

## Produkcyjność kukurydzy i sorga w zależności od poziomu nawożenia azotem

*Jerzy Księżak, Jolanta Bojarszczuk, Mariola Staniak*

Zakład Uprawy Roślin Pastewnych  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Czarotoryskich 8, 24-100 Puławy, Polska

**Abstrakt.** Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2008–2010 w Stacji Doświadczalnej Osiny w układzie podbloków losowanych „split-plot”, w 4 powtórzeniach. W schemacie doświadczenia czynnikiem I rzędu były gatunki roślin: kukurydza ‘Anjou 290’ i sorgo ‘Sucrosorgo 506’, a czynnikiem II rzędu – poziom nawożenia azotem ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ):  $N_1 - 80$ ;  $N_2 - 120$ ;  $N_3 - 180$ .

W korzystniejszych warunkach atmosferycznych poziom plonów suchej masy kukurydzy uprawianej na glebie lekkiej był większy niż sorga, natomiast w warunkach ograniczonej ilości opadów w lipcu sorgo plonowało zdecydowanie lepiej niż kukurydza. Istotne zwiększenie poziomu plonowania obu badanych gatunków pod wpływem wzrostu dawek azotu zanotowano tylko w roku o mniej korzystnych warunkach atmosferycznych w okresie wegetacji. Sorgo uprawiane na glebie lekkiej charakteryzowała większa efektywność rolnicza i fizjologiczna azotu niż kukurydzę, natomiast wykorzystanie tego składnika było podobne. Wskaźniki te u roślin nawożonych większymi dawkami azotu w latach wilgotnych zmniejszały się, a nawet były ujemne. Natomiast w roku o mniejszej ilości opadów (2010) były znacznie większe niż w latach 2008 i 2009 i większe w przedziale dawek 120–160 niż 80–120  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Większa (średnio o około 13 p.p.) zawartość suchej masy charakteryzowała kukurydzę niż sorgo, zwłaszcza w latach o korzystniejszym przebiegu pogody. Zwiększenie poziomu nawożenia azotem kukurydzy ograniczało gromadzenie suchej masy, natomiast miało niewielki wpływ na koncentrację tego składnika w roślinach sorga. Oceniane gatunki roślin odznaczały się zbliżoną zawartością białka, a zwiększenie nawożenia azotem z 80 do 160  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  powodowało zwiększanie koncentracji tego składnika. Sorgo zawierało znacznie więcej (około 2 razy) włókna surowego niż kukurydza. Zróżnicowane nawożenie azotem, jak również przebieg pogody w okresie wegetacji miały mały wpływ na zawartość tego składnika w roślinach obu gatunków. Oceniane gatunki charakteryzowała bardzo zbliżona średnia zawartość tłuszczu w suchej masie. Natomiast odmiennie reagowały na zwiększenie dawki azotu – w kukury-

dzy następowało niewielkie zmniejszenie ilości tłuszczu, a sorgo nawożone większymi dawkami N wykazywało większą zawartość tego składnika. Większą zawartością popiołu odznaczały się rośliny sorga niż kukurydzy. Zwiększanie dawki nawożenia azotem u sorga powodowało wzrost zawartości popiołu, natomiast kukurydza najwięcej popiołu zawierała przy nawożeniu dawką 120  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Strawność suchej masy kukurydzy była o ponad 20 p.p. większa niż sorga, a różnicowanie dawki nawożenia azotem miało na nią niewielki wpływ. Sorgo niezależnie od poziomu nawożenia azotem zawierało znacznie więcej Mg, Ca i K niż kukurydza, natomiast koncentracja fosforu w obu gatunkach była zbliżona. Zwiększone dawki nawożenia azotem nie miały znaczącego wpływu na zawartość Mg, Ca i P, natomiast powodowały istotny wzrost koncentracji potasu zarówno w kukurydzy, jak i w sorgo. Zawartość suchej masy, białka, włókna surowego oraz tłuszczu w kiszonce z sorga i kukurydzy nawożonych dawką 120  $\text{kg}$  była zbliżona do ich ilości w zielonce. Strawność kisonki z kukurydzy była bardzo zbliżona do strawności materiału kisonkarskiego, natomiast w przypadku kisonki sorga była o około 10 p.p. większa niż surowca, z którego była sporządzona.

**słowa kluczowe:** kukurydza, sorgo, plonowanie, kisonka, strawność

### WSTĘP

Kukurydza jest gatunkiem o dużym znaczeniu gospodarczym w Polsce. Może być wszechstronnie użytkowana, wykorzystuje się bowiem zarówno ziarno, jak i całą część nadziemną rośliny jako surowiec kisonkarski, a w ostatnich latach również jako materiał do produkcji biopaliw (etanol, biogaz). Obserwowany jest dynamiczny wzrost powierzchni uprawy kukurydzy w Polsce. W 1995 roku gatunek ten był uprawiany na obszarze 181 tys. ha, a w 2009 powierzchnia jego uprawy wynosiła 695 tys. ha, z czego uprawa na kisonkę stanowiła około 60%. Powoduje to, iż w wielu gospodarstwach kukurydza uprawiana jest po kukurydzy, ale także na glebach lżejszych zaliczanych do kompleksu żytniego dobrego i żytniego słabego (klasa bonitacyjna IVb). Na takich glebach kukurydza najczęściej

Autor do kontaktu:

Jerzy Księżak  
e-mail: jerzy.ksiezak@iung.pulawy.pl  
tel. +48 81 8863421 w. 350, faks +48 81 8864547

*Praca wpłynęła do redakcji 13 lipca 2011 r.*

uprawiana jest w rejonach o dużym udziale gleb lekkich oraz silnie rozwiniętej produkcji mleka. Takim rejonem jest woj. podlaskie, które odznacza się najniższym wskaźnikiem waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej, a jednocześnie udział kukurydzy w strukturze zasiewów w okresie ostatnich lat wynosił około 5%. Duże możliwości produkcyjne kukurydzy wiążą się ściśle z jej wysokimi potrzebami pokarmowymi, a zwłaszcza w zapotrzebowaniu na azot. Stosowanie dużych dawek tego składnika, zwłaszcza na glebach lekkich, stwarza zagrożenie dla środowiska, może bowiem prowadzić do koncentracji azotanów w glebie, skażenia wód gruntowych oraz eutrofizacji zbiorników wodnych. Z kolei obniżenie poziomu nawożenia tym składnikiem uniemożliwia wykorzystanie potencjału produkcyjnego obecnie uprawianych odmian kukurydzy i prowadzi do zmniejszenia plonów. Kluczową rolę w takich warunkach odgrywa zdolność do pobierania azotu, szczególnie na glebach ubogich w ten składnik (Peng i in., 2010). Prace hodowlane zmierzają do zwiększenia ilości korzeni roślin w głębszych warstwach gleby i zwiększenia ich długości (King i in., 2003). W programach hodowlanych kukurydzy uwzględniana jest również rola enzymów (między innymi glutaminy), które obecnie uważane są za ważne wskaźniki genetyczne wyjaśniające zmienność wykorzystania azotu w różnych warunkach siedliskowych (Gallais, Hirel, 2004). Również zwiększenie pochłaniania promieniowania słonecznego przez rośliny uprawiane na glebach słabszych przyczynia się pośrednio do wzrostu efektywności wykorzystania azotu (Hirel i in., 2007). Jak donoszą Subedi i Ma (2005), niedobór azotu do fazy drugiego liścia (BBCH18) ma negatywny wpływ na średnicę kolby, jej długość i potencjalną liczbę ziarniaków kukurydzy.

Sorgo charakteryzuje się wyższym potencjałem plonotwórczym (Krieg, Lascano, 1990; Camargo, Hubbard, 1999) oraz większą odpornością na suszę niż kukurydza, dlatego od dawna w wielu rejonach świata jest dla niej gatunkiem substytucyjnym (Ashbell, Weinberg, 1999). Mniejsza wrażliwość na suszę zdaniem Meeske i Bassona (1995) wynika z dużo większej efektywności absorpcji wody z gleby niż w przypadku innych zbóż. Oszczędna gospodarka wodna tego gatunku jest powiązana z niskim współczynnikiem transpiracji oraz dużym zasięgiem systemu korzeniowego, pobierającego wodę z głębszych warstw gleby (Wright, Smith, 1983; Singh, Singh, 1995). W Polsce w przeszłości podejmowano już próby uprawy tego gatunku, lecz głównie jako plonu wtórego po życie ozimym zbieranego w jednym lub dwóch pokosach (Hrynciewicz, Fatyga, 1975; Krzywiecki, Szyszkowska, 1978; Mucha, Brzóska, 1983).

Założono, że na słabych glebach przy występujących okresowych niedoborach wody uprawa sorga może być alternatywnym rozwiązaniem, pozwalającym uzyskać paszę, gdy uprawa kukurydzy staje się zawodna.

Celem podjętych badań było porównanie plonowania i wartości pokarmowej sorga i kukurydzy uprawianych na

glebie lekkiej przy zróżnicowanym poziomie nawożenia azotem.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2008–2010 w Stacji Doświadczalnej Osiny w układzie podbloków losowanych „split-plot”, w 4 powtórzeniach. W schemacie doświadczenia czynnikiem I rzędu były gatunki roślin: kukurydza ‘Anjou 290’ i sorgo ‘Sucrosorgo 506’, a czynnikiem II rzędu – poziom nawożenia azotem ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ):  $N_1 - 80$ ,  $N_2 - 120$ ,  $N_3 - 180$ .

Doświadczenie przeprowadzono na glebie kompleksu żyniego dobrego, o pH 5,05 (lekką kwaśną). Zawartość przyswajalnego fosforu wynosiła 17,6, potasu 19,9, magnezu 9,3 mg w 100 g gleby; zawartość próchnicy 1,46%. W nawozach zastosowano 26,2  $\text{kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$  i 74,7  $\text{kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Siew nasion wykonano siewnikiem punktowym. Kukurydzę wysiano w ilości 130 tys. nasion  $\cdot\text{ha}^{-1}$ , w dniach od 28 kwietnia do 6 maja, a sorgo – 220 tys. nasion  $\cdot\text{ha}^{-1}$  od 13 do 18 maja. Przed siewem nasiona zaprawiano zaprawami owadobójczymi i grzybobójczymi. Do odchwaszczania kukurydzy stosowano Milagro 040 SC, a sorga Primextra Gold 720 SC w dawce 2,5  $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Oba oceniane gatunki były uprawiane z przeznaczeniem na kiszonkę. Określono plon zielonej i suchej masy, a także zawartość suchej masy w całej roślinie, zawartość białka, tłuszczu, włókna, popiołu oraz strawność (metodą enzymatyczną). Ponadto oznaczono zawartość ważniejszych makroskładników: P, K, Mg, Ca metodami powszechnie stosowanymi w takich badaniach (N i P – spektrofotometrii przepływowej, K – emisyjnej spektrometrii płomieniowej, Ca i Mg – spektrometrii absorpcji atomowej). Zawartość włókna surowego określono metodą wagową, tłuszczu surowego – metodą wagową wg Soxhleta, popiołu surowego – metodą wagową w 580°C. Sporządzono także kiszonkę z roślin nawożonych dawką azotu 120  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , w której oznaczono zawartość tych samych składników. Przed zbiorem określano wysokość roślin na 10 losowo wybranych roślinach z każdego poletka. Istotność wpływu badanych czynników doświadczenia na plon i zawartość suchej masy oraz wysokość roślin oceniano za pomocą analizy wariancji, wyznaczając półprzedziały ufności testem Tukeya na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$

## WYNIKI I DYSKUSJA

Na poziom plonów suchej masy sorga i kukurydzy znaczący wpływ miał przebieg warunków atmosferycznych w okresie wegetacji, natomiast zdecydowanie mniejszy dawka azotu. Najniższe plony suchej masy kukurydzy zanotowano w roku 2010, o małej ilości opadów w I i II dekadzie lipca. Natomiast w tym roku sorgo plonowało zdecydowanie lepiej niż kukurydza i lepiej niż w dwóch poprzednich latach. Sorgo słabiej niż kukurydza reagowa-

Tabela 1. Plon i zawartość suchej masy oraz wysokość roślin w zależności od dawki nawożenia azotem

Table 1. Yield and concentration of dry matter, height of plants according to level of nitrogen fertilization.

Dawka N N rate [kg·ha <sup>-1</sup> ]	Plon suchej masy Yield of dry matter [t·ha <sup>-1</sup> ]			Zawartość suchej masy Concentration of dry matter [%]			Wysokość roślin Height of plants [cm]		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Kukurydza; Maize									
80	24,3	23,9	14,8	38,3	34,5	32,5	260	256	204
120	25,0	24,4	15,6	37,9	32,8	31,9	249	262	214
160	24,8	24,0	17,7	37,4	31,1	32,5	259	257	221
Sorgo; Sorghum									
80	18,8	17,8	21,5	26,0	19,7	29,5	317	350	289
120	19,3	18,6	23,2	25,7	19,4	30,8	331	342	283
160	19,1	18,3	25,5	25,6	19,0	29,6	338	353	284
NIR	r.n.	r.n.	3,63	r.n.	r.n.	r.n.	29,4	33,4	25,9
LSD									

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

ło na występującą suszę glebową, wcześniej niż w poprzednich dwóch latach wyrzuciło wiechy, a przed zbiorem charakteryzowała je podobna zawartość suchej masy jak kukurydzy. Plon suchej masy tego gatunku w tym roku był o około 7 ton większy niż kukurydzy (tab. 1). Sowiński i Liszka-Podkowa, (2008) prowadząc doświadczenia na Dolnym Śląsku uzyskali istotnie większy plon świeżej masy sorga (niezależnie od formy) niż kukurydzy. Zwiększenie nawożenia azotem z 80 do 120 kg N·ha<sup>-1</sup> kukurydzy i sorga w dwóch pierwszych latach badań spowodowało zwiększenie poziomu plonowania, przy czym występujące różnice były nieistotne. Natomiast zwiększenie dawki N do 160 kg spowodowało ograniczenie plonu zwłaszcza kukurydzy w 2009 roku, co było wynikiem występującego w tym obiekcie wylegania. Wyraźną, istotną statycznie, reakcją na zwiększenie nawożenia azotem obu ocenianych gatunków zanotowano jedynie w roku 2010, o ograniczonej ilości opadów w okresie wegetacji. Zwiększenie dawki azotu z 80 do 160 kg spowodowało wzrost plonu suchej masy kukurydzy o około 3 tony, natomiast sorga o około 4 tony. Sowiński i Liszka-Podkowa (2008) podają, że nawożenie azotem nie miało istotnego wpływu na plon świeżej i suchej masy sorga i kukurydzy. Stwierdzono jedynie niewielką tendencję zwyczajki plonu pod wpływem wzrastających dawek azotu. Książak i Machul (2007) zwiększając dawkę nawożenia azotem ze 120 do 160 kg na 1 ha stwierdzili istotne zwiększenie poziomu plonowania kukurydzy i tylko niewielki wzrost plonu sorga. W ich badaniach plony suchej masy kukurydzy były o około 5 ton większe niż plony sorga. Również Kozłowski i in. (2007) w swoich badaniach zanotowali większy plon suchej masy kukurydzy niż sorga (o około 4 tony). Buxton i in. (1999) po zastosowaniu 140 kg N·ha<sup>-1</sup> uzyskali niewielki wzrost plonu s.m. sorga (o 0,8 t·ha<sup>-1</sup>) w porównaniu z dawką o połowę mniejszą, a dalszy wzrost dawki przyczynił się do obniżki plonu. Podobnie Geng i in. (1989) nie uzyskali przyrostu plonu sorga po podniesieniu dawki azotu powyżej 100 kg·ha<sup>-1</sup>. Fotyma (1994) stwierdziła, że dla kukurydzy uprawianej na kiszonkę optymalna dawka azotu wynosiła 140–150 kg·ha<sup>-1</sup>. Według Kruczka (1996) optymalna dawka N, wyznaczona z relacji plonu suchej masy i nawożenia N, wynosi 150 kg, pozwala ona na osiągnięcie plonu maksymalnie 14,5 t·ha<sup>-1</sup>. Ten sam autor (Kruczek, 2005)

w innej pracy podaje, że plony ziarna kukurydzy nawożonej dawkami od 60 do 135 kg N·ha<sup>-1</sup> nie różniły się, ale były większe niż uzyskane przy nawożeniu dawką 25 kg N. Gonet i Stadejek (1990) wykazali, że optymalna dawka azotu, określona na podstawie funkcji nieciągłych, pod kukurydzą uprawianą na zielonkę i zbieraną w fazie ukazywania się wiech wynosiła 130 kg. Optymalne dawki N pod kukurydzą podawane w literaturze przez różnych autorów (Dubas, 1974; Kruczek, 1983, 1988; Pyzik, Bober, 1985; Borowiecki, 1988; Czerniawska, 1988; Gonet, Stadejek, 1992; Fotyma, 1994) wahały się w granicach 90–180 kg N·ha<sup>-1</sup>. Tak różne oceny reakcji kukurydzy na nawożenie N wynikają głównie z różnych kierunków jej uprawy, a więc stosowania różnych odmian, różnej obsady roślin, względnie terminu zbioru limitującego długość okresu wegetacji, co powoduje, że oceniana była różna biomasa roślinna pod względem ilościowym i jakościowym. Bogucka i in. (2008) zwracają uwagę na znaczące zróżnicowanie reakcji odmian kukurydzy na nawożenie N i podają, że dla odmiany ‘Junak’ wystarczające okazało się nawożenie N w dawce 150 kg·ha<sup>-1</sup>, a mieszaniec ‘Boruta’ reagował wzrostem plonu ziarna do dawki 180 kg·ha<sup>-1</sup>.

Sorgo uprawiane na glebie zaliczanej do kompleksu żytniego słabego osiągało znacznie większą wysokość niż kukurydza, a różnice w zależności od roku wynosiły średnio od 30 do 90 cm (tab. 1). Również Sowiński i Liszka-Podkowa (2008) obserwowali znaczną przewagę wysokości roślin sorga w stosunku do kukurydzy. Wzrost wysokości roślin sorga pod wpływem zwiększonego nawożenia azotem w badaniach własnych zanotowano tylko w jednym roku (2008), natomiast w pozostałych latach miało ono niewielki wpływ na tę cechę zarówno kukurydzy, jak i sorga.

Większą zawartością suchej masy charakteryzowała się kukurydza niż sorgo, zwłaszcza w dwóch pierwszych latach (średnio o około 13 punktów procentowych), potwierdzają to także wyniki uzyskane przez Sowińskiego

i Liszczę-Podkową (2008). Zwiększenie poziomu nawożenia kukurydzy azotem w latach 2008 i 2009 powodowało zmniejszenie zawartości s.m. (tab. 1). Zróżnicowanie dawki nawożenia N miało niewielki wpływ na koncentrację suchej masy w roślinach sorga oraz kukurydzy w roku 2010. Podkówka i in. (2001) podają, że kukurydza przed zbiorem zawierała około 39% suchej masy, z czego ponad połowa zawarta była w kolbach. Oznaczona zawartość suchej masy w kiszonce z obu gatunków w przeprowadzonych badaniach była bardzo zbliżona do jej zawartości w zielonce. Jak wskazują Adamczyk (2001), Strzetelski i in. (2001) oraz Podkówka i Podkówka (2004), w polskich warunkach zawartość suchej masy w kiszonce z kukurydzy powinna wynosić 30–35%. Jednocześnie autorzy ci obserwowali mniejszą niż 30% zawartość s.m., która wskazuje na zbyt wczesny zbiór roślin. W literaturze znane są prace (Johnson i in., 2002), według których zawartość suchej masy w kiszonce wynosi ponad 43%. Wskaźnikami, które należy uwzględnić przy określaniu optymalnego nawożenia N, są efektywność rolnicza, fizjologiczna oraz pobieranie i wykorzystanie N z nawozów. Efektywność rolnicza jest miarą produkcyjnej skuteczności nawożenia, rozumianej jako przyrost plonu na 1 kg N zastosowanego w nawozach. Efektywność fizjologiczna z kolei jest miarą fizjologicznej skuteczności nawożenia i wyraża przyrost plonu na 1 kg N pobranego przez rośliny. Istnieją dwie główne strategie poprawy efektywności wykorzystania azotu przez rośliny uprawne. Jedną z nich opiera się na zwiększeniu absorpcji azotu i najkorzystniejszym jego wykorzystaniu przez roślinę, natomiast druga obejmuje optymalizację warunków glebowych (Cassman i in., 2002; Hirel i in., 2007). Cassman i in. (2002) podają, że strategie te są głównym wskaźnikiem oceny oddziaływania systemu produkcji wynikającego z jej skali i bezpieczeństwa środowiska. W przeprowadzonych badaniach efektywność rolnicza i fizjologiczna azotu dla sorga uprawianego na glebie lekkiej w większości obiektów były większe niż dla kukurydzy uprawianej w takich warunkach glebowych, natomiast wykorzystanie azotu przez oba gatunki było zbliżone (tab. 2). Jak wskazują uzyskane wyniki, w latach o większej ilości opadów atmosferycznych w okresie wegetacji efektywność rolnicza i fizjologiczna N u roślin nawożonych większymi dawkami azotu silnie się zmniejszały, a nawet były ujemne. W tych warunkach rośliny pobierały i akumulowały azot, który nie powodował przyrostu plonu. Natomiast w roku 2010 o małej ilości opadów, zwłaszcza w lipcu, efektywność fizjologiczna i rolnicza były znacznie większe niż w latach poprzednich i większe w przedziale dawek 120–160 kg niż 80–120 kg azotu (u sorgo fizjologiczna mniejsza w przedziale 120–160 kg N). Również większość autorów badań krajowych dotyczących wpływu środowiska na efektywność nawożenia kukurydzy podkreśla przede wszystkim znaczenie warunków atmosferycznych (Dubas, Duhr, 1983; Kruczek, 1983, 1988, 1996; Borowiecki, 1988). Wyniki badań dotyczące wpływu typu

Tabela 2. Efektywność rolnicza, fizjologiczna i wykorzystanie azotu w zależności od dawki nawożenia azotem (%)  
Table 2. Agronomical efficiency, physiological and utilization of nitrogen according level of nitrogen fertilization (%).

Zakres N N rate [kg·ha <sup>-1</sup> ]	Kukurydza Maize			Sorgo Sorghum		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Efektywność rolnicza; Agronomical efficiency						
80–120	17,5	12,5	20,0	7,5	20,0	42,5
120–160	-5,0	-25,0	52,5	5,0	-7,5	57,5
Efektywność fizjologiczna; Physiological efficiency						
80–120	19,4	33,0	51,0	15,1	50,0	67,9
120–160	-40,0	-76,9	61,8	12,9	-30,0	64,4
Wykorzystanie azotu; Utilization of nitrogen						
80–120	90,2	37,9	39,2	49,7	40,0	62,6
120–160	12,5	32,5	84,9	38,8	25,0	89,3

i gatunku gleby na plon kukurydzy i efektywność N są zróżnicowane. Jednak większość autorów stwierdza, że jakość gleby i jej zasobność w składniki pokarmowe ma wpływ na wskaźniki efektywności nawożenia (Machul i in., 1983; Borowiecki i in., 1988; Kruczek, 1988; Gonet, Stadejek, 1990). Fotyma (1994) i Kruczek (1996) stwierdzili ograniczanie efektywności rolniczej i fizjologicznej w miarę wzrostu dawek N. Według tych autorów wskaźniki te były większe w przypadku zbioru na kiszonce niż na ziarno. Efektywność rolnicza nawożenia N kukurydzy określona przez Borowieckiego (1988) oraz Goneta i Stadejka (1990) były podobne i dla dawek 90–120 kg i 120–150 kg wynosiły 25–30 kg suchej masy na 1 kg N zastosowanego w nawozach. W kukurydzy uprawianej na ziarno dawki N powyżej 90 kg·ha<sup>-1</sup> powodowały spadek efektywności rolniczej i fizjologicznej poniżej zera, natomiast w odniesieniu do zbioru na kiszonce ujemne wartości tych wskaźników uzyskano dopiero przy dawkach 2-krotnie większych (Kruczek, 1996). Według badań Fotymy (1994) w kukurydzy uprawianej na kiszonce współczynnik wykorzystania N (w przedziale dawek 0–210 kg) na glebach kompleksów żytnich wahał się w granicach 50–30%, a na glebach kompleksów pszennych 70–40% i obniżał się w miarę wzrostu dawek N. Natomiast Kruczek (1996) stwierdził, że wykorzystanie azotu z nawozów przez kukurydzę uprawianą na ziarno i kiszonce było podobne i wahało się w zakresie badanych dawek (0–270 kg) w granicach 71–29%. Według tego autora (Kruczek, 1997) wykorzystanie N zwiększa się wraz z gromadzeniem przez kukurydzę suchej masy oraz maleje w miarę zwiększania dawki N.

Oceniane gatunki roślin charakteryzowały się zbliżoną zawartością białka, tylko w roku 2010 więcej tego składnika zawierały rośliny sorga niż kukurydzy (tab. 3). Największą jego koncentrację w kukurydzy zanotowano w roku 2009, natomiast w roślinach sorga w 2010. Zwiększenie nawożenia azotem z 80 do 160 kg·ha<sup>-1</sup> spowodowało zwiększenie zawartości białka w roślinach obu ocenianych

Tabela 3. Zawartość składników pokarmowych w suchej masie kukurydzy i sorga w zależności od dawki nawożenia azotem [%]  
 Table 3. Concentration of nutrient elements of dry matter maize and sorghum according level of nitrogen fertilization [%].

Dawka N N rate [kg·ha <sup>-1</sup> ]	Białko Protein			Tłuszcz Fat		Popiół Ash		Włókno Fibre		Strawność Digestibility	
	2008	2009	2010	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Kukurydza; Maize											
80	5,50	6,63	6,13	2,66	2,90	5,50	5,34	19,19	19,40	69,75	66,97
120	6,25	7,00	6,44	2,50	2,80	6,25	5,53	19,32	19,20	68,28	66,05
160	6,19	7,25	6,87	2,40	2,76	6,19	5,26	19,40	18,16	67,20	66,03
Sorgo; Sorghum											
80	5,75	6,69	7,50	2,36	2,19	5,75	5,96	34,13	36,95	44,30	43,45
120	6,31	6,94	7,62	2,51	2,68	6,31	6,07	32,70	37,07	44,27	46,72
160	6,75	6,69	7,81	2,60	2,74	6,75	7,02	34,40	35,29	46,12	44,60

gatunków (w sorgo w roku 2009, a w kukurydzy w roku 2008 – do 120 kg·ha<sup>-1</sup>). Sowiński i Liszka-Podkowa (2008) stwierdzili mniejszą zawartość białka ogółem w sorgo niż w kukurydzy i jej wzrost w biomacie obu gatunków pod wpływem nawożenia azotem. Zawartość białka w kiszonce z obu gatunków w roku 2008 była większa niż w zielonce, natomiast w roku 2009 była nieco mniejsza (tab. 4). Niskie pH kiszonek w pierwszym roku badań (kukurydza 3,3, sorgo 4,1) oraz korzystny stosunek LA/TA – kwasu mlekowego do wszystkich kwasów organicznych (kukurydza 0,804, sorgo 0568), i AA/LA – kwasu octowego do mlekowego (kukurydza – 0,241, sorgo 0741), wskazują, że proces zakiszania przebiegał prawidłowo i był prowadzony przez bakterie kwasu mlekowego, czyli rozpad białka był niewielki. Zawartość białka w kiszonce, jaką zanotował Tillmann (2002), jest podobna jak w przeprowadzonych badaniach, natomiast Linn i Martin (1989) podają, że białko stanowi nawet do 17% suchej masy kisonki. Natomiast Johnson i in. (2002), Korniewicz i in. (2004), Mikołajczak i in. (2004) zanotowali więcej o około 2 p.p. białka w kiszonce kukurydzy niż uzyskano w badaniach własnych. Nawożenie N wywiera znaczny wpływ na udział kolb, skład chemiczny roślin, a tym samym na wartość uzyskanego plonu. Wielu autorów (Dubas, 1974; Gonet, Stadejek, 1992; Kruczek, 1983, 1996) stwierdziło wzrost zawartości białka zarówno w masie vegetatywnej kukurydzy, jak i w ziarnie pod wpływem wzrastających dawek azotu. Gonet i Stadejek (1992) podają, że ze względu na jakość paszy istotne znaczenie ma ilość białka przypadająca na 1 jednostkę owsianą. Według tych autorów zwiększenie nawożenia do 120 kg powoduje wzrost jego zawartości, a dalszy wzrost nawożenia nie ma wpływu na tę cechę. Kruczek (1996) wykazał, że nawożenie N najsilniej różnicuje zawartość N ogólnego w początkowych okresach rozwoju kukurydzy. Ten sam autor stwierdził, że zawartość N ogólnego i N azotanowego kukurydzy zarówno w całej nadziemnej masie roślin, jak i w nerwie liścia dolnego wzrasta ze wzrostem dawek N we wszystkich terminach pobierania prób oraz maleje w miarę postępu vegetacji roślin. Kozłowski i in. (2007) przed zbiorem stwierdzili

większą o około 3% zawartość białka w sorgo niż w kukurydzy. Według Książaka i Machula (2007) zwiększenie nawożenia N ze 120 do 160 kg·ha<sup>-1</sup> nie miało znaczącego wpływu na zawartość białka zarówno w kukurydzy, jak i w sorgo.

Znacznie większą (prawie dwukrotnie) zawartością włókna surowego charakteryzowały się rośliny sorga niż kukurydzy (tab. 3). Zróżnicowane nawożenie azotem, jak również przebieg pogody w okresie vegetacji w ocenianych latach miały mały wpływ na kumulowanie się tego składnika w roślinach obu gatunków. Biomasa kukurydzy według Sowińskiego i Liszki-Podkowskiej (2008) charakteryzowała się mniejszą o ponad 10,0% zawartością włókna niż sorgo, a nawożenie azotem miało nieznaczny wpływ na jego zawartość. Zawartość włókna w kiszonce niezależnie od gatunku była mniejsza o około 1–2 p.p. niż w materiale kisonkarskim (tab. 4). Zawartość włókna w kiszonce kukurydzy odnotowana przez Korniewicza i in. (2004) oraz Mikołajczaka i in. (2004) była większa niż w przeprowadzonych badaniach własnych. Według oznaczeń Kozłowskiego i in. (2007) kukurydę charakteryzuje mniejsza zawartość celulozy, ADF i NDF niż sorgo, natomiast zawartość hemicelulozy jest bardzo zbliżona. Książak i Machul (2007) zanotowali znacznie większą zawartość włókna surowego w roślinach sorgo niż kukurydzy. Autorzy ci stwierdzili także większą zawartość włókna w roślinach tych gatunków nawożonych większą dawką azotu. Ponadto obserwowali większą zawartość włókna w roślinach sorga uprawianych w większym zagęszczeniu. Śliwiński i Brzóska (2006) również podają, że w gęściejszym łanie rośliny sorga zawierają więcej włókna surowego i neutralnego, co wiąże się z większym udziałem łądyg w zielonce.

Oceniane gatunki charakteryzowała bardzo zbliżona średnia zawartość tłuszczu w suchej masie (tab. 3). Małe było także zróżnicowanie koncentracji tego składnika w poszczególnych latach. Natomiast odmienna była reakcja na zwiększenie dawki azotu – w roślinach kukurydzy następowało niewielkie zmniejszenie jego ilości, natomiast rośliny sorga nawożone większymi dawkami N gromadziły więcej tego składnika. Średnia zawartość tłuszczu w ro-

Tabela 4. Zawartość składników pokarmowych w kiszonce kukurydzy i sorga  
Table 4. Concentration of nutrient elements of silage maize and sorghum.

Białko Protein		Tłuszcz Fat		Popiół Ash		Włókno Fibre		Strawność Digestibility	
2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Kukurydza; Maize									
6,57	6,63	2,91	3,16	6,70	5,89	17,62	17,26	68,18	66,35
Sorgo; Sorghum									
6,82	6,32	2,80	3,06	5,48	5,93	31,60	31,82	55,50	56,9

Tabela 5. Zawartość makroskładników w suchej masie kukurydzy i sorga w zależności od dawki nawożenia azotem [%]

Table 5. Concentration of macroelements of dry matter maize and sorghum according level of nitrogen fertilization [%].

Dawka N N rate [kg·ha <sup>-1</sup> ]	P		K		Ca		Mg		
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	
Kukurydza; Maize									
80	0,13	0,18	1,02	0,94	0,26	0,23	0,14	0,16	
120	0,16	0,17	1,08	1,03	0,28	0,26	0,17	0,17	
160	0,14	0,15	1,13	1,17	0,25	0,23	0,14	0,16	
Sorgo; Sorghum									
80	0,14	0,19	1,37	1,60	0,35	0,38	0,23	0,25	
120	0,17	0,17	1,48	1,70	0,34	0,36	0,25	0,26	
160	0,17	0,18	1,52	1,73	0,35	0,39	0,26	0,26	

Tabela 6. Zawartość makroskładników w kiszonce kukurydzy i sorga  
Table 6. Concentration of macroelements of silage maize and sorghum.

P		K		Ca		Mg	
2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Kukurydza; Maize							
0,16	0,14	1,16	1,13	0,19	0,16	0,16	0,16
Sorgo; Sorghum							
0,17	0,18	1,33	1,38	0,33	0,27	0,24	0,25

ślinach sorga i kukurydzy, jak podają Książak i Machul (2007), nie zmieniała się pod wpływem nawożenia azotem. Zawartość tłuszczu w kiszonce była większa o około 0,5% p.p. niż w suchej masie zielonki (tab. 4). Mikołajczak i in. (2004) podają, że zawartość tłuszczu w kiszonce z kukurydzy wynosi od 3,3 do 3,6%.

Większą o około 0,6 p.p. zawartością popiołu odznaczały się rośliny sorga niż kukurydzy (tab. 3). Zastosowanie zwiększonych dawek nawożenia azotem u sorga powodowało wzrost zawartości popiołu, natomiast u kukurydzy w obu latach badań najwięcej popiołu zawierały rośliny nawożone dawką 120 kg N·ha<sup>-1</sup>. W kiszonce z kukurydzy zawartość popiołu była większa niż w zielonce, natomiast w kiszonce z sorga – mniejsza niż w materiale kiszonkarskim

tego gatunku (tab. 4). Według Kozłowskiego i in. (2007) kukurydżę i sorgo charakteryzuje podobna zawartość popiołu, natomiast Książak i Machul (2007) zanotowali większą zawartość tego składnika w roślinach sorgo niż kukurydzy. Ponadto więcej popiołu zawierały rośliny nawożone większą dawką azotu.

Strawność suchej masy kukurydzy była o około 22 p.p. większa niż strawność sorga, co jest bardzo ściśle związane ze znacznie mniejszą zawartością w niej włókna (tab. 3). Zróżnicowanie dawki nawożenia azotem miało stosunkowo mały wpływ na strawność zarówno kukurydzy, jak i sorga, tylko w roku 2008 u kukurydzy zanotowano zmniejszenie strawności w roślinach nawożonych większymi dawkami azotu. Jest to trudne do wyjaśnienia, gdyż w pozostałych latach nie obserwowano takiej reakcji kukurydzy. Zróżnicowany przebieg pogody w okresie wegetacji stosunkowo słabo oddziaływał na strawność masy organicznej porównywanych gatunków. Strawność kisonki z kukurydzy była bardzo zbliżona do strawności materiału kiszonkarskiego, natomiast strawność kisonki sorga była o około 10 p.p. większa niż strawność surowca, z którego była sporządzona (tab. 4). Podkówka i in. (2001) najwyższą strawność kukurydzy obserwowali przy zawartości 30% suchej masy, a opóźnienie zbioru powodowało jej spadek. Zdaniem wielu autorów (Daccord i in., 1995; Eder, 1999; Eder, Kützfled, 2000; Weissbach, 1999) czynnikiem decydującym o terminie zbioru kukurydzy na kisonkę powinna być zawartość suchej masy. Stopień rozdrobnienia zakiszanej zielonki z kukurydzy ma istotny wpływ na strawność składników pokarmowych kisonki, zwłaszcza związków bezzazotowych wyciągowych i włókna surowego (Podkówka, 1995). Według badań Brzóska (2001) strawność masy organicznej kisonki z kukurydzy wynosiła 65,1–71,1% i zwiększała się wraz z zawartością suchej masy w kiszonce z 20 do 30%.

Wyniki analiz wskazują, że sorgo, niezależnie od poziomu nawożenia azotem, zawiera znacznie więcej Mg, Ca i K niż kukurydza, natomiast koncentracja fosforu w obu gatunkach jest zbliżona (tab. 5). Zwiększanie dawki nawożenia azotem nie miało znaczącego wpływu na poziom zawartości Mg, Ca i P, natomiast powodowało wyraźny wzrost koncentracji potasu zarówno w kukurydzy, jak i w sorgo. Zróżnicowany przebieg warunków atmosferycznych w okresie wegetacji miał niewielki wpływ na gromadzenie badanych składników mineralnych,

obserwowano tylko większą zawartość potasu w roślinach sorga w roku 2009, o większej ilości opadów w czerwcu i lipcu. Kiszonka sporządzona zarówno z kukurydzy, jak i z sorga zawierała podobną jak zielonka ilość Mg i P, mniej natomiast Ca i, w przypadku sorga, K (tab. 6).

#### PODSUMOWANIE

1. W korzystniejszych warunkach atmosferycznych poziom plonów suchej masy kukurydzy uprawianej na glebie lekkiej był większy niż sorga, natomiast w warunkach ograniczonej ilości opadów w lipcu sorgo plonowało zdecydowanie lepiej niż kukurydza. Istotne zwiększenie poziomu plonowania obu badanych gatunków pod wpływem wzrostu dawek azotu zanotowano tylko w roku o mniej korzystnych warunkach atmosferycznych w okresie wegetacji.

2. Sorgo uprawiane na glebie lekkiej charakteryzowała większa efektywność rolnicza i fizjologiczna azotu niż kukurydzę, natomiast wykorzystanie tego składnika było podobne. Wskaźniki te u roślin nawożonych większymi dawkami azotu w latach wilgotnych zmniejszyły się, a nawet były ujemne. Natomiast w roku o mniejszej ilości opadów (2010) były znacznie większe niż w latach 2008 i 2009 i większe w przedziale dawek 120–160 niż 80–120 kg·ha<sup>-1</sup>.

3. Większa (średnio o około 13 p.p.) zawartość suchej masy charakteryzowała kukurydzę niż sorgo, zwłaszcza w latach o korzystniejszym przebiegu pogody. Zwiększenie poziomu nawożenia azotem kukurydzy ograniczało gromadzenie suchej masy, natomiast miało niewielki wpływ na koncentrację tego składnika w roślinach sorga.

4. Oceniane gatunki roślin odznaczały się zbliżoną zawartością białka, a zwiększenie nawożenia azotem z 80 do 160 kg·ha<sup>-1</sup> powodowało zwiększanie koncentracji tego składnika.

5. Sorgo zawierało znacznie więcej (około 2 razy) włókna surowego niż kukurydza. Zróżnicowane nawożenie azotem, jak również przebieg pogody w okresie wegetacji miały mały wpływ na zawartość tego składnika w roślinach obu gatunków.

6. Oceniane gatunki charakteryzowała bardzo zbliżona średnia zawartość tłuszczu w suchej masie. Natomiast odmiennie reagowały na zwiększenie dawki azotu – w kukurydzy następowało niewielkie zmniejszenie ilości tłuszczu, a sorgo nawożone większymi dawkami N wykazywało większą zawartość tego składnika.

7. Większą zawartością popiołu odznaczały się rośliny sorga niż kukurydzy. Zwiększanie dawki nawożenia azotem u sorga powodowało wzrost zawartości popiołu, natomiast kukurydza najwyższej popiołu zawierała przy nawożeniu dawką 120 kg·ha<sup>-1</sup>.

8. Strawność suchej masy kukurydzy była o ponad 20 p.p. większa niż sorga, a zróżnicowanie dawki nawożenia azotem miało na nią niewielki wpływ.

9. Sorgo niezależnie od poziomu nawożenia azotem zawierało znacznie więcej Mg, Ca i K niż kukurydza, natomiast koncentracja fosforu w obu gatunkach była zbliżona. Zwiększone dawki nawożenia azotem nie miały znaczącego wpływu na zawartość Mg, Ca i P, natomiast powodowały istotny wzrost koncentracji potasu zarówno w kukurydzy, jak i w sorgo.

10. Zawartość suchej masy, białka, włókna surowego oraz tłuszczu w kiszonce z sorga i kukurydzy nawożonych dawką 120 kg była zbliżona do ich ilości w zielonce.

11. Strawność kiszonki z kukurydzy była bardzo zbliżona do strawności materiału kiszonkarskiego, natomiast w przypadku kiszonki sorga była o około 10 p.p. większa niż surowca, z którego była sporządzona.

#### LITERATURA

- Adamczyk J., 2001.** Znaczenie doboru odmian w uprawie kukurydzy na ziarno i kiszonkę. *Biul. Inf. I. Zoot.*, 39(1): 29-35.
- Ashbell G., Weinberg Z.G., 1999.** Silage from tropical cereals and forage crops. *FAO Production and protection Paper*, 161. *Proceedings of the FAO Electronic Conference on Tropical Silage*, 1 IX-15 XII 1999, <http://www.fao.org/ag/AGP/AGP-C?gp?SILAGE?HTML/paper7.htm>.
- Bogucka B., Szempliński W., Wróbel E., 2008.** Reakcja kukurydzy ziarnowej na nawożenie azotem w warunkach północno-wschodniej Polski. *Mat. Konf. Nauk. „Problemy agrotechniki oraz wykorzystania kukurydzy i sorgo”*, UP Poznań, ss. 44-46.
- Borowiecki J., 1988.** Efektywność nawożenia azotem kukurydzy kiszonkowej w zależności od obsady roślin. *Mat. Konf. Nauk. „Stan badań nad agrotechniką kukurydzy w Polsce”*. IUNG Puławy, ss. 10-15.
- Borowiecki J., Kuś J., Malysiak B., 1988.** Wpływ typu i gatunku gleby na rozwój i plonowanie kukurydzy w doświadczeniu mikropoletkowym. *Biul. IHAR*, 165: 99-105.
- Brzóska F., 2001.** Wartość pokarmowa pasz z kukurydzy. *Biul. Inf. I. Zoot.*, 1: 37-48.
- Buxton D.R., Anderson I.C., Hallam A., 1999.** Performance of sweet and forage sorghum grown continuously, double-cropped with winter rye, or in rotation with soybean and maize. *Agron. J.*, 91(1): 93-101.
- Camargo M.B.P., Hubbard K.G., 1999.** Drought sensitivity indices for sorghum crop. *J. Prod. Agric.*, 12: 312-316.
- Cassman K.G., Dobermann A., Walters D.T., 2002.** Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. *Ambio*, 31(2): 132-140.
- Czerniawska A., 1988.** Porównanie plonowania i wartości pokarmowej kukurydzy na tle zróżnicowanego nawożenia azotem. *Mat. Konf. Nauk. „Stan badań nad agrotechniką kukurydzy w Polsce”*. IUNG Puławy, Cz. II: 25-31.
- Daccord R., Arrigo Y., Vogel R., 1995.** Nährwert von Maissilage. *Agrar Forschung*, 9: 397-400.
- Dubas A., 1974.** Wpływ intensywnego nawożenia azotem na plony i wartość pastewną kukurydzy kiszonkowej. *Rocz. AR Poznań, prac. habil.* 51.
- Dubas A., Duhr E., 1983.** Wpływ sposobu nawożenia fosforem na plonowanie kukurydzy. *Pam. Puł.*, 81: 131-139.

- Eder J., 1999. Reife-Leistung. Mais, 27: 138-141.
- Eder J., Kützfeld B., 2000. Der Reife auf der Spur! Mais, 28: 84-86.
- Fotyma E., 1994. Reakcja roślin uprawy polowej na nawożenie azotem. III. Kukurydza. *Fragm. Agron.*, 4: 20-35.
- Gallais A., Hirel B., 2004. An approach to the genetics of nitrogen use efficiency in maize. *J. Exp. Bot.*, 55(396): 295-306.
- Geng S., Hills F.J., Johnson S.S., Sah R.N., 1989. Potential yields and on-farm ethanol production cost of corn, sweet sorghum, fodder beet and sugar beet. *J. Agron. Crop Sci.*, 162(1): 21-29.
- Gonet Z., Stadejek H., 1990. Wpływ nawożenia azotem i ilości wysiewu na plony kukurydzy uprawianej na zielonkę bezpośrednio do skarmiania. *Fragm. Agron.*, 3: 30-43.
- Gonet Z., Stadejek H., 1992. Wpływ nawożenia azotem na plon i wartość paszową kukurydzy uprawianej w dużym zagęszczeniu na zielonkę do bezpośredniego skarmiania. *Pam. Puł.*, 101: 135-147.
- Hirel B., Le Gouis, J., Gallais A., 2007. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *J. Exp. Bot.*, 58(9): 2369-2387.
- Hrynciewicz Z., Fatyga J., 1975. Badania nad uprawą mieszańcowej trawy sudańskiej na zieloną masę. *Zesz. Nauk. AR Wrocław*, 109: 69-78.
- Johnson L.M., Harrison J.H., Davidson D., Mahanna W.C., Shinerst K., Linder D., 2002. Corn silage management; Effects of maturity inoculation and mechanical processing on pack density and aerobic stability. *J. Dairy Sci.*, 85: 434-444.
- King J., Gay A., Sylvester-Bradley R., Bingham I., Foulkes J., Gregory P., Robinson D., 2003. Modelling cereal root systems for water and nitrogen capture: towards an economic optimum. *Ann. Bot.*, 91: 383-390.
- Korniewicz A., Bodarski R., Kinal S., Szydłowska A., 2004. Wpływ konserwantu chemicznego na jakość fermentacji i straty składników pokarmowych w procesie kiszenia kukurydzy w mikrosilosach. *Acta Scien. Polon. Zoot.*, 3(1): 25-34.
- Kozłowski S., Zielewicz W., Lutyński A., 2007. Określenie wartości energetycznej *Sorghum saccharatum* (L.) Moench, *Zea mays* L. i *Malva verticillata* L. *Łąkarstwo w Polsce*, 10: 131-140.
- Krieg D.R., Lascano R.J., 1990. Sorghum. Irrigation of Agricultural Crops. American Society of Agronomy, Madison, USA, ss. 719-740.
- Kruczek A., 1983. Wpływ terminu i sposobu nawożenia azotem na plonowanie kukurydzy w uprawie na ziarno. *Pam. Puł.*, 81: 119-130.
- Kruczek A., 1988. Określenie optymalnych dawek, sposobów i terminów stosowania nawozów azotowych pod kukurydze uprawianą na ziarno. *Mat. Konf. Nauk. „Stan badań nad agrotechniką kukurydzy w Polsce”*. IUNG Puławy, Cz. II: 19-24.
- Kruczek A., 1996. Efektywność nawożenia azotem kukurydzy uprawianej na ziarno w rejonie Wielkopolski. *Rocz. Nauk. Rol.*, A, 112(3-4): 50-66.
- Kruczek A., 1997. Wpływ nawożenia azotowego na pobieranie azotu przez kukurydżę i zmiany jego zawartości w glebie. *PTPN, Nauki Rol. i Leśn.*, 83: 23-34.
- Kruczek A., 2005. Wpływ dawek azotu i sposobów stosowania nawozów azotowych i nawozu wieloskładnikowego na plonowanie kukurydzy. *Pam. Puł.*, 140: 129-138.
- Krzywiecki S., Szyszkowska A., 1978. Plon i wartość pokarmowa sorga i mieszańcowej trawy sudańskiej uprawianych w plonie wtórnym. *Nowe Rol.*, 14: 4-5.
- Książak J., Machul M., 2007. Ocena plonowania sorga w zależności od sposobu siewu i poziomu nawożenia azotem. *Rocz. Nauk. Zoot.*, Supl. 23: 103-106.
- Linn J.G., Martin N.P., 1989. Forage quality tests and interpretation. Minnesota extension Service, University of Minnesota, ss. 1-5.
- Machul M., Kukula S., Malysiak B., 1983. Produkcyjność mieszańców kukurydzy na glebach różnych kompleksów przydatności rolniczej w zależności od zagęszczenia roślin. *Pam. Puł.*, 81: 61-75.
- Meeske R., Basson H.M., 1995. Research note; maize and forage sorghum as silage crops under drought conditions. *Afr. J. Range Forage Sci.*, 12: 133-134.
- Mikolajczak J., Pilat, J., Grabowicz M., Dorszewski P., Szterk P., 2004. Jakość i wartość pokarmowa kiszzonek wyprodukowanych na terenie Pomorza i Kujaw. *Ann. Warsaw Agric. Univ., Animal Science Special Number*, ss. 106-110.
- Mucha S., Brzóska F., 1983. Wstępne wyniki badań plonowania i składu chemicznego amerykańskich mieszańców sorga z trawą sudańską uprawianych w 1979 roku w Polsce. *Rocz. Nauk Zoot.*, 10(1): 113-124.
- Peng Y., Niu J., Peng Z., Zhang F., Li Ch., 2010. Shoot growth potential drives N uptake in maize plants and correlates with root growth in the soil. *Field Crops Res.*, 115: 85-93.
- Podkówka Z., 1995. Wpływ stopnia rozdrobnienia zielonki z kukurydzy na wartość pokarmową. *Kukurydza*, 2: 19.
- Podkówka W., Podkówka Z., 2004. Wpływ poziomu suchej masy na zawartość białka ogólnego, NDF i ADF w kiszonce z kukurydzy. *Ann. Warsaw Agr. Univ., Animal Science Special Number*, ss. 111-116.
- Podkówka Z., Čermák L., Podkówka L., 2001. Wpływ terminu zbioru zielonki z kukurydzy na strawność substancji organicznej. *Ann. Warsaw Agr. Univ., Animal Science Special Number*, ss. 20-23.
- Pyzik J., Bober A., 1985. Wpływ nawożenia azotowego na przebieg wegetacji, plon ziarna i niektóre cechy morfologiczne kukurydzy uprawianej na dwóch kompleksach glebowych. *Zesz. Nauk. Tow. Nauk. Rzeszów, Prod. Rośl.*, 2: 39-43.
- Singh B.R., Singh D.P., 1995. Agronomic and physiological responses of sorghum maize and pearl millet to irrigation. *Field Crops Res.*, 42: 57-67.
- Sowiński J., Liszka-Podkowa A., 2008. Wielkość i jakość plonu suchej masy kukurydzy (*Zea mays* L.) oraz sorga cukrowego (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) na glebie lekkiej w zależności od dawki azotu. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 7(4): 105-115.
- Strzetelski A., Jurkiewicz A., Strzetelski J., 2001. Kiszzonka z kukurydzy w żywieniu bydła. *Biul. Inf. I. Zoot.*, 39(1): 49-62.
- Subedi K., Ma B., 2005. Nitrogen uptake and partitioning in stay-green and leafy maize hybrids. *Crop Sci.*, 45: 740-747.
- Śliwiński B.J., Brzóska F., 2006. Historia uprawy sorgo i wartość pokarmowa tej rośliny w uprawie na kiszonkę. *Post. Nauk Rol.*, 1: 25-37.
- Tillmann P., 2002. Qualitätsuntersuchung an Maissilage. *Mais*, 1: 30-31.
- Weissbach F., 1999. Wann ist der Mais siloreif? *Mais*, 27: 72-77.
- Wright G.C., Smith, C.G., 1983. Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress. II. Root water uptake and water use. *Aust. J. Agric. Res.*, 34: 627-636.

*J. Książak, J. Bojarszczuk, M. Staniak*

## MAIZE AND SORGHUM YIELDS AS AFFECTED BY NITROGEN FERTILIZATION

### Summary

The field experiment with maize and sorghum was conducted in the years 2008–2010 at the Experimental Station in Osiny. The experiment was established as a crossed split-plot design in 4 replications. In this experiment the species: maize (Anjou 290) and sorghum (Sucrosorgo 506) was the 1<sup>st</sup> rank factor and fertilization (kg ha<sup>-1</sup>): N<sub>1</sub> – 80; N<sub>2</sub> – 120; N<sub>3</sub> – 180 was the 2<sup>nd</sup> rank factor.

In favorable weather conditions, the dry matter yields of maize grown on sandy soil was higher than that of sorghum, but in the conditions of limited rainfall during the growing season sorghum yielded significantly better than maize. A significant increase in yields of both tested species under the influence of increasing nitrogen rates was recorded only in the year of less favorable weather conditions during the growing season.

Sorghum grown on sandy soil was characterized by greater agricultural and physiological efficiency of nitrogen than corn, while the utilization rate of this component was similar. These ratios in plants fertilized with higher doses of nitrogen in wet years decreased, or even turned out to be negative. However, in years with less rainfall (2010), they were significantly higher than in previous years and were also higher in the range of N doses of 120–160 than the 80–120 kg ha<sup>-1</sup>.

Maize was characterized by a higher dry matter content than sorghum, especially in years with favorable weather conditions (on average by about 13%). Increasing levels of nitrogen fertilization of maize reduced the accumulation of dry matter, but had

little effect on the concentration of this component in sorghum plants. The studied plant species showed a similar protein content, and increasing nitrogen fertilization from 80 to 160 kg ha<sup>-1</sup> resulted in the increase of concentration of this component. Much more (about 2 times) crude fiber was found in sorghum than in maize. Differentiated nitrogen fertilization and weather conditions during the growing season had little effect on the accumulation of this element in plants of both species. The studied species were characterized by a very similar average fat content of dry matter. Different responses to increasing doses of nitrogen were found in: corn (a slight decrease in its quantity), and sorghum (accumulated more of this ingredient when fertilized with higher doses). Sorghum plants were recorded to contain a higher content of ash than maize. The application of the increased doses of nitrogen fertilization in sorghum caused a greater accumulation of ash. The highest level of ash was found in corn fertilized with the dose of 120 kg ha<sup>-1</sup>. Dry matter digestibility of corn was over 20 p.p. higher than sorghum's, and differentiated nitrogen fertilization had little effect on it. Sorghum, regardless of the level of nitrogen fertilization contains significantly more Mg, Ca and K than corn, while the phosphorus concentration in both species is similar. Increased nitrogen fertilization had no significant influence on the content of Mg, Ca and P but it caused a significant increase in the concentration of potassium in both maize and sorghum. The dry matter, protein, fiber, fat content of sorghum silage and corn fertilized with the dose of 120 kg N was similar to the corresponding contents of green forage. Digestibility of corn silage was very similar to the digestibility of the silage material, and digestibility of sorghum silage was approximately 10 p.p. higher than the digestibility of raw material from which it was made.

**key words:** maize, sorghum, yielding, silage, digestibility