Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Katedra Agronomii

SPRAWOZDANIE Z PROJEKTU:

Możliwości uprawy sorgo (*Sorghum bicolor* Moench.) w warunkach produkcyjnych Polski północno-zachodniej i porównanie jego plonowania z kukurydzą

Zespół pod kierunkiem Prof. dr hab. inż. Sławomira Stankowskiego:

1. **dr hab. Marek Bury**
2. **dr hab. Eleonora Wrzesińska**
3. **dr Grzegorz Hury**
4. **inż. Michał Zalesak**

Szczecin 2013

Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie
KATEDRA AGRONOMII
71-459 Szczecin, ul. Pawła VI 3
tel./fax 91 449 02 91
agronomia@zut.edu.pl

Kierownik Katedry

prof. dr hab. Sławomir Stankowski

Spis treści:

Wstęp 3

1. Cel badań 3
2. Zakres obowiązków 4
3. Metodyka 4

3.1. Planik doświadczenia 5

4. Agrotechnika 6
5. Wyniki 9

5.1. Wyniki badań dotyczące budowy morfologicznej sorgo i plonowania 9

5.1.1. Powierzchnia asymilacyjna 9

5.1.2. Wysokość roślin 10

5.1.3. Średnica łodygi 11

5.1.4. Indeks zieloności liści 12

5.1.5. Masa jednej rośliny 13

5.1.6. Masa jednej wiechy i udział wiech w plonie 14

5.1.7. Plon świeżej masy sorgo 15

5.1.8. Zawartość suchej masy 16

5.2. Wyniki dotyczące budowy morfologicznej kukurydzy i jej plonowania 17

5.2.1. Powierzchnia asymilacyjna 18

5.2.2. Wysokość roślin 19

5.2.3. Średnica łodygi 20

5.2.4. Indeks zieloności liści 21

5.2.5. Masa jednej rośliny 22

5.2.6. Masa jednej kolby i udział kolb w plonie 23

5.2.7. Plon świeżej masy kukurydzy 24

5.2.8. Zawartość suchej masy 25

6. Plony suchej masy sorgo i kukurydzy 25
7. Podsumowanie 28

Wstęp

Sorgo, jako roślina zbliżona do kukurydzy, a jednocześnie cechująca się niższymi wymaganiami klimatycznymi (przede wszystkim dużo wyższą odpornością na suszę), może stanowić dobre uzupełnienie dla kukurydzy, jako źródło paszy w postaci zielonki i siana oraz biogazu. Sorgo, podobnie jak kukurydza, jest rośliną szlaku fotosyntezy C4. Rośliny o takim szlaku fotosyntetycznym cechują się lepszym wykorzystaniem CO_2, i wyższą wydajnością plonowania niż rośliny cyklu C3. Sorgo, dzięki głębokiemu systemowi korzeniowemu i zdolności przechodzenia w stan uśpienia przy dużych niedoborach wody, charakteryzuje się wyższą niż kukurydza odpornością na suszę. Ponad to liście sorgo dzięki warstwie wosku pokrywającego blaszki i pochewki liściowe transpirują mniej wody niż kukurydza. Sorgo może być uprawiane na większości gleb Polski. Rozwija się szczególnie dobrze na glebach lekkich, natomiast źle znosi uprawę na glebach bardzo ciężkich, zimnych i wilgotnych. Roślina ta preferuje gleby lekko kwaśne (pH 5,6-6,5) i jest dość odporna na zasolenie gleby. Chociaż nie ma odmian sorgo zwyczajnego zarejestrowanych w Polsce, to producenci rolni mogą korzystać z unijnego katalogu odmian [Dz. U. UE 2011/C380 A/01], w którym sklasyfikowano ponad 250 odmian tego gatunku.

Badania przeprowadzono w gospodarstwie w Prusinowie, należącego do Szczecińskiej Centrali Nasiennej, a opierały się one na doświadczeniach łanowych, których celem było porównanie wzrostu i rozwoju trzech odmian sorga zwyczajnego (*Sorghum bicolor*) z trzema odmianami kukurydzy (*Zea mays*) oraz określenie przydatności dostępnych w Europie odmian ww. gatunków do uprawy w warunkach Pomorza Zachodniego. Poznanie biologii tych gatunków, ich reakcji na warunki agroklimatyczne Pomorza Zachodniego, zapoznanie się z agrotechniką ich uprawy (termin siewu, ilość wysiewu, zwalczanie chwastów, zagrożenie agrofagami, pielęgnacja, termin i technika zbioru) oraz wpływu na zmianowanie było niemniej istotnym celem badań.

1. Cel badań

Wykonanie doświadczenia łanowego miało na celu określenia potencjalnych plonów biomasy sorgo w warunkach tradycyjnej uprawy polowej i porównanie ich z

plonami kukurydzy przeznaczonej na kiszonkę. Poza tym poznanie możliwych zagrożeń, jakie mogą wystąpić w trakcie uprawy. Celem doświadczeń było:

- Określenie agrotechniki sorgo w warunkach Pomorza Zachodniego
- Ocena potencjalnych plonów sorgo i porównanie ich z plonem kukurydzy
- Określenie wpływu dawki nawożenia azotem na plonowanie sorgo i kukurydzy.

2. Zakres obowiązków:

1. **Prof. dr hab. inż. Sławomir Stankowski - Kierownik**, kontrola i nadzór merytoryczny nad całością projektu
2. **dr hab. Marek Bury - Wykonawca**, nadzór merytoryczny, praca przy analizach polowych, zbiór roślin, statystyczna obróbka danych
3. **dr hab. Eleonora Wrzesińska - Wykonawca**, nadzór merytoryczny, praca przy analizach polowych, zbiór roślin
4. **dr Grzegorz Hury - Wykonawca**, nadzór merytoryczny, praca przy analizach polowych, zbiór roślin
5. **inż. Michal Zalesak – Wykonawca** (student z Tomas Bata University in Zlin (Czechy) w ramach międzynarodowej praktyki IAESTE), praca przy analizach, zbiór roślin i obróbka materiału roślinnego

3. Metodyka

Doświadczenie wdrożeniowe z sorgo paszowym i kukurydzą kiszonkową

Doświadczenie łanowe trójczynnikowe w układzie pasów prostopadłych w dwóch powtórzeniach obejmowało następujące czynniki:

A. czynnik I - gatunek:

- sorgo
- kukurydza

B. czynnik II – odmiana (po 3 odmiany każdego gatunku)

- Sorgo: KWS Sole
- KWS Freya

- KWS Tarzan
- Kukurydza: Fernandez
- Atletico
- Cannavaro

C. czynnik III - dawka nawożenia (kg N · ha^{-1}):

- 100
- 150
- 200

Schemat ideowy:

SORGO			KUKURYDZA		
O_1	O_2	O_3	O_2	O_3	O_1
D_1	D_1	D_1	D_1	D_1	D_1
D_2	D_2	D_2	D_2	D_2	D_2
D_3	D_3	D_3	D_3	D_3	D_3

Podczas wegetacji wykonywano pomiary wysokości łanu w celu określenia dynamiki wzrostu. Wykonano również pomiary transmisji światła w łanie (ceptometrem AccuPar firmy Dekagon, wyrażone jako LAI (indeks powierzchni asymilacyjnej) oraz pomiary metodą fotooptyczną analizatorem SPAD-502 firmy Minolta SPAD (indeks zieloności liści (SPAD = jednostek umownych zawartości chlorofilu) w celu określenia stopnia wykorzystania promieni słonecznych przez rośliny, a także terminów najwyższego zapotrzebowania na azot.

Przed zbiorze roślin przeprowadzono pomiary biometryczne na 10 wybranych roślinach, w których mierzono wysokość i średnicę pędów oraz oceniony zostanie potencjalny plon biomasy. Próby reprezentatywne zostaną poddane analizom mającym na celu oznaczenie zawartości białka i wybranych mikroskładników.

W trakcie trwania doświadczenia prowadzone będą obserwacje na występowanie chorób i szkodników na roślinach, w razie zaistnienia takiej potrzeby stosowane będą odpowiednie środki chemiczne w celu zwalczenia zagrożeń.

3.1. Planik doświadczenia

Planik doświadczenia przedstawiono graficznie i załączono w schemacie 2.

Schemat 2. Planik doświadczenia z sorgo i kukurydzą.

Sorgo / kukurydza		200 kg N · ha^{-1}	150 kg N · ha^{-1}	100 kg N · ha^{-1}
obsiew kukurydza		powtórzenie		
obsiew KWS i Pioneer				
KWS Cannavaro 310 8 rzędów, co 75cm		19 A B C D	20	21
KWS Atletico 280 8 rzędów, co 75cm		16 A B C D	17	18
KWS Fernandez 260 **8 rzędów, co 75cm**		13 A B C D	14	15
KWS Tarzan 12 rzędów, co 45cm	**droga** **sorgo (obsiew)**	10 A B C D	11	12
KWS Freya 12 rzędów, co 45cm		7 A B C D	8	9
KWS Sole 12 rzędów, co 45cm		4 A B C D	5	6
KWS Tarzan (obsiew) **12 rzędów**, co 45cm		1	2	3
Fernandez 260 (obsiew) **4 rzędy, co 75cm**				
		teren gospodarstwa		

4. Agrotechnika

Doświadczenie łanowe z nawożeniem mineralnym azotem oraz odmianami sorgo i kukurydzy założono na polu nr 8 w Gospodarstwie Rolnym Prusinowo koło Gryfic metodą pasów prostopadłych w maju 2013, w terminie późniejszym dla kukurydzy, ale wczesnym bądź optymalnym dla sorgo.

Przygotowanie stanowiska

Na pastwisku, przy obiektach gospodarczych, zastosowano jesienią 2012 roku herbicyd nieselektywny Roundup (zwalczający większość gatunków jednorocznych i wieloletnich gatunków chwastów) i talerzówkę, by zniszczyć wieloletnie zadarnienie i przygotować pole do uprawy mechanicznej. Wiosną (5.03.2013r.) pole zwałowano, a występujące od 9.03.2013 intensywne opady śniegu (ok. 20 cm) uniemożliwiły wykonanie dalszych prac polowych. Po stopnieniu śniegu zastosowano ponownie Roundup (17.04.2013). Dnia 8.05.2013 wykonano orkę na głębokość 30-33 cm pługiem obracanym 5-skibowym z przedpłużkiem i z wałem Campbella.

Nawożenie

Przed orką (na początku maja 2013 roku) zastosowano nawożenie mineralne NPK:
- (6.05.2013) fosforan amonu (18% N i 46 P_2O_5) – 200 kg nawozu: **36** kg N i 92 kg P_2O_5
- (7.05.2013) Korn-Kali (40% K_2O, 6 MgO, 4 Na_2O, 12 SO_3) - 300 kg nawozu: 120 kg K_2O, 18 MgO, 12 kg Na_2O, 36 kg SO_3.

A po orce zastosowano nawożenie azotowe (13.05.2013) w formie mocznika. Łącznie zastosowano ok. 100 kg N na całości doświadczenia – I poziom nawożenia N. Następnie wymieszano nawozy i wykonano uprawę przedsiewną.

Ilość wysiewu

Sorgo wysiano 14.05.2013 siewnikiem punktowym buraczanym, co 45 cm i gęstości 25 nasion na 1 m^2, (co 8 cm w rzędzie), natomiast kukurydzę – siewnikiem punktowym 4- rzędowym do kukurydzy – gęstość wysiewu nasion KWS 91 000 - 93 000 szt. na 1 ha (co ok. 12,8 cm w rzędzie), w rozstawie rzędów co 75 cm.

Nasiona sorgo i kukurydzy były zaprawione zaprawą nasienną przed hodowcę.
Po siewie zastosowano herbicyd 3-składnikowy Lumax 537,5 SE (terbutylazyna 187,5g + mezotrion 37,5g + S-metolachlor 312,5 g). Oprysk wykonano 16.05.2013. W sorgo zastosowano dawkę 2 dm^3 na 1 ha, a w zasiewach kukurydzy – 3 dm^3 na 1 ha.

Po wschodach roślin (12.06.2013) zastosowano kolejne dawki nawożenia azotowego zgodnie ze schematem: stosowano mocznik 46% N – ok. 100 kg nawozu na 2 i 3 poziom nawożenia N (Wariant z 150 N) i ponownie 100 kg nawozu na 3 poziom (Wariant z 200 N).

Dnia 13.06.2013 roku wykonano tylko w kukurydzy oprysk herbicydem Milagro 040 SC w celu zwalczania obficie wschodzącego perzu i innych gatunków traw.

Początek wschodów kukurydzy i sorgo stwierdzono już 20.05.2013r., ale wschody trwały długo ze względu na niskie temperatury powietrza panujące w tym czasie (12-15^{0}C), zwłaszcza w nocy (4-8^{0}C). W okresie wegetacji nie stosowano insektycydów do zwalczania szkodników, ani fungicydów do zwalczania chorób – nie było takiej potrzeby (choroby i szkodniki nie zagrażały plantacji, bądź nie przekroczyły progu szkodliwości). Pewną trudnością techniczną byłoby wykonanie zabiegów chemicznych ze względu na dużą wysokość i zagęszczenie roślin (brak ścieżek przejazdowych oraz duża wysokość roślin.

Zbioru roślin dokonano w doświadczeniu ręcznie, by oszacować wielkość i strukturę plonu na podstawie prób o powierzchni 10,5m^2 (w 4 powtórzeniach), pobranych 7.10.2013r. (kukurydza osiągnęła dojrzałość kiszonkową, a sorgo było w fazie początku dojrzewania).

Po zbiorze na próbach z roślinami określono wilgotność i zawartość suchej masy. Zebrane dane liczbowe charakteryzujące budowę morfologiczną roślin oraz elementy struktury plonu poddano analizie statystycznej procedurą ANOVA przy pomocy programu prof. Franciszka Rudnickiego z Uniwersytetu Techniczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy – ANAL-VAR, wersja 5.4. Różnice testowano testem Tukey'a przy poziomie błędu $P \leq 0,05$.

5. Wyniki

W okresie wegetacji wykonywano regularne lustracje plantacji oceniając wzrost i rozwój roślin, zagrożenie przez szkodniki i choroby lub czynniki abiotyczne. Przed zbiorem wykonano pomiary biometryczne roślin sorgo i kukurydzy, które dotyczyły głównie budowy morfologicznej roślin. Określono też powierzchnię asymilacyjną obu gatunków za pomocą indeksu LAI (Leaf Area Index) oraz efektywność asymilacji – za pomocą indeksu zieloności liści (w jednostkach umownych zawartości chlorofilu, SPAD). W okresie dojrzałości tzw. kiszonkowej kukurydzy określono plon świeżej masy sorgo i kukurydzy, oznaczono zawartość suchej masy, a na tej podstawie plon suchej masy obu gatunków.

5.1. Wyniki badań dotyczące budowy morfologicznej sorgo i jego plonowania

Odmiany sorgo zwyczajnego posiane w gospodarstwie w Prusinowie rozwijały się bardzo dobrze. Sprzyjał temu korzystny przebieg warunków meteorologicznych, zwłaszcza w okresie najintensywniejszego wzrostu roślin, tj. w lipcu i sierpniu oraz we wrześniu. Głównie o rozwoju roślin decydowała temperatura, która od siewu sorgo (14.05.2013) do połowy czerwca była zwłaszcza w nocy zdecydowanie za niska (ok. 8-10^{0}C), ale taki przebieg wpływał korzystnie na rozwój systemu korzeniowego. Później utrzymywanie się wysokich temperatur zarówno w nocy (12-17^{0}C), jak i w dzień (18-27^{0}C) spowodowało szybki wzrost roślin.

Opady atmosferycznych były na ogół równomiernie rozłożone w okresie wegetacji i nie odbiegały od sumy z wielolecia. Nie zanotowano okresów posusznych.

Również warunki glebowe były odpowiednie dla wzrostu i rozwoju sorgo. Gleba zaliczana jest do gleb żyznych klasy IIIa/IVa, na której przedplonem dla sorgo było zaorane wieloletnie pastwisko i okólnik dla bydła. Gleba charakteryzowała się dużą żyznością i zasobnością w składniki pokarmowe, a wieloletnie trawy pozostawiły gruzełkowatą strukturę. Problemem z takim stanowiskiem mogły być wieloletnie gatunki chwastów rozłogowych (np. perz) i szkodniki wielożerne (np. pędraki). Ale sorgo i kukurydza wytwarzając bujną masę wegetatywną dobrze sobie radziła na takim stanowisku jako rośliny pionierskie.

5.1.1. Powierzchnia asymilacyjna

Odzwierciedleniem dobrego rozwoju roślin jest duża powierzchnia asymilacyjna roślin (łodyg i liści) w stosunku do powierzchni gleby. Pomiary transmisji światła w łanie

wykonano ceptometrem AccuPar firmy Dekagon i wyrażono wskaźnikiem = indeksem LAI (Leaf Area Index). Wynosił on ok. 3 (tab.1), co oznacza, że rośliny sorgo wytworzyły aparat asymilacyjny o powierzchni 3 m^2 każda w stosunku do 1 m^2 powierzchni gleby. Wszystkie odmiany wytworzyły powierzchnię asymilacyjną od 2,8 (odmiana KWS Sole) do 4 $m^2 \cdot m^{-2}$ (odmiana KWS Tarzan). Nie mniej jednak poszczególne odmiany sorgo nie różniły się (biorąc pod uwagę obliczenia statystyczne) pomiędzy sobą pod względem powierzchni asymilacyjnej. Natomiast stwierdzono istotną różnicę zmian powierzchni asymilacyjnej pod wpływem zastosowanego nawożenia mineralnego azotem (tab. 1). Na poletkach, na których zastosowano azot mineralny w dawce 100 kg na 1 ha, powierzchnia asymilacyjna wyrażona współczynnikiem LAI wynosiła ok. 2,2, niezależnie od odmiany. Była ona istotnie mniejsza od powierzchni asymilacyjnej wytworzonej przez rośliny sorgo pod wpływem największej dawki nawożenia azotowego, tj. 200 $kg \cdot ha^{-1}$ o 1,3 m^2. Świadczy to o tym, że rośliny sorgo dobrze wykorzystują obfite nawożenie mineralne oraz światło słoneczne, potrzebne do asymilacji.

Tab. 1. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na zmiany powierzchni asymilacyjnej (LAI) roślin [$m^2 \cdot m^{-2}$] badanych odmian sorgo.

Cultivars	N Fertilisation [$kg \cdot ha^{-1}$]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
KWS Sole	1,54	3,30	2,83	**2,56**	n.i.
KWS Freya	2,71	3,26	3,74	**3,24**	
KWS Tarzan	2,39	3,00	4,03	**3,14**	
Average	**2,21**	**3,19**	**3,53**	**2,98**	
$LSD_{0,05}$*	**1,270**				

* LSD - Least significant diference = NIR - najmniejsza istotna różnica

5.1.2. Wysokość roślin

Rośliny sorgo były bardzo wysokie – ich przeciętna wysokość wynosiła ok. 3,5 m (tab. 2). Analizując wysokość roślin przed zbiorem stwierdzono, że pomimo różnic w wysokości roślin pod wpływem nawożenia mineralnego azotem (od ok. 3,3 do 3,6 m) nie udało się wykazać zależności pomiędzy wielkością dawki azotu a wysokością roślin (różnice nieistotne statystycznie).

Jedynie badane odmiany różniły się od siebie wyraźnie, niezależnie od zastosowanej dawki nawożenia mineralnego. Najniższą odmianą okazała się odmiana KWS Freya (ok. 3,3 m wysokości), a najwyższą – odmiana KWS Tarzan o wysokości przekraczającej 4 m (tab. 2). Mimo tak znacznej wysokości roślin, sorgo nie wylegało, co ma pozytywny wpływ na bezawaryjny i sprawny zbiór mechaniczny biomasy przy pomocy sieczkarni polowej. Również uzyskuje się materiał niezanieczyszczony ziemią, co przyczynia się do uzyskania zielonki wysokiej jakości oraz materiału zielonego do dobrego zakiszenia.

Tab. 2. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na zmiany wysokości roślin przed zbiorem [cm] badanych odmian sorgo.

Cultivars	N Fertilisation [kg·ha^{-1}]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
KWS Sole	302,3	334,8	349,5	**328,8**	**36,144**
KWS Freya	319,8	326,3	329,3	**325,2**	
KWS Tarzan	361,0	369,8	405,5	**378,8**	
Average	**327,7**	**343,6**	**361,4**	**344,2**	
$LSD_{0,05}$	n.i.				

5.1.3. Średnica łodygi

Przeciętna grubość łodygi sorgo na wysokości koszenia wynosiła ok. 17 mm (tab. 3). Sorgo reagowało pozytywnie na zastosowane nawożenie mineralne azotem. Rośliny nie tylko były wyższe, ale i grubsze. Pod wpływem największej dawki nawożenia mineralnego azotem (200 kg N na 1ha) sorgo wykształciło łodygi o średnicy ok. 18 mm, były one istotnie grubsze (potwierdzono to analizą statystyczną wyników) od roślin wyrosłych na obiektach nawożonych dawką 100 kg N na 1 ha, których łodygi posiadały średnicę ok. 15 mm (Tab. 3).

Odmiany pomiędzy sobą różniły się istotnie pod względem średnicy łodygi. Zarówno odmiana KWS Sole, jak i KWS Freya, niezależnie od poziomu nawożenia azotowego, wykształciły łodygi wyraźnie cieńsze (ok. 15 mm) niż łodygi odmiany Tarzan, których średnica wynosiła ok. 20 mm, co potwierdzono wynikami analiz statystycznych (Tab. 3).

Tab. 3. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na zmiany średnicy łodygi, mierzonej na wysokości koszenia [mm] badanych odmian sorgo.

Cultivars	N Fertilisation [kg·ha^{-1}]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
KWS Sole	14,0	14,5	16,3	**14,9**	2,562
KWS Freya	14,5	15,5	16,0	**15,3**	
KWS Tarzan	17,3	20,5	21,5	**19,8**	
Average	**15,3**	**16,8**	**17,9**	**16,7**	
$LSD_{0,05}$	2,562				

5.1.4. Indeks zieloności liści

Sorgo uzyskując tak dużą wysokość, grubość oraz wytwarzając bardzo dużą powierzchnię asymilacyjną dobrze też wykorzystywało składniki pokarmowe, zwłaszcza azot. Można tak twierdzić na podstawie zawartości chlorofilu w liściach, wyrażonego przez tzw. indeks zieloności liści w jednostkach umownych SPAD. Pomiary metodą fotooptyczną wykonano analizatorem SPAD-502 firmy Minolta (Tab. 4).

Wszystkie odmiany zawierały od ok. 45,5 (odmiana KWS Tarzan) do ok. 49 jednostek SPAD (odmiana KWS Sole). Nie mniej jednak poszczególne odmiany sorgo nie różniły się (biorąc pod uwagę obliczenia statystyczne) pomiędzy sobą pod względem indeksu zieloności liści (zawartości chlorofilu), co świadczy o podobnym wykorzystaniu przez wszystkie odmiany składników pokarmowych (Tab. 4).

Wyraźne różnice stwierdzono pod wpływem zwiększającego się nawożenia mineralnego azotem. W miarę zwiększenia dawki azotu mineralnego od 100 kg N na 1 ha następował sukcesywny wzrost indeksu zieloności liści od ok. 45 SPAD poprzez ok. 47,5 SPAD na obiektach nawożonych dawką 150 kg N i do ok. 52,8 SPAD na obiektach nawożonych największą dawką azotu mineralnego (200 kg N·ha^{-1}). Statystycznie istotny wzrost indeksu zieloności stwierdzono jedynie pomiędzy najmniejszą i największą dawką nawożenia mineralnego azotem (Tab. 4).

Tab. 4. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na zmiany Indeksu zieloności liści [SPAD] badanych odmian sorgo.

Cultivars	N Fertilisation [kg·ha^{-1}]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
KWS Sole	44,10	46,40	55,87	**48,79**	
KWS Freya	49,17	51,00	52,43	**50,87**	n.i.
KWS Tarzan	41,40	44,97	50,17	**45,51**	
Average	**44,89**	**47,46**	**52,82**	**48,39**	
$LSD_{0,05}$	7,082				

5.1.5. Masa jednej rośliny

Analizując budowę morfologiczną roślin sorgo oceniono wielkość i masę pojedynczej rośliny. Jedna roślina sorgo wykształciła masę ok. 380 g niezależnie od badanych czynników (Tab.5). Stwierdzono istotne zmiany w masie pojedynczej rośliny zarówno pod wpływem nawożenia mineralnego azotem, jak i różnice odmianowe. Na obiektach nawożonych dawką 100 i 150 kg azotu mineralnego na 1 ha jedna roślina sorgo ważyła przeciętnie ok. 280 g. Zwiększenie nawożenia mineralnego do 200 kg N na 1 ha spowodowało istotny, dwukrotny wzrost masy pojedynczej rośliny (Tab. 5).

Spośród badanych odmian sorgo najmniejszą masą pojedynczej rośliny charakteryzowała się odmiana KWS Freya, której rośliny ważyły ok. 300 g niezależnie od poziomu nawożenia mineralnego azotem. Istotnie większe rośliny w tych samych warunkach klimatyczno-glebowych wykształciła odmiana KWS Sole (ok. 350 g), a rośliny o największej masie, istotnie większe od roślin odmiany Sole, wykształciła odmiana KWS Tarzan – ok. 500 g (Tab. 5). W ogóle odmiana KWS Tarzan wykształciła dużo większe rośliny niż pozostałe odmiany również na obiektach nawożonych 100 i 150 kg N na 1ha (ok. 400 g), a największą masę pojedynczych roślin stwierdzono na obiektach nawożonych największą dawką nawożenia mineralnego azotem tj. 200 kg·ha^{-1}.

Tab. 5. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na zmiany masy jednej rośliny [kg] badanych odmian sorgo.

Cultivars	N Fertilisation [kg·ha^{-1}]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
KWS Sole	0,232	0,246	0,552	**0,343**	0,041
KWS Freya	0,196	0,216	0,480	**0,297**	
KWS Tarzan	0,400	0,405	0,674	**0,493**	
Average	**0,276**	**0,289**	**0,569**	**0,378**	
$LSD_{0,05}$	0,041				

5.1.6. Masa jednej wiechy i udział wiech w plonie

W kukurydzy kolba (żeński organ generatywny) odgrywa znaczącą rolę w całej biomasie rośliny, natomiast organem generatywnym u sorgo jest wiecha, która z racji swojej budowy jest o wiele mniejsza. Jaką masę wykształca wiecha i jaką część plonu stanowi starano odpowiedzieć na podstawie prezentowanych badań? Na podstawie pomiarów biometrycznych oceniono masę i udział wiech w plonie zielonej biomasy, a wyniki przedstawiono tabelarycznie (Tab. 6 i 7).

Sorgo wykształca wiechę o masie tylko ok. 25 g (Tab. 6). Na masę wiechy tylko niewielki wpływ ma nawożenie mineralne azotem, chociaż stwierdzono niewielkie zwiększenie jej masy pod wpływem rosnących dawek azotu mineralnego.

Natomiast wykazano wyraźne różnice pomiędzy poszczególnymi odmianami sorgo. Najmniejsze owocostany wykształciła odmiana KWS Tarzan (ok. 18 g), istotnie większe – odmiana KWS Freya, a wiechy o największej masie wykształciła odmiana KWS Sole. Ich masa wynosiła średnio ok. 30 g, niezależnie od nawożenia mineralnego azotem.

Udział wiech w masie całych roślin był niewielki i kształtował się w zakresie od 4 do 15% (Tab. 7). Bardzo mały udział wiech stwierdzono na obiektach nawożonych najmniejszą dawką azotu mineralnego (100 kg N na 1 ha). Wiechy stanowiły jedynie ok. 4% masy roślin. Zwiększenie nawożenia mineralnego azotem ze 100 do 150 kg N na 1 ha spowodowało istotny wzrost udziału owocostanów w plonie do ok. 11%. Na obiektach nawożonych największą dawką nawozów azotowych udział wiech w plonie był istotnie większy w porównaniu do nawożenia 100 kg N i wynosił ok. 12,5%. Natomiast udział ten

był tylko nieznacznie większy w porównaniu do obiektów nawożonych dawką 150 kg N na 1 ha (Tab. 7).

Również odmiany różniły się pod względem udziału wiech w plonie biomasy. Najmniejszy udział wiech w masie całych roślin stwierdzono u odmiany KWS Tarzan. Wynosił on jedynie ok. 7 % plonu biomasy. Większy udział wiech w plonie miały odmiany KWS Freya i KWS Sole, których wiechy stanowiły nieco ponad 10% biomasy całych roślin (Tab. 7). Jedynie istotne różnice w udziale wiech w biomasie roślin stwierdzono pomiędzy odmianą KWS Sole i KWS Tarzan.

Tab. 6. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na zmiany masy jednej wiechy [g] badanych odmian sorgo.

Cultivars	N Fertilisation [kg·ha^{-1}]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
KWS Sole	25,09	30,65	34,65	**30,13**	6,901
KWS Freya	25,19	25,20	26,88	**25,75**	
KWS Tarzan	13,78	17,27	23,42	**18,16**	
Average	**21,35**	**24,37**	**28,3**	**24,68**	
$LSD_{0,05}$	n.i.				

Tab. 7. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na zmiany udziału wiech w plonie biomasy [%] badanych odmian sorgo.

Cultivars	N Fertilisation [kg·ha^{-1}]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
KWS Sole	4,5	13,1	14,9	**10,9**	3,521
KWS Freya	5,3	11,7	13,7	**10,2**	
KWS Tarzan	3,4	8,5	9,3	**7,1**	
Average	**4,4**	**11,1**	**12,6**	**9,4**	
$LSD_{0,05}$	3,521				

5.1.7. Plon świeżej masy sorgo

Sorgo zwyczajne rosło i rozwijało się w doświadczeniu bardzo dobrze, o czy świadczą uzyskane plony świeżej masy (Tab. 8). Odmiany nie różniły się istotnie pod względem osiąganych plonów biomasy między sobą. Plony świeżej biomasy wynosiły przeciętnie ok. 96 ton z 1 ha. Nieznacznie większy plon stwierdzono u odmiany KWS Tarzan, który wynosił ponad 108 ton świeżej masy. Natomiast najmniejszy plon uzyskano podczas zbioru odmiany KWS Freya (ok. 89 $t \cdot ha^{-1}$].

Istotne różnice w wielkości plonu stwierdzono pod wpływem nawożenia mineralnego azotem. W miarę zwiększania dawki azotu mineralnego ze 100 do 200 kg N na 1 ha uzyskano sukcesywny wzrost plonu biomasy z ok. 72 ton na obiektach nawożonych dawką 100 kg n na 1 ha, poprzez 91 ton na obiektach z 150 kg N na 1 ha i do 125 t świeżej masy na 1 ha przy największej dawce azotu mineralnego (Tab. 8). Ale istotną różnicę w plonie biomasy stwierdzono jedynie po zastosowaniu najmniejszej i największej dawki azotu mineralnego.

Tab. 8. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na plon świeżej masy [$t \cdot ha^{-1}$] badanych odmian sorgo.

Cultivars	N Fertilisation [$kg \cdot ha^{-1}$]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
KWS Sole	59,00	86,00	127,00	**90,67**	n.i.
KWS Freya	69,00	78,50	120,00	**89,17**	
KWS Tarzan	89,00	108,00	128,00	**108,33**	
Average	**72,33**	**90,83**	**125,00**	**96,06**	
$LSD_{0,05}$	24,909				

5.1.8. Zawartość suchej masy

Zawartość suchej masy była dość wysoka biorąc pod uwagę fakt, że sorgo do dojrzewania potrzebuje dużo ciepła, ponieważ jest to roślina klimatu tropikalnego i podzwrotnikowego. Zawartość suchej masy wynosiła przeciętnie ok. 29% niezależnie od odmiany i zastosowanej dawki nawożenia mineralnego azotem (Tab. 9).

Zawartość suchej masy poszczególnych odmian sorgo, niezależnie od nawożenia mineralnego, nie była zróżnicowana i wynosiła ok. 28,7%, natomiast istotne różnice stwierdzono pod wpływem nawożenia mineralnego azotem. W miarę zwiększania dawki nawożenia mineralnego azotem wyraźnie malała zawartość suchej masy w roślinach. Najwięcej suchej masy stwierdzono u roślin rosnących na obiektach nawożonych najmniejszą dawką azotu mineralnego tj. 100 kg N na 1ha. Przekroczyła ona średnio dla wszystkich odmian 30% (Tab. 9). Zwiększenie nawożenia mineralnego do 150 kg N na 1 ha spowodowało niewielki (nieistotny) spadek zawartości suchej masy o ok. 1 %, natomiast dalsze zwiększenie dawki nawożenia do 200 kg N na 1 ha spowodowało istotny spadek zawartości suchej masy do ok. 25,5% (Tab. 9).

Tab. 9. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na zawartość suchej masy [%] badanych odmian sorgo.

Cultivars	N Fertilisation [kg·ha^{-1}]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
KWS Sole	32,3	30,3	24,5	**29,0**	n.i.
KWS Freya	29,8	29,1	26,1	**28,3**	
Kws Tarzan	30,1	30,3	26,1	**28,8**	
Average	**30,7**	**29,9**	**25,5**	**28,7**	
$LSD_{0,05}$	3,410				

5.2. Wyniki badań dotyczące budowy morfologicznej kukurydzy i jej plonowania

Kukurydza pastewna uprawiana na kiszonkę w gospodarstwie w Prusinowie koło Gryfic rosła i rozwijała się bardzo dobrze pomimo opóźnienia terminu siewu o ponad 2 tygodnie w stosunku do terminu optymalnego. Opóźniono termin siewu by móc porównać wzrost, rozwój i plonowanie kukurydzy ze wzrostem, rozwojem i plonowaniem sorgo w tych samych warunkach klimatyczno-glebowych. Dla zobrazowania potencjału plonowania kukurydzy wybrano odmiany mieszańcowe o zróżnicowanej klasie wczesności. Klasa wczesności jest określana tzw. „liczbą FAO". Jest to liczba zawierająca się w przedziale od 100 do 1000. Im ta liczba jest mniejsza, tym odmiana jest wcześniejsza, czyli jej okres wegetacyjny jest krótszy. Dla warunków Polski zalecane są

odmiany o wczesności do 300 FAO. Ostatnio podważa się obiektywizm oceny długości wegetacji odmian na podstawie klas wczesności. Proponuje się inne kryteria oceny tej cechy, np. wymagania cieplne. Krytykując ten system oceny, niektóre firmy różnicują także wczesność odmian w zależności od kierunku użytkowania – inna jest przy odmianach kiszonkowych, inna dla ziarnowych. Wraz z wczesnością związana jest także plenność kukurydzy – odmiany wczesne, ze zrozumiałych względów (krótszy wzrost i rozwój), wytwarzają niższy plon. Popełnienie błędu wynikającego ze zlekceważenia tego kryterium może mieć poważne skutki – jeśli zostanie wybrana zbyt późna odmiana, to nadmiernie duża wilgotność ziarna przy zbiorze spowoduje wzrost nakładów na jego suszenie lub opóźnione osiągnięcie dojrzałości technologicznej do zbioru na kiszonkę. Znacznie opóźni to zbiór (uniemożliwi prawidłowe przygotowanie pola przed zimą, a mrozy zakłócą procesy zakiszania), albo trzeba będzie zebrać kukurydzę w zbyt wczesnej fazie (uzyska się wtedy masę kiszonkową o znacznie mniejszej wartości żywieniowej). Gdy zostanie wybrana za wczesna odmiana niż jest zalecana do danych warunków, rolnik utraci część plonu, którą potencjalnie mógł uzyskać przy wyborze odmiany późniejszej i plenniejszej. Przyjmuje się, że właściwy dobór mieszańca wpływa aż w 30% na sukces w uprawie kukurydzy. Dlatego ważne jest pytanie, skąd dowiedzieć się, jakiej wczesności odmianę należałoby wysiać w danym gospodarstwie? Na podstawie prowadzonych doświadczeń w warunkach danego gospodarstwa.

Z testowanych odmian wybrano tzw. odmiany energetyczne kukurydzy czyli specjalnie wyhodowane odmiany mieszańcowe na potrzeby biogazowni rolniczych, o dużym i bardzo dużym potencjale plonotwórczym. Odmianą najwcześniejszą była odmiana mieszańcowa KWS Fernandez o liczbie FAO 260, należy ona do odmian średniopóźnych (FAO 260-280 (300)). Druga odmiana Atletico (FAO 280) należała też do tej samej klasy wczesności, natomiast trzecia odmiana mieszańcowa kukurydzy (Cannavaro) należy do odmian późnych o liczbie FAO 300, jest to też odmiana energetyczna, podobnie jak Atletico, bardzo plenna o dużym potencjale plonotwórczym.

5.2.1. Powierzchnia asymilacyjna

Powierzchnię asymilacyjną roślin kukurydzy jest trudniej określić w warunkach polowych przy pomocy aparatu ceptometr AccuPar firmy Dekagon, służącego do bezinwazyjnego (bez zniszczenia rośliny lub oberwania wszystkich liści) pomiaru

transmisji światła w łanie ze względu na zachowanie i układ liści kukurydzy podczas pomiarów w różnych porach dnia. Często obserwowano zjawisko pionowego ustawiania liści kukurydzy (równolegle do łodygi) w okresie silnego usłonecznienia w ciągu dnia, co powodowało, że transmisja światła przez łan była większa, a oszacowana powierzchnia asymilacyjna mniejsza niż wynikało to by z budowy liści (liście szerokie na 15 cm o długości 75-110 cm). Średnia powierzchnia asymilacyjna kukurydzy, niezależnie od badanych czynników, wynosiła ok. 2 $m^2 \cdot m^{-2}$ powierzchni gleby. Odmiany kukurydzy różniły się między sobą nieistotnie pod względem powierzchni asymilacyjnej, chociaż trochę większą powierzchnią cechowała się odmiana Fernandez (Tab. 10).

Stwierdzono natomiast istotny wpływ nawożenia mineralnego azotem na indeks powierzchni liści (LAI). Najmniejszy indeks LAI miały rośliny kukurydzy rosnące na obiektach nawożonych dawką 100 kg na 1 ha, niezależnie od odmiany. Wynosił on ca. 1,7 (Tab. 10). Zwiększenie nawożenia mineralnego azotem do 150 kg na 1 ha spowodowało nieistotny wzrost współczynnika LAI, a dalsze zwiększanie nawożenia azotowego spowodowało istotny wzrost indeksu LAI, a co za tym idzie powierzchni asymilacyjnej jednej rośliny. Indeks ten wynosił ok. 2,5 $m^2 \cdot m^{-2}$ powierzchni gleby (Tab. 10).

Tab. 10. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na zmiany powierzchni asymilacyjnej (LAI) roślin [$m^2 \cdot m^{-2}$] badanych odmian kukurydzy.

Cultivars	N Fertilisation [$kg \cdot ha^{-1}$]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
Fernandez	1,84	2,16	2,93	**2,31**	n.i.
Atletico	1,87	2,01	2,24	**2,04**	
Cannavaro	1,44	2,05	2,20	**1,90**	
Average	**1,72**	**2,07**	**2,46**	**2,08**	
$LSD_{0,05}$	0,651				

5.2.2. Wysokość roślin

Rośliny kukurydzy były wysokie – średnio długość łodygi wynosiła ok. 3 m (Tab. 11). Analizując wysokość roślin przed zbiorem stwierdzono, że badane odmiany nie różniły się od siebie (różnice nieistotne statystycznie). Wszystkie miały podobną wysokość

(tab. 11). Mimo tak znacznej wysokości roślin, kukurydza nie wylegała, co ma pozytywny wpływ na bezawaryjny i sprawny zbiór mechaniczny biomasy.

Na wysokość roślin kukurydzy istotny wpływ miało nawożenie mineralne azotem. Najniższe rośliny rosły na obiektach nawożonych najmniejszą dawką azotu, tj. 100 kg N na 1 ha, a najwyższe - na obiektach nawożonych największą dawką azotu, tj. 200 kg N na 1 ha.

Tab. 11. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na zmiany wysokości roślin przed zbiorem [cm] badanych odmian kukurydzy.

Cultivars	N Fertilisation [kg·ha^{-1}]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
Fernandez	301,0	3213	334,8	**319,0**	
Atletico	281,5	309,5	333,3	**308,1**	n.i.
Cannavaro	273,5	331,3	337,3	**314,0**	
Average	**285,3**	**320,7**	**335,1**	**313,7**	
$LSD_{0,05}$	31,414				

5.2.3. Średnica łodygi

Przeciętna grubość łodygi kukurydzy na wysokości koszenia wynosiła ok. 23,5 mm (tab. 12). Kukurydza reagowała pozytywnie na zastosowane nawożenie mineralne azotem. Rośliny nie tylko były wyższe, ale i grubsze. Pod wpływem największej dawki nawożenia mineralnego azotem (200 kg N na 1ha) kukurydza wykształciła łodygi o średnicy ok. 26 mm, były one istotnie grubsze (potwierdzono to analizą statystyczną wyników) od roślin wyrosłych na obiektach nawożonych dawką 100 kg N na 1 ha, których łodygi posiadały średnicę ok. 21 mm (Tab. 12).

Odmiany pomiędzy sobą różniły się istotnie pod względem średnicy łodygi. Odmiana KWS Fernandez, jak i Cannavaro, niezależnie od poziomu nawożenia azotowego, wykształciły łodygi wyraźnie grubsze (ok. 24-26 mm) niż łodygi odmiany Atletico, których średnica wynosiła ok. 20 mm, co potwierdzono wynikami analiz statystycznych (Tab. 12).

Tab. 12. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na zmiany średnicy łodygi na wysokości koszenia [mm] badanych odmian kukurydzy.

Cultivars	N Fertilisation [kg·ha^{-1}]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
Fernandez	25,00	25,75	27,25	**26,00**	3,547
Atletico	17,00	21,75	22,75	**20,50**	
Cannavaro	21,50	24,00	27,00	**24,17**	
Average	**21,17**	**23,83**	**25,67**	**23,56**	
$LSD_{0,05}$	3,547				

5.2.4. Indeks zieloności liści

Kukurydza dobrze wykorzystywała składniki pokarmowe, zwłaszcza azot, uzyskując tak dużą wysokość, grubość oraz wytwarzając bardzo dużą powierzchnię asymilacyjną. Można tak twierdzić na podstawie zawartości chlorofilu w liściach, wyrażonego przez tzw. indeks zieloności liści w jednostkach umownych SPAD. Pomiary metodą fotooptyczną wykonano analizatorem SPAD-502 firmy Minolta (Tab. 13).

Wszystkie odmiany zawierały od ok. 32 (odmiana Atletico) do ok. 42 jednostek SPAD (odmiana Cannavaro). Nie mniej jednak poszczególne odmiany kukurydzy nie różniły się (biorąc pod uwagę obliczenia statystyczne) pomiędzy sobą pod względem indeksu zieloności liści (zawartości chlorofilu), co świadczy o podobnym wykorzystaniu przez wszystkie odmiany składników pokarmowych (Tab. 13).

Wyraźne różnice stwierdzono pod wpływem zwiększającego się nawożenia mineralnego azotem. W miarę zwiększenia dawki azotu mineralnego od 100 kg N na 1 ha następował sukcesywny wzrost indeksu zieloności liści od ok. 26 SPAD poprzez ok. 36,6 SPAD na obiektach nawożonych dawką 150 kg N i do ok. 48,4 SPAD na obiektach nawożonych największą dawką azotu mineralnego (200 kg N·ha^{-1}). Statystycznie istotny wzrost indeksu zieloności stwierdzono jedynie pomiędzy najmniejszą i największą dawką nawożenia mineralnego azotem (Tab. 13).

Tab. 13. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na zmiany Indeksu zieloności liści [SPAD] badanych odmian kukurydzy.

Cultivars	N Fertilisation [kg·ha^{-1}]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
Fernandez	26,57	29,50	55,40	**37,16**	n.i.
Atletico	20,20	33,50	42,63	**32,11**	
Cannavaro	31,57	46,73	47,10	**41,80**	
Average	**26,11**	**36,58**	**48,38**	**37,02**	
$LSD_{0,05}$	19,007				

5.2.5. Masa jednej rośliny

Analizując budowę morfologiczną roślin kukurydzy oceniono wielkość i masę pojedynczej rośliny. Jedna roślina kukurydzy wykształciła masę ok. 830 g niezależnie od badanych czynników (Tab.14). Stwierdzono istotne zmiany w masie pojedynczej rośliny pod wpływem nawożenia mineralnego azotem. Na obiektach nawożonych dawką 100 kg azotu mineralnego na 1 ha jedna roślina kukurydzy ważyła przeciętnie ok. 670 g, a rośliny rosnące na obiektach nawożonych 150 kg N na 1 ha miały większą masę – ok. 760 g. Zwiększenie nawożenia mineralnego do 200 kg N na 1 ha spowodowało istotny wzrost masy pojedynczej rośliny w porównaniu do roślin z obiektów nawożonych dawką 100 i 150 kg N na 1 ha. Masa jednej rośliny wynosiła ponad 1 kg (Tab. 14).

Poszczególne odmiany kukurydzy, badane w doświadczeniu w Prusinowie, nie różniły się znacząco między sobą. Ich masa wynosiła ok. 800 g. Nieco większą masę wykształciła odmiana Cannavaro, a mniejszą – Atletico (Tab. 14).

Tab. 14. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na zmiany masy jednej rośliny [kg] badanych odmian kukurydzy.

Cultivars	N Fertilisation [kg·ha^{-1}]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
Fernandez	0,641	0,836	0,950	**0,809**	n.i.
Atletico	0,638	0,743	1,013	**0,798**	
Cannavaro	0,736	0,691	1,193	**0,873**	
Average	**0,672**	**0,756**	**1,052**	**0,827**	
$LSD_{0,05}$	0,287				

5.2.6. Masa jednej kolby i udział kolb w plonie

W kukurydzy kolba (żeński organ generatywny) odgrywa znaczącą rolę w całej biomasie rośliny. Na podstawie pomiarów biometrycznych oceniono masę i udział kolb w plonie zielonej biomasy, a wyniki przedstawiono tabelarycznie (Tab. 15 i 16).

Kukurydza wykształca kolbę o dużej masie, przeciętnie ok. 285 g (Tab. 15). Masa kolby nie różniła się istotnie wśród badanych odmian kukurydzy, natomiast nawożenie mineralne azotem odegrało ważną rolę w wykształceniu tego organu. Najmniejszą masę kolb (ok. 210g) stwierdzono na obiektach nawożonych najmniejszą dawką azotu mineralnego, tj. 100 kg $N \cdot ha^{-1}$, nieco większe kolby wyrosły pod wpływem drugiej dawki nawożenia mineralnego azotem (150 $kg \cdot ha^{-1}$) – ok. 240g. Natomiast największą masą charakteryzowały się kolby pod wpływem trzeciej dawki nawożenia mineralnego azotem (200 $kg \cdot ha^{-1}$). Masa pojedynczej kolby wynosiła ponad 400 g i była istotnie większa od kolb z obiektów nawożonych mniejszymi dawkami azotu (Tab. 15).

Udział kolb w masie całych roślin był duży i kształtował się w zakresie od 35 do 55% (Tab. 16). Bardzo duży udział kolb stwierdzono na obiektach nawożonych najmniejszą dawką azotu mineralnego (100 kg N na 1 ha). Kolby stanowiły ok. 38% masy roślin. Zwiększenie nawożenia mineralnego azotem ze 100 do 200 kg N na 1 ha spowodowało wzrost udziału owocostanów w plonie do ok. 47%, ale wzrost ten był nieistotny statystycznie (Tab. 16).

Również odmiany nie różniły się pod względem udziału kolb w plonie biomasy. Chociaż najmniejszy udział kolb w masie całych roślin stwierdzono u odmiany KWS Fernandez i Atletico - ok. 40% plonu biomasy, a większy udział kolb w plonie miała odmiana Cannavaro, której kolby stanowiły ok. 45% biomasy całych roślin, to różnice te nie były istotne z punktu widzenia obliczeń statystycznych (Tab. 16).

Tab. 15. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na zmiany masy jednej kolby [g] badanych odmian kukurydzy.

Cultivars	N Fertilisation [$kg \cdot ha^{-1}$]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
Fernandez	218,9	236,8	425,0	**293,6**	n.i.
Atletico	209,5	259,4	400,0	**289,6**	
Cannavaro	201,9	215,0	400,0	**272,3**	
Average	**210,1**	**237,1**	**408,3**	**285,2**	
$LSD_{0,05}$	40,568				

Tab. 16. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na zmiany udziału kolb w plonie biomasy [%] badanych odmian kukurydzy.

Cultivars	N Fertilisation [kg·ha^{-1}]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
Fernandez	35,5	41,3	44,7	**40,5**	
Atletico	39,5	39,9	40,5	**40,0**	n.i.
Cannavaro	38,9	41,1	55,1	**45,0**	
Average	**38,0**	**40,8**	**46,8**	**41,9**	
$LSD_{0,05}$	n.i.				

5.2.7. Plon świeżej masy kukurydzy

Kukurydza rosła i rozwijała się w warunkach klimatyczno-glebowych Prusinowa bardzo dobrze, o czy świadczą uzyskane plony świeżej masy (Tab. 17). Odmiany nie różniły się istotnie pod względem osiąganych plonów biomasy między sobą. Plony świeżej biomasy wynosiły przeciętnie ok. 66 ton z 1 ha. Nieznacznie większy plon stwierdzono u odmiany KWS Cannavaro, który wynosił ponad 70 ton świeżej masy. Natomiast najmniejszy plon uzyskano podczas zbioru odmiany Atletico (ok. 64 t·ha^{-1}].

Istotne różnice w wielkości plonu stwierdzono pod wpływem nawożenia mineralnego azotem. W miarę zwiększania dawki azotu mineralnego ze 100 do 200 kg N na 1 ha uzyskano sukcesywny wzrost plonu biomasy z ok. 54 ton na obiektach nawożonych dawką 100 kg n na 1 ha, poprzez 61 ton na obiektach z 150 kg N na 1 ha i do 84 t świeżej masy na 1 ha przy największej dawce azotu mineralnego (Tab. 17). Ale istotną różnicę w plonie biomasy stwierdzono jedynie po zastosowaniu najmniejszej i największej dawki azotu mineralnego.

Tab. 17. Wpływ zróżnicowanych dawek nawożenia mineralnego azotem na plon świeżej masy [t·ha^{-1}] badanych odmian kukurydzy.

Cultivars	N Fertilisation [kg·ha^{-1}]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
Fernandez	51,29	66,86	76,00	**64,72**	
Atletico	51,06	59,43	81,00	**63,83**	n.i.
Cannavaro	58,89	55,25	95,43	**69,86**	
Average	**53,75**	**60,51**	**84,14**	**66,13**	
$LSD_{0,05}$	22,951				

5.2.8. Zawartość suchej masy

Zawartość suchej masy była dość wysoka i wynosiła przeciętnie ok. 32% niezależnie od odmiany i zastosowanej dawki nawożenia mineralnego azotem (Tab. 18). Zawartość suchej masy poszczególnych odmian sorgo, niezależnie od nawożenia mineralnego, nie była zróżnicowana i wynosiła również ok. 32%, natomiast istotne różnice stwierdzono pod wpływem nawożenia mineralnego azotem. W miarę zwiększania dawki nawożenia mineralnego azotem wyraźnie malała zawartość suchej masy w roślinach. Najwięcej suchej masy stwierdzono u roślin rosnących na obiektach nawożonych najmniejszą dawką azotu mineralnego tj. 100 kg N na 1ha. Przekroczyła ona średnio dla wszystkich odmian 37% (Tab. 18). Zwiększenie nawożenia mineralnego do 150 kg N na 1 ha spowodowało wyraźny (istotny) spadek zawartości suchej masy o ponad 5 %, natomiast dalsze zwiększenie dawki nawożenia do 200 kg N na 1 ha spowodowało istotny spadek zawartości suchej masy do ok. 28% (Tab. 18).

Tab. 18. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na zmiany zawartości suchej masy [%] badanych odmian kukurydzy.

Cultivars	N Fertilisation [kg·ha^{-1}]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
Fernandez	38,4	32,4	30,8	**33,8**	
Atletico	37,7	31,7	26,8	**32,1**	n.i.
Cannavaro	34,9	30,9	26,5	**30,8**	
Average	**37,0**	**31,6**	**28,0**	**32,2**	
$LSD_{0,05}$	3,266				

6. Plon suchej masy sorgo i kukurydzy

Plon suchej masy sorgo i kukurydzy skalkulowany na podstawie plonu świeżej masy i zawartości suchej masy w całych roślinach badanych roślin. Stwierdzono, że plony suchej masy sorgo były większe (o ok. 4 t·ha^{-1}) niż kukurydzy, uprawianej w tych samych warunkach klimatyczno-glebowych i agrotechnicznych. Średnie plony suchej masy dla sorgo wynosiły ok. 27 t·ha^{-1}, natomiast kukurydzy – ok. 23 t·ha^{-1}, niezależnie od odmiany i zastosowanego nawożenia mineralnego azotem (Tab. 19).

Mimo obserwowanych różnic w wielkości plonu suchej masy pomiędzy odmianami sorgo, to jednak różnice te nie były istotne statystycznie. Taką samą zależność stwierdzono dla nawożenia mineralnego azotem, którego wpływ na plony suchej masy był również nieistotny statystycznie (tab. 19). Plon suchej masy sorgo na obiektach nawożonych najmniejszą dawką nawożenia mineralnego (100 kg·ha^{-1}) był najmniejszy i wynosił ok. 22,5 t·ha^{-1}. W miarę zwiększania nawożenia mineralnego zwiększały się również plony suchej masy sorgo, które na obiektach nawożonych najwyższą dawką azotu mineralnego wyniosły ok. 34 t·ha^{-1}. Niestety nie udowodniono istotnych różnic (Tab. 19).

Podobne zależności stwierdzono w przypadku kukurydzy. Oddziaływanie nawożenia mineralnego azotem nie było istotne statystycznie, również odmiany kukurydzy nie różniły się plonem suchej masy. Niemniej jednak plony suchej masy kukurydzy na obiektach nawożonych najmniejszą dawką nawożenia mineralnego (100 kg·ha^{-1}) były najmniejsze i wynosiły ok. 20,5 t·ha^{-1}. W miarę zwiększania nawożenia mineralnego zwiększały się również plony suchej masy sorgo, które na obiektach nawożonych najwyższą dawką azotu mineralnego wyniosły ok. 25,7 t·ha^{-1}.

Tab. 19. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na plon suchej masy sorgo i kukurydzy [t·ha^{-1}].

Cultivars	N Fertilisation [kg·ha^{-1}]			Average
	100	150	200	
Sorghum				
KWS Sole	19,35	21,85	32,48	**24,56**
KWS Freya	17,60	19,27	31,27	**22,71**
KWS Tarzan	30,53	32,63	38,69	**33,94**
Average	**22,49**	**24,58**	**34,14**	**27,07**
Maize				
Fernandez	21,20	23,36	28,83	**24,47**
Atletico	19,51	21,69	22,38	**21,19**
Cannavaro	20,52	22,41	25,90	**22,94**
Average	**20,41**	**22,49**	**25,70**	**22,87**

Istotne zróżnicowania stwierdzono dla sorgo i kukurydzy, analizowanych razem, niezależnie od gatunku (tab. 20). Nawożenie mineralne azotem wpłynęło istotnie na wielkość plonów suchej masy. Plon suchej masy sorgo i kukurydzy (łącznie) na obiektach nawożonych najmniejszą dawką nawożenia mineralnego (100 kg·ha^{-1}) był najmniejszy i wynosił ok. 21,5 t·ha^{-1}. W miarę zwiększania nawożenia mineralnego zwiększały się również plony suchej masy roślin, które na obiektach nawożonych najwyższą dawką azotu mineralnego, tj. 200 kg·ha^{-1} wyniosły ok. 30 t·ha^{-1}. Różnica ta była istotna statystycznie (Tab. 20).

Tab. 20. Wpływ trzech dawek nawożenia mineralnego azotem na plon suchej masy sorgo i kukurydzy niezależnie od gatunku i odmiany [t·ha^{-1}].

Cultivars	N Fertilisation [kg·ha^{-1}]			Average	$LSD_{0,05}$
	100	150	200		
Cultivars 1	20,27	22,61	30,66	**24,51**	n.i.
Cultivars 2	18,55	20,48	26,83	**21,95**	
Cultivars 3	25,53	27,52	32,28	**28,44**	
Average	**21,45**	**23,53**	**29,92**	**24,97**	
$LSD_{0,05}$	7,571				

Tabela zmienności dla plonu suchej masy (Statistics for yields)

Źródło zmienności	Suma kwadratów	l.s.s.	Średni kwadrat	F obl.	F tabelaryczne dla: a=0,05	F tabelaryczne dla: a=0,01	Istotność a=0,05
Blocks	12,95	1	12,951				
Species (A)	159,19	1	159,191	5,01	161,45	4052,18	**no**
Error 1	31,75	1	31,748		% średniej:	22,6	
Fertilising (B)	467,59	2	233,793	8,63	6,94	18,00	**yes**
Interaction A x B	80,57	2	40,287	1,49	6,94	18,00	**no**
Error 2	108,32	4	27,080		% średniej:	20,8	
Cultivar (C)	256,43	2	128,216	18,90	3,89	6,93	**no**
Interaction A x C	210,80	2	105,401	15,53	3,89	6,93	**yes**
Interaction B x C	16,17	4	4,041	0,60	3,26	5,41	**no**
Interaction A x B x C	24,78	4	6,196	0,91	3,26	5,41	**no**
Error 3	81,43	12	6,786		% średniej:	10,4	
Total	1449,98	35					

$LSD_{0,05}$ (Tukey test)	A =	n.i.	B =	7,571	C =	n.i.
	B/A =	n.i.	A/B =	n.i.	C/A =	4,012
	A/C =	21,768	C/B =	n.i.	B/C =	n.i.

7. Podsumowanie

Na podstawie badań nad wzrostem, rozwojem i plonowaniem sorgo i kukurydzy w doświadczeniu produkcyjnym łanowym, przeprowadzonym w Gospodarstwie rolnym w Prusinowie, należącym do Szczecińskiej Centrali Nasiennej można stwierdzić, że:

1. sorgo zwyczajne – ten nie znany i nie uprawiany w Polsce północno-zachodniej gatunek rośliny pastewnej można uprawiać z powodzeniem w warunkach klimatyczno-glebowych tej części Polski.
2. W 2013 roku uzyskano bardzo duże plony biomasy sorgo, zarówno świeżej, jak i suchej masy – przeciętne plony wynosiły odpowiednio ponad 96 t świeżej i 27 t suchej masy z powierzchni 1 ha.
3. Sorgo dobrze reagowało na nawożenie mineralne azotem. Z reguły uzyskano wyraźne zwiększenie wszystkich badanych cech (oprócz zawartości suchej masy) pod wpływem największej badanej dawki nawożenia azotem, tj. 200 $kg \cdot ha^{-1}$ w porównaniu do dawki najmniejszej (100 $kg \cdot ha^{-1}$).
4. Uzyskano zadawalającą zawartość suchej masy na poziomie 28,8% (średnia ogólna), która umożliwia dobre zakiszenie zielonki przy małych stratach soku (zalecana zawartość suchej masy powinna wynosić ≥28%).
5. Plony suchej masy sorgo były również duże i wahały się w granicach od 24 do 34 $t \cdot ha^{-1}$.
6. Najlepiej plonującą odmianą sorga była odmiana KWS Tarzan, następnie KWS Sole, a mniejszym plonem odznaczała się odmiana KWS Freya.
7. Biorąc pod uwagę plon suchej masy i jej zawartość w czasie zbioru (powinna być ≥28%) można zalecić nawożenie mineralne azotem w dawce 150 $kg \cdot ha^{-1}$. Wyższa dawka nawożenia azotowego pozwala na uzyskanie większych plonów, ale zawartość suchej masy jest zbyt niska (średnio ok. 25,5%).
8. Plony kukurydzy uprawianej na kiszonkę były w 2013 roku bardzo duże i wynosiły od 51 do 95 $t \cdot ha^{-1}$ świeżej masy i od 19 do 29 $t \cdot ha^{-1}$ suchej masy w zależności od poziomu nawożenia mineralnego azotem.
9. Największe plony uzyskano wysiewając kukurydzę energetyczną odmiany Fernandez – ok. 24,5 $t \cdot ha^{-1}$ suchej masy, niezależnie od dawki nawożenia mineralnego azotem.
10. Należy dopasować wysokość nawożenia mineralnego azotem do uprawianej odmiany kukurydzy. Z przeprowadzonych badań wynika, że dla odmiany

średniopóźnej Fernandez odpowiednią dawką nawożenia było 200 kg $N \cdot ha^{-1}$, a dla pozostałych odmian (Atletico i Cannavaro) – 150 kg $N \cdot ha^{-1}$. Przy takim poziomie nawożenia uzyskano duże plony przy odpowiedniej zawartości suchej masy (≥30%).

11. W warunkach klimatyczno-glebowych roku 2013 w Gospodarstwie Prusinowo plony zarówno świeżej, jak i suchej masy sorgo były większe niż kukurydzy, odmian energetycznych.
12. Wyniki badań dotyczą tylko jednego sezonu wegetacyjnego i dla uzyskania miarodajnych i obiektywnych wyników należy powtórzyć to doświadczenie przynajmniej dwukrotnie.