

## Ograniczenie nawożenia a skład chemiczny sorga cukrowego

W. ZIELEWICZ, S. KOZŁOWSKI

*Katedra Łąkarstwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

### Reducing fertilisation and chemical composition of sweet sorghum

**Abstract.** The experiment comprised the following two experimental cultivation treatments of sweet sorghum: a/ sowing of 180 000 seeds per 1 hectare with row seed frequency of 7 cm and b/ sowing of 260 000 seeds per 1 hectare with row seed frequency of 6 cm. The spacing between rows was 70 cm in both treatments. The seeds were sown in the last decade of April using for this purpose a 4-row Monosem sowing machine equipped in sowing discs of 2–3 mm holes. The following two fertilisation combinations were applied with the above – mentioned cultivation treatments: a basic dose of: N – 160 kg, P – 80 kg and K – 170 kg ha<sup>-1</sup> and a reduced dose of: N – 120 kg, P – 60 kg and K – 150 kg ha<sup>-1</sup>. The control plant was maize, cv. Magister (FAO 270) which was sown at the same date and at the same row distances as the experimental sweet sorghum. Maize sown in pure stand required 90 000 seeds per hectare and the applied fertilisation was identical with that employed in the case of sorghum. Therefore, it cannot be said that changes in the fertilisation lead to distinctly worse fodder quality. From the point of view of phyto-chemistry, it is possible to apply in the cultivation of sweet sorghum the following doses of fertilisers: N – 120 kg, P – 60 kg and K – 150 kg ha<sup>-1</sup>. Economic calculation should play a decisive role in the selection of the method of cultivation and fertilisation.

**Key words:** *Sorghum saccharatum*, sweet sorghum, Sucrosorgo 506, *Zea mays*, fertilisation

### 1. Wstęp

Gatunki z rodzaju *Sorghum* występują, przede wszystkim, w ciepłych strefach klimatycznych. Ich cechą charakterystyczną jest duży potencjał plonotwórczy, tak istotny dla paszowego i żywnościowego wykorzystania. Walory te sprawiają, że wprowadzane są one do uprawy także w strefie klimatu umiarkowanego. *Sorghum saccharatum* (L.) Moench od dawna znajduje uznanie na Węgrzech (MADHAVAN, 1990). Na początku XX wieku podjęto z powodzeniem próbę uprawy trawy sudańskiej (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) w Polsce południowo-wschodniej (NOWIŃSKI, 1970). Problem uprawy trawy sudańskiej i sorga cukrowego powrócił w sferze badawczej w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku (DACZEWSKA i wsp., 1986). Ostatnio lansuje się w naszym kraju sorgo cukrowe i dostosowuje nowe technologie uprawy jego odmian (KOZŁOWSKI

i wsp., 2006). Dotyczą one wielu aspektów, przede wszystkim norm i sposobu wysiewu, a tym samym obsady roślin na powierzchni gruntu oraz nawożenia upraw.

Rola nawożenia w uprawie sorga jest szczególnie ważna. Tylko przy zapewnieniu roślinom pełnego pokrycia na wszystkie składniki pokarmowe możliwe jest uzyskanie dużego i wartościowego w sferze pokarmowej plonu suchej masy (FALKOWSKI i KUKUŁKA, 1983; FOTYMA i FOTYMA, 1998). Optymalizacja nawożenia upraw sorga jest ważna z dwóch powodów – sorgo jest trawą o wysokich wymaganiach co do składników pokarmowych, a niewykorzystane składniki mineralne przenikając do wód wpływają niekorzystnie na środowisko przyrodnicze. Drugi powód to kosztocłonność nawożenia. Nawozy mineralne są drogimi środkami produkcji pasz (SHEORAN i wsp., 2005). Powstaje więc istotne pytanie, czy można ograniczyć poziom nawożenia upraw sorga bez szkody dla wielkości i jakości plonu. Odpowiedź na to pytanie znalazła się u podstaw naszych badań.

## 2. Materiał i metody

Prace badawcze prowadzono w latach 2003–2005. Podmiotem badań było sorgo cukrowe (*Sorghum saccharatum* (L.) Moench) – odmiana Sucrosorgo 506. Materiał roślinny pochodził z polowych upraw sorga, corocznie o powierzchni około 1,5 ha, zlokalizowanych na terenie Rolniczego Gospodarstwa Doświadczalnego Brody należącego do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Rośliną porównawczą była kukurydza – *Zea mays*, odmiana Magister (FAO 270).

Wprowadzenie sorga do uprawy miało zwiększyć bazę surowca roślinnego gospodarstwa dla produkcji kiszonek, zdominowaną przez kukurydzę. Zasiew sorga znajdował się w bezpośrednim sąsiedztwie zasiewu kukurydzy. Pod uprawę tych roślin wykorzystano pole, którego gleba w sferze właściwości fizyko-chemicznych charakteryzowała się następującymi parametrami: 1,24% zawartością próchnicy, 16% udziałem części spławialnych, lekko kwaśnym odczynem ( $\text{pH}_{\text{KCl}} = 5,5$ ), oraz obecnością 83,0 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 143,0 mg  $\text{K}_2\text{O}$  i 58,0 mg  $\text{Mg}$  w odniesieniu do kg s.m. gleby (można więc stwierdzić, że odpowiadała ona wymaganiom sorga i kukurydzy).

Uprawa tych roślin pastewnych postępowała według właściwych im technologii, a władze gospodarstwa wyraziły zgodę na wydzielenie powierzchni doświadczalnych, paralelnych w swym charakterze i przeznaczeniu do upraw produkcyjnych. W przypadku sorga czynnikami doświadczalnymi były obsada roślin i nawożenie. Uwzględniono dwie kombinacje obsady roślin, stąd wysiew 180 000 nasion na hektar (rozstawa rzędów 70 cm, częstość wprowadzania nasion w rzędzie – co 7 cm) oraz wysiew 260 000 nasion (rozstawa 70 cm, częstość wprowadzania nasion co 6 cm). Drugim czynnikiem doświadczalnym było nawożenie. Wyznaczono dwie kombinacje nawozowe: dawkę podstawową N – 160 kg, P – 80 kg, K – 170 kg  $\text{ha}^{-1}$  i dawkę obniżoną: N – 120 kg, P – 60 kg, K – 150 kg  $\text{ha}^{-1}$ . Nawożenie fosforowo-potasowe miało miejsce przed wysiewem nasion. Nawożenie azotowe, w postaci saletry amonowej, aplikowano w dwóch jednokowych dawkach – pierwszą po wschodach, drugą w końcu czerwca.

Również kukurydza była uprawiana według obowiązującej technologii – 90 000 nasion na hektarze, wysiewanych w 70 cm rozstawie rzędów. W przypadku tego gatunku czynnikiem doświadczalnym było tylko nawożenie – dwie dawki w takiej samej wielkości i terminach aplikacji jak w przypadku sorga.

Nasiona sorga i kukurydzy wysiewano w ostatniej dekadzie kwietnia. Do siewu wykorzystano 4-rzędowy siewnik Monosem, jednak przy wysiewie sorga konieczne było zamontowanie innych tarcz, stosowanych przy siewie buraków cukrowych z otworami o średnicy 2–3 mm. Dodać należy, że nie odnotowano żadnych problemów z kiełkowaniem nasion i wschodami roślin. W uprawie tych gatunków zastosowano oprysk herbicydowy preparatem Primextra Gold 720 SC w dawce 3,0 l ha<sup>-1</sup> wg zaleceń firmy Syngenta.

Wzrost i rozwój roślin następował w warunkach pogody nietypowej dla wymagań sorga cukrowego. Średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji, czyli od maja do września w roku 2003 wynosiła 18,1 °C, w następnym roku badań była niższa o 2,6 °C, a w przypadku 2005 roku również niższa o 1,9 °C. Ilość opadów w okresie wegetacji w roku 2003 wynosiła 192,0 mm, dla drugiego roku badań była większa o 154,3 mm w porównaniu do średniej dla wielolecia, a w roku trzecim o 45,5 mm. Dodać należy, że wartość opadu, charakterystyczna dla wielolecia dla tego regionu Wielkopolski wynosi 217,3 mm. Zbioru roślin (w ciągu jednego dnia) dokonywano w pierwszym roku badań 28.09.2003 r., w drugim roku – 30.09.2004 r., a w roku trzecim – 28.09.2005 r. W tym okresie wegetacji ziarniaki sorga cukrowego osiągały stadium dojrzałości mlecznej, a ziarna kukurydzy fazę dojrzałości woskowej.

