33	15,15	6014,80	6866,90	852,10
GEDIMAXX	24,2	15,11	13,32	16,36	5509,50	7815,50	2306,00
ALPIXX	28,1	16,00	13,38	16,43	6644,80	7401,60	756,80
AXXIONAL	27,7	16,00	13,45	16,53	6561,60	7491,20	929,60
CHEERFUL	27,2	15,56	13,17	16,18	6278,20	7392,00	1113,80
SYNFONIXX	25,7	15,56	13,44	16,51	5974,90	7718,70	1743,80
LUNEXAL	26,3	14,22	12,19	14,97	5573,70	6937,60	1363,90
GREATFUL	22,9	14,67	13,15	16,15	5099,60	7852,50	2752,90
Średnio/Mean	27,1b	15,82ab	13,40a	16,46a	6360,15ab	7524,90a	1164,75

Tabela 2. cd.
Table 2. continuation

Odmiana Variety	Wilgotność przy zbiorze Harvest moisture content	Plon Yield [t·ha ⁻¹]	Plon przy 14% wilgotności Yield at 14% moisture [t·ha ⁻¹]	Plon przy 30% wilgotności Yield at 30% moisture [t·ha ⁻¹]	Wartość plonu przy 30% wilgotności Crop value at 30% moisture (zł/PLN)	Wartość plonu przy 14% wilgotności Crop value at 14% moisture (zł/PLN)	Różnica przychodu Revenue difference [zł/PLN]
Powiat kędzierzyńsko-kozielski/Kędzierzyn-Koźle County							
ALPIXX	34,9	15,70	11,88	14,60	5907,90	5768,20	-139,70
CEDEXX	36,2	16,12	11,96	14,69	5793,50	5629,10	-164,40
MAXXATAC	34,7	14,75	11,20	13,76	5588,80	5460,50	-128,30
XXENTURION	38,2	16,96	12,19	14,97	5654,50	5447,60	-206,90
OLDANOXX	35,2	17,07	12,86	15,80	6356,90	6199,80	-157,10
SMARTBOXX	34,3	17,52	13,38	16,45	6729,40	6584,00	-145,40
KEPOXX	37,6	17,81	12,92	15,88	6076,80	5870,20	-206,60
VELUXXO	36,7	17,86	13,15	16,15	6302,80	6111,70	-191,10
PETERXXON	36,8	16,79	12,34	15,16	5903,40	5722,00	-181,40
AXXIONAL	32,1	16,01	12,64	15,53	6607,30	6509,70	-97,60
GREATFUL	29,5	14,57	11,94	14,68	6447,20	6454,50	7,30
CHEERFUL	35,6	14,92	11,17	13,73	5478,60	5335,40	-143,20
SYNFONIXX	39,6	15,42	10,83	13,30	4860,40	4650,70	-209,70
LUNEXAL	41,0	14,92	10,24	12,58	4431,20	4207,40	-223,80
Średnio/Mean	35,9a	16,17a	12,05b	14,81b	5867,05b	5710,77b	-156,28
COBORU Słupia Wielka							
XXENTURION	28,0	15,59	13,06	16,04	7266,70	7235,60	-31,10
CEDEXX	28,0	13,83	11,58	14,23	6445,40	6417,80	-27,60
PETERXXON	29,0	17,32	14,30	17,57	7845,10	7793,10	-52,00
GEDIMAXX	27,0	13,03	11,06	13,59	6239,80	6226,80	-13,00
MAXOLETA	28,0	11,49	9,62	11,82	5356,30	5333,30	-23,00
LUNEXXAL	29,0	15,90	13,13	16,13	7202,90	7155,20	-47,70
Średnio/Mean	28,2b	14,53b	12,13ab	14,90ab	6726,03a	6693,63a	-32,40

Średnie dla miejscowości oznaczone różnymi literami a,b (w kolumnach) różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$

Means for locations marked with different letters (a, b) in the columns differ significantly at $p \leq 0.05$

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych firmy RAGT i COBORU

Source: own calculations based on data from RAGT and COBORU

gdy lokalizacje I i III nie różniły się istotnie pod tym względem. W lokalizacji I uzyskano istotnie wyższy plon po przeliczeniu do 14% wilgotności oraz najwyższy średni przychód ze sprzedaży ziarna (7524,90 zł·ha⁻¹), natomiast najniższe wartości odnotowano w lokalizacji II (5710,77 zł·ha⁻¹). Wzrost przychodów po wysuszeniu ziarna w lokalizacji I wynosił od 99 do 154%, a najwyższą opłacalność uzyskano dla odmian GREATFUL (2752,90 zł) i GEDIMAXX (2306,00 zł). W lokalizacji II wszystkie odmiany charakteryzowały się ujemnymi wartościami

przychodu po wysuszeniu, poza odmianą GREATFUL (7,30 zł), co wskazuje na brak ekonomicznego uzasadnienia suszenia. W lokalizacji III różnice pomiędzy analizowanymi odmianami nie przekraczały 1% i również osiągały wartości ujemne.

Największe zróżnicowanie wyników stwierdzono w grupie odmian średnio późnych (tab. 3). Wilgotność ziarna w lokalizacji II osiągnęła średnio 39,1% i była istotnie wyższa niż w pozostałych lokalizacjach. Jednocześnie lokalizacja I charakteryzowała się najwyższymi wartościami plonu oraz przychodów. Wartość plonu przy wilgotności 30% wyniosła tam średnio 7278,69 zł·ha⁻¹

Tabela 3. Wyniki produkcyjne dla odmian średnio późnych kukurydzy (FAO 260–290)

Table 3. Production results for medium-late maize varieties (FAO 260–290)

Odmiana Variety	Wilgotność przy zbiorze Harvest moisture content	Plon Yield [t·ha ⁻¹]	Plon przy 14% wilgotności Yield at 14% moisture [t·ha ⁻¹]	Plon przy 30% wilgotności Yield at 30% moisture [t·ha ⁻¹]	Wartość plonu przy 30% wilgotności Crop value at 30% moisture (zł/PLN)	Wartość plonu przy 14% wilgotności Crop value at 14% moisture (zł/PLN)	Różnica przychodu Revenue difference (zł/PLN)
Powiat raciborski/Racibórz County							
MOGABRIX	31,0	19,11	15,33	18,84	8160,40	8064,90	-95,50
PRODUXXION	30,3	18,67	15,13	18,59	8140,50	8060,30	-80,20
ALEXX	30,6	18,67	15,06	18,51	8067,70	7981,90	-85,80
PREXXTON	29,1	18,67	15,39	18,91	7994,90	8373,90	379,00
AUXKAR	30,2	17,78	14,43	17,73	7776,00	7701,30	-74,70
PINXXFLOYD	30,3	19,11	15,49	19,03	8334,40	8252,20	-82,20
TEXXIA	30,8	17,78	14,30	17,57	7637,30	7552,00	-85,30
DEXTER	30,1	16,44	13,37	16,42	7214,20	7146,80	-67,40
ZANETIXX	28,3	16,44	13,71	16,84	6872,10	7561,20	689,10
OLBLAXX	28,1	18,67	15,61	19,17	7752,30	8635,20	882,90
VOLRAXX	28,0	18,67	15,63	19,20	7728,00	8661,30	933,30
POXXTAL	28,6	16,89	14,02	17,23	7123,70	7694,60	570,90
LIPEXX	27,3	14,67	12,40	15,23	5938,50	6949,10	1010,60
EXXPOSITION	27,0	14,22	12,07	14,83	5703,10	6798,20	1095,10
EXXACT	21,0	14,67	13,47	16,55	4737,30	8242,70	3505,40
Średnio/Mean	28,7b	17,36a	14,36a	17,64a	7278,69a	7845,04a	566,35
Powiat kędzierzyńsko-kozielski/Kędzierzyn-Koźle County							
ALEXX	41,0	19,30	13,24	16,27	5732,10	5442,60	-289,50
PRODUXXION	34,8	14,31	10,85	13,33	5403,50	5277,50	-126,00
MOGABRIX	40,5	16,94	11,72	14,40	5141,30	4895,70	-245,60
AUXKAR	34,9	18,83	14,25	17,51	7085,70	6918,10	-167,60
TEXXIA	34,8	17,87	13,55	16,65	6747,70	6590,50	-157,20
EXXACT	40,0	20,20	14,09	17,31	6262,00	5979,20	-282,80
DEXTER	40,0	19,20	13,40	16,45	5952,00	5683,20	-268,80
PINXXFLOYD	42,0	19,13	12,90	15,85	5432,90	5126,80	-306,10

Tabela 3. cd.

Table 3. continuation

Odmiana Variety	Wilgotność przy zbiorze Harvest moisture content	Plon Yield [t·ha ⁻¹]	Plon przy 14% wilgotności Yield at 14% moisture [t·ha ⁻¹]	Plon przy 30% wilgotności Yield at 30% moisture [t·ha ⁻¹]	Wartość plonu przy 30% wilgotności Crop value at 30% moisture (zł/PLN)	Wartość plonu przy 14% wilgotności Crop value at 14% moisture (zł/PLN)	Różnica przychodu Revenue difference [zł/PLN]
PREXXTON	41,7	16,18	10,97	13,47	4658,20	4404,20	-254,00
ZANETIXX	43,3	16,89	11,14	13,68	4511,30	4219,10	-292,20
VOLRAXX	39,3	16,32	11,52	14,15	5207,70	4990,70	-217,00
OLBLAXX	40,5	17,13	11,85	14,56	5199,00	4950,60	-248,40
POXXTAL	38,3	16,52	11,85	14,56	5486,30	5283,10	-203,20
LIPEXX	37,3	17,00	12,39	15,23	5866,70	5674,60	-192,10
INEDIXX	38,6	18,68	13,34	16,39	6130,80	5895,40	-235,40
EXXPOSITION	41,2	17,08	11,68	14,35	5028,40	4768,70	-259,70
Średnio/Mean	39,1a	17,63a	12,47b	15,32b	5615,35b	5381,25c	-234,10
COBORU Słupia Wielka							
MOGABRIXX	27,0	16,59	14,08	17,30	7946,60	7930,00	-16,60
TEXXIA	29,0	15,63	12,91	15,86	7081,40	7034,50	-46,90
PINXXFLOYD	28,0	15,13	12,67	15,57	7052,50	7022,20	-30,30
AUXAR	29,0	13,60	11,23	13,80	6161,50	6120,70	-40,80
MOXXARELA	30,0	12,38	10,07	12,38	5445,20	5395,70	-49,50
VOLRAXX	30,0	15,21	12,38	15,21	6692,70	6631,90	-60,80
Średnio/Mean	28,8b	14,76b	12,22b	15,02b	6729,98b	6689,17b	-40,81

Średnie dla miejscowości oznaczone różnymi literami a,b,c (w kolumnach) różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$

Means for locations marked with different letters (a,b,c) in the columns differ significantly at $p \leq 0.05$

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych firmy RAGT i COBORU

Source: own calculations based on data from RAGT and COBORU

i była istotnie wyższa niż w lokalizacji II (5615,35 zł·ha⁻¹) oraz III (6729,98 zł·ha⁻¹). Analogiczną zależność stwierdzono dla przychodu po wysuszeniu ziarna do 14% wilgotności, który osiągnął 7845,04 zł·ha⁻¹ w lokalizacji I oraz 5381,25 zł·ha⁻¹ w lokalizacji II. Większość odmian w lokalizacji I wykazywała niewielkie różnice pomiędzy wariantami wilgotności, jednak dla części odmian odnotowano znaczący wzrost przychodów po suszeniu, m.in. EXXACT (3505,40 zł), EXXPOSITION (1095,10 zł) i LIPEXX (1010,60 zł). W lokalizacji II wszystkie odmiany osiągały niższe przychody po suszeniu, podobnie było w doświadczeniach COBORU.

Analiza procentowej różnicy przychodów, która była stosunkiem wartości plonu kukurydzy o wilgotności 14% do wartości plonu przy 30% wilgotności wyrażoną w procentach (tab. 4) wykazała, że opłacalność suszenia była silnie uzależniona od lokalizacji i związanej z nią wilgotności ziarna podczas zbioru. W lokalizacji I średnio wskaźnik przychodów po suszeniu wynosił od 110% dla odmian średnio późnych do 131% dla odmian wczesnych, co wskazuje na ekonomiczne uzasadnienie ponoszenia dodatkowych kosztów suszenia. W lokalizacji II wartości te kształtowały się na poziomie 96–99%, co oznaczało brak opłacalności tego zabiegu.

Tabela 4. Procentowa średnia różnica przychodu [w %]

Table 4. Average percentage difference in revenue [%]

Grupa wczesności Maturity group	Powiat raciborski Racibórz County	Powiat kędzierzyńsko-kozielski Kędzierzyn-Koźle County	COBORU Słupia Wielka
Wczesne/Early (FAO 200–230)	131	99	100
Średnio wczesne/Mid-early (FAO 240–250)	120	97	100
Średnio późne/Mid-late (FAO 260–290)	110	96	99

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych firmy RAGT i COBORU

Source: own calculations based on data from RAGT and COBORU

W doświadczeniach COBORU wskaźnik wynosił od 99 do 100%, świadcząc o niewielkim wpływie suszenia na końcowy wynik ekonomiczny. Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują, że głównym czynnikiem różnicującym efektywność ekonomiczną produkcji kukurydzy była wilgotność ziarna w momencie zbioru. Niższa wilgotność ziarna w lokalizacji I ograniczała koszty suszenia i umożliwiała uzyskanie najwyższych przychodów, natomiast wysoka wilgotność odnotowana w lokalizacji II obniżała opłacalność produkcji pomimo często wysokiego potencjału plonowania odmian.

DYSKUSJA

Uzyskane wyniki potwierdzają, że efektywność ekonomiczna produkcji kukurydzy na ziarno jest determinowana nie tylko wielkością plonu, lecz przede wszystkim wilgotnością ziarna w momencie zbioru. Koszty suszenia stanowią jeden z najważniejszych elementów wpływających na końcowy wynik ekonomiczny gospodarstwa, dlatego poziom wilgotności ziarna może w istotnym stopniu modyfikować opłacalność produkcji. Podobne zależności opisali Czułowska [2017] oraz Gugała [2009], wskazując, że wilgotność ziarna podczas zbioru jest jednym z kluczowych czynników warunkujących efekty ekonomiczne uprawy kukurydzy. Zgodne wnioski przedstawili również Shang i in. [2021], podkreślając, że optymalna wilgotność ziarna oraz tempo jego dosychania w polu mają zasadnicze znaczenie dla opłacalności produkcji.

Przeprowadzone badania wykazały istotne zróżnicowanie wyników pomiędzy lokalizacjami. Najkorzystniejsze warunki odnotowano w lokalizacji I (powiat raciborski), gdzie wilgotność ziarna podczas zbioru była najniższa. W tych warunkach suszenie ziarna do poziomu 14% wilgotności było ekonomicznie uzasadnione, co przełożyło się na najwyższe wartości uzyskanych przychodów. Odminną sytuację zaobserwowano w lokalizacji II (powiat kędzierzyńsko-kozielski), gdzie wysoka wilgotność ziarna znacząco zwiększała koszty suszenia i prowadziła do obniżenia opłacalności produkcji. Wyniki te potwierdzają, że o efektywności ekonomicznej decyduje nie tylko potencjał plonowania odmian, lecz również możliwość ograniczenia kosztów związanych z przygotowaniem ziarna do sprzedaży.

Zaobserwowane różnice pomiędzy lokalizacjami wskazują na istotny wpływ warunków środowiskowych na przebieg dojrzewania roślin oraz końcową wilgotność ziarna. Niu i in. [2022] wykazali, że przebieg warunków wodnych w okresie wegetacji wpływa na reakcje fizjologiczne kukurydzy, efektywność wykorzystania wody oraz rozwój systemu korzeniowego. Autorzy podkreślają również, że stabilniejsze warunki wilgotnościowe ograniczają stres wodny roślin,

co może pośrednio wpływać na przebieg dojrzewania i kształtowanie cech plonu. Uzyskane wyniki są również zgodne z obserwacjami Książaka [2008], który zwracał uwagę na znaczącą rolę warunków środowiskowych w produkcji kukurydzy w Polsce.

Analiza grup wczesności wykazała, że odmiany wczesne charakteryzowały się niższą wilgotnością ziarna podczas zbioru niż odmiany średnio późne. Tendencja ta znajduje potwierdzenie w badaniach Bukvicia i in. [2003] oraz Barłoga i Frąckowiak-Pawlak [2008], którzy podkreślali znaczenie właściwego doboru liczby FAO do warunków siedliskowych. Według tych autorów odmiany wcześniejsze szybciej oddają wodę podczas dojrzewania, dzięki czemu mogą ograniczać koszty suszenia i poprawiać efektywność ekonomiczną produkcji.

W badaniach własnych odmiany średnio późne osiągały często wyższe plony, jednak jednocześnie charakteryzowały się najwyższą wilgotnością ziarna podczas zbioru. Podobne zależności opisali Yurchenko i in. [2024], wskazując, że odmiany o wyższym FAO mogą cechować się większym potencjałem plonowania, ale jednocześnie wymagają większych nakładów związanych z dosuszaniem ziarna. Znaczenie tej cechy podkreślają również Wang i in. [2022], którzy wykazali, że tempo dosychania ziarna jest jednym z najważniejszych czynników wpływających na przydatność odmian do zbioru i przechowywania. Z kolei Zhang i in. [2022] zwracają uwagę, że zdolność szybkiego oddawania wody przez ziarno stanowi obecnie jedną z kluczowych cech uwzględnianych w programach hodowlanych kukurydzy.

Wyniki uzyskane w doświadczeniach COBORU wskazują natomiast, że przy umiarkowanej wilgotności ziarna wpływ suszenia na końcowy wynik ekonomiczny może być niewielki. Sugeruje to, że decyzja o suszeniu ziarna powinna być podejmowana indywidualnie, z uwzględnieniem aktualnych warunków pogodowych, wilgotności surowca, kosztów energii oraz relacji cenowych pomiędzy ziarnem mokrym i suchym.

Podsumowując, przeprowadzone badania oraz wyniki innych autorów jednoznacznie wskazują, że wilgotność ziarna podczas zbioru jest jednym z najważniejszych czynników decydujących o opłacalności produkcji kukurydzy. Ostateczny wynik ekonomiczny zależy od współdziałania cech odmianowych, warunków środowiskowych oraz kosztów suszenia, dlatego przy wyborze odmiany i terminu zbioru konieczne jest uwzględnienie lokalnych warunków produkcji.

WNIOSKI

1. Wilgotność ziarna w momencie zbioru jest jednym z kluczowych czynników determinujących opłacalność produkcji kukurydzy na ziarno.
2. Suszenie ziarna do 14% wilgotności jest opłacalne przede wszystkim w warunkach niskiej wilgotności początkowej (ok. 25–28%), gdzie koszty dosuszania są relatywnie niewielkie.
3. W przypadku wysokiej wilgotności ziarna (powyżej 30–35%) koszty suszenia znacząco obniżają przychody, co często czyni bardziej opłacalną sprzedaż ziarna mokrego.
4. Odmiany wczesne, mimo niższego potencjału plonowania, mogą zapewniać korzystniejsze wyniki ekonomiczne ze względu na niższą wilgotność ziarna w czasie zbioru.
5. Odmiany średnio późne osiągają wyższe plony, jednak ich wyższa wilgotność może ograniczać opłacalność poprzez zwiększone koszty suszenia.
6. Istotne zróżnicowanie wyników pomiędzy lokalizacjami wskazuje na duży wpływ warunków środowiskowych na efektywność ekonomiczną produkcji.
7. Optymalna strategia zagospodarowania ziarna powinna być każdorazowo dostosowana do warunków lokalnych oraz aktualnych relacji cenowych na rynku.

PIŚMIENNICTWO

- Barłóg P., Frąckowiak-Pawlak K. 2008. Effect of mineral fertilization on yield of maize cultivars differing in maturity scale. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 7(4): 5–17.
- Bukvić G., Antunović M., Popvić S., Rastija M. 2003. Effect of P and Zn fertilization on biomass yield and its uptake by maize lines (*Zea mays* L.). *Plant Soil Environ.* 49(11): 505–510.
- Czułowska M. 2017. Analiza porównawcza wyników ekonomicznych kukurydzy uprawianej na ziarno suche i mokre. *Rocz. Nauk. SERiA* 19(1): 32–37. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0009.8335>.
- Gugała M. 2009. Opłacalność produkcji kukurydzy (*Zea mays*) na ziarno w środkowo-wschodniej Polsce. *Rocz. Nauk. SERiA* 11(1): 136–138.
- Jurga R. 2012. Przetwórstwo kukurydzy – możliwości wykorzystania. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 9: 34–38.
- Księżak J. 2008. Regionalne zróżnicowanie uprawy kukurydzy w Polsce w latach 2000–2006. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 7(4): 47–60.
- Księżak J., Bojarszczuk J., Staniak M. 2012. Produkcyjność kukurydzy i sorga w zależności od poziomu nawożenia azotem. *Pol. J. Agron.* 8: 20–28.
- Lepiarczyk A., Filipek-Mazur B., Tabak M., Joniec A. 2013. Wpływ nawożenia azotem i siarką na plonowanie i skład chemiczny ziarna kukurydzy. Część I. Wielkość i komponenty plonu ziarna kukurydzy. *Fragm. Agron.* 30(3): 115–122.
- Niu L., Wang Z., Zhu G., Yu K., Li G., Long H. 2022. Stable soil moisture improves the water use efficiency of maize by alleviating short-term soil water stress. *Front. Plant Science* 13, art. no. 833041. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.833041>.
- Podstawka M., Gołasa P. 2014. Możliwości finansowania biogazowni w gospodarstwach rolnych. *Rocz. Nauk. SERiA* 16(2): 229–233.
- Shang G., Bo M., Lu-lu L., Xue-bo Y., Jun X., Ke-ru W., Rui-zhi X., Shao-kun L. 2021. Relationship and distribution of in-field dry-down and equilibrium in maize grain moisture content. *Agric. Forest Meteorol.* 304–305, art. no. 108409. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108409>.
- Sputarcz S., Pudalko J., Majchrzak L. 2008. Opłacalność uprawy kukurydzy na ziarno w warunkach produkcyjnych w latach 2005–2007. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 7(4): 117–124.
- Szlachta J., Tupieka M. 2013. Analiza opłacalności produkcji kukurydzy z przeznaczeniem na kiszonkę jako substratu do biogazowni. *Inż. Rol.* 17(3): 375–386.
- Wang W., Ren Z., Li L., Du Y., Zhou Y., Zhang M., Li Z., Yi F., Duan, L. 2022. Meta-QTL analysis explores the key genes, especially hormone related genes, involved in the regulation of grain water content and grain dehydration rate in maize. *BMC Plant Biology* 22, art. no. 346. <https://doi.org/10.1186/s12870-022-03738-y>.
- Wirkowska M., Brys J., Kowalski B. 2008. Wpływ aktywności wody na stabilność hydrolityczną i oksydacyjną tłuszczu wyekstrahowanego z ziaren kukurydzy. *Żyw. Nauka Technologia Jakość* 15(5): 273–281.
- Yurchenko S., Stepanenko B., Khachaturian A. 2024. Grain yield of corn hybrids depends on their maturity group. *Scientific Progress & Innovations* 27(4). <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.04.11>.
- Zhang G.P., Marasini M., Li W.W., Zhang F.L. 2022. Grain filling leads to backflow of surplus water from the maize grain to the cob and plant via the xylem. *Front. Plant Science* 13, art. no. 1008896. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1008896>.

Podziękowania: Autor dziękuje firmie RAGT Semences Polska za udostępnienie danych wykorzystanych w pracy.

M. NIEWĘGŁOWSKI

**THE IMPACT OF MAIZE VARIETY MATURITY GROUP AND GRAIN MOISTURE
ON REVENUE FROM MAIZE PRODUCTION**

Summary

The aim of the study was to evaluate the impact of grain moisture and maize variety maturity groups on production economic efficiency under varying environmental conditions. The analysis covered maize varieties from three maturity groups: early (FAO 200–230), medium-early (FAO 240–250), and medium-late (FAO 260–290). The research was conducted at three locations: Racibórz County, Kędzierzyn-Koźle County, and COBORU post-registration trials in Słupia Wielka. Grain yield, moisture content at harvest, and revenue from grain sales –calculated both at 30% moisture and after drying to 14% were evaluated. The results demonstrated a significant influence of location on grain moisture and economic outcomes. The lowest grain moisture was recorded in Racibórz County (25.6–28.7%), while the highest was observed in Kędzierzyn-Koźle County (33.0–39.1%). Under conditions of lower grain moisture, drying was economically justified, resulting in revenue increases ranging from 110% to 131%, depending on the maturity group. At the location with the highest grain moisture, this ratio ranged from 94% to 99%, indicating that drying was not profitable. In the COBORU trials, differences between the analyzed variants were minor, falling within the 99–100% range. The analysis revealed that grain moisture at harvest was the primary factor determining the profitability of maize production. Lower moisture content reduced drying costs and enabled higher revenues, whereas high grain moisture significantly impaired the economic efficiency of production. The results indicate the need to consider local environmental conditions and varietal characteristics when making decisions regarding harvest timing and grain management.

Key words: maize, cereal products, FAO group, grain drying, cost-effective, revenues, yield

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 21.07.2026

Do cytowania – *For citation*:

Niewęgłowski M. 2026. Wpływ warunków środowiskowych i wilgotności ziarna na przychody z produkcji kukurydzy. *Fragm. Agron.* 43(2): 1–11.