Za sprawą norm wysiewu i nawożenia w uprawie sorga powstały 4 kombinacje doświadczalne, a w uprawie kukurydzy – dwie. W każdej kombinacji wydzielono dwa bloki o powierzchni 224 m<sup>2</sup> każdy. W każdym bloku wyznaczono wzdłuż rzędów w jednakowych regularnych odstępach, po pięć poletek o wymiarach 2,5 x 2 m, które traktowano jako powtórzenia. Materiał analityczny pobierano z każdego poletka. Stanowiły go pędy roślin ścinane na wysokości 10 cm nad powierzchnią gruntu.

Z każdego poletka wybierano losowo po 15 pędów, które rozdzielano na blaszki i pochwy liściowe, łodygi i kwiatostany, a u kukurydzy wyodrębniano także kolby. Każdy organ pędów rozdrabniano, suszono, a następnie mielono dla oznaczania w nim zawartości składników pokarmowych. Pozostałe pędy z poletka ścinano, a następnie rozdrabniano z przeznaczeniem do badań analitycznych i do zakiszania. Proces zakiszania był poddany szczegółowym badaniom, a ich wyniki zamieszczono w odrębnej pracy (KOZŁOWSKI i wsp., 2009).

Kryteriami oceny sorga cukrowego w stworzonych kombinacjach były wybrane składniki chemiczne – organiczne i mineralne ważne z żywieniowego punktu widzenia. W ocenie składu chemicznego wykorzystano powszechnie stosowane metody analityczne, a mianowicie: białko ogólne, którego zawartość określano za pomocą metody Kjeldahla, cukry rozpuszczalne metodą DUBOISA i wsp. (1956), celulozę i ligniny według van SOESTA i WINEA (1968), hemicelulozy – HAYLANDA (1959). Karoten oznaczono metodą chromatograficzną BERGERA (1953), a azot azotanowy metodą JOHNSONA i ULRICHA (1963). Spośród składników mineralnych określano także zawartość fosforu i magnezu (metodą kolorymetryczną), wapnia (metodą miareczkowo-strącaniową), sodu

i potasu (metodą spektrofotometrii płomieniowej typu Flapho) oraz krzemu (metodą wagową). Stężenie glukozydów cyjanogennych określano wg metodyki podanej w pracy KOZŁOWSKIEGO i KUKUŁKI (1994). Wykorzystana metoda umożliwia określenie zawartości HCN w trzech grupach: wysoka zawartość, niska zawartość oraz brak tego składnika w roślinach. Wykorzystuje się tą metodę w wielu pracach o charakterze analitycznym.

Oznaczano także stężenie chlorofilu ( $a+b$ ) w blaszkach liściowych podflagowego piętra pędu i w środkowej ich części. Blaszkli liściowe pochodziły z pędów przeznaczonych do określania zawartości składników organicznych i mineralnych w ich organach. Do analiz wykorzystano metodę, którą opracowali SMITH i BENITEZ (1955).

### 3. Wyniki i dyskusja

Wyniki badań analitycznych całych nadziemnych części pędów *Sorghum saccharatum*, jak i *Zea mays* (tab. 1), wskazują na obecność niewielkich zmian w składzie chemicznym roślin wywołanych obniżeniem nawożenia. Tylko w przypadku niektórych składników różnice są statystycznie istotne. W świetle uzyskanych danych można jedynie dostrzegać pewną tendencję zmierzającą do obniżenia wartości pokarmowej masy roślinnej pozyskiwanej z upraw o ograniczonym nawożeniu mineralnym.

Z uzyskanych wyników badań własnych łatwo też wyprowadzić stwierdzenie, że z upraw sorga oraz z upraw kukurydzy, bez względu na stosowaną dawkę nawozów, to znaczy podstawową, zgodną z zaleceniami (N – 160 kg, P – 80 kg, K – 170 kg ha<sup>-1</sup>) i ograniczoną (N – 120 kg, P – 60 kg, K – 150 kg ha<sup>-1</sup>) można uzyskać dobrą, w sensie pokarmowym, zielonkę a tym samym cenny surowiec do zakiszania. Uzyskane wartości składników chemicznych organicznych i mineralnych są zgodne z paszową oceną tych traw wystawioną przez takich autorów jak: MICHALSKI (2000), MICHALSKI i KOWALIK (2007), PODKÓWKA (2005).

Analizując uzyskane wyniki, należy również mieć świadomość, że dotyczą one rozdrobnionych pędów, które charakteryzują się zróżnicowaną strukturą morfologiczną. Zapewne ta właściwość zaznacza też swoją obecność i wpływa na różnice gatunkowe. Stwierdzona wyższa zawartość cukrów w *Zea mays* i mniejsza białka w przeciwieństwie do *Sorghum saccharatum*, jest zapewne efektem obecności w masie rozdrobnionych pędów kukurydzy wypełnionych ziarnem kolb. Bardziej uzasadnione staje się więc porównywanie składu chemicznego konkretnego organu pędu. Takie badania przeprowadzono na blaszkach liściowych, głównym organie asymilacyjnym rośliny i najwartościwszym w sensie pokarmowym oraz na łodygach – organie decydującym o masie pędu sorga. Wyniki badań analitycznych z tego zakresu zamieszczono w tabelach 2–5. Obraz jaki uzyskano jest nieco bardziej wyraźny niż w przypadku całych pędów. Różnice w zawartości poszczególnych składników wywołane obniżeniem nawożenia w tym przypadku są niewielkie i tylko przy nielicznych składnikach udało się je udowodnić.

W świetle analiz blaszek liściowych (tab. 2), na obniżenie poziomu nawożenia sorgo reaguje zmniejszeniem zawartości białka i cukrów, a zwiększeniem koncentracji lignin. Zwraca też uwagę nieco uboższy skład mineralny. Różnice statystycznie istotne widoczne są

tylko w niektórych składnikach – cukrach, NDF i barwnikach. Należy też zauważyć wysoką zawartość glukozydów cyjanogennych w blaszkach liściowych sorga. W przypadku blaszek liściowych kukurydzy (tab. 3.) reakcja jest podobna, lecz mniej wyraźna niż u sorga.

Tabela 1. Zmiany w składzie chemicznym całych roślin pod wpływem zróżnicowanego nawożenia (g kg<sup>-1</sup> s.m.)

Table 1. Changes in the chemical composition of plants as affected by differences in fertilisation (g kg<sup>-1</sup> DM)

Składnik – Component	<i>Sorghum saccharatum</i>		NIR – LSD <sub>0,05</sub>	<i>Zea mays</i>		NIR – LSD <sub>0,05</sub>
	Dawka podstawowa Basic dose	Dawka obniżona Reduced dose		Dawka podstawowa Basic dose	Dawka obniżona Reduced dose	
Białko ogólne – Crude protein	107,91	102,56	n.s.	91,58	81,82	n.s.
Cukry – Sugars	72,27	85,25	n.s.	121,35	126,42	n.s.
Celuloza – Cellulose	279,31	287,06	n.s.	218,20	218,24	n.s.
Hemicelulozy – Hemicelluloses	265,54	275,26	n.s.	255,73	301,92	38,124
Ligniny – Lignins	33,63	41,22	0,556	19,82	22,04	n.s.
ADF	312,94	328,28	21,641	238,02	240,28	n.s.
NDF	578,48	603,54	n.s.	493,75	542,20	27,636
Popiół surowy – Crude ash	48,82	45,35	n.s.	44,34	36,75	n.s.
Potas – Potassium	15,37	14,72	n.s.	18,33	18,32	n.s.
Wapń – Calcium	5,16	5,14	n.s.	8,68	8,61	n.s.
Magnez – Magnesium	2,69	2,42	n.s.	2,39	1,95	n.s.
Fosfor – Phosphorus	2,08	1,95	n.s.	2,17	1,66	n.s.
Sód – Sodium	1,22	1,42	n.s.	0,55	0,58	n.s.
Krzem – Silicon	1,68	2,23	0,433	1,10	1,41	n.s.
N – NO <sub>3</sub>	0,91	0,57	0,079	0,22	0,18	n.s.
HCN	+	+		–	–	

++ wysoka zawartość – high contents

+ niska zawartość – low contents

– brak – absent

Godne podkreślenia są wyniki badań nad barwnikami roślinnymi (tab. 2 i 3). W świetle wszystkich naszych badań z tego zakresu można uznać, że sorgo zawiera niezbyt duże ilości barwników chlorofilowych – przeciętnie 7,27 mg g<sup>-1</sup> s.m. Wartość tą można uznać jako cechę charakterystyczną tego gatunku. Blaszkli liściowe kukurydzy charakteryzowały się o 12% wyższą zawartością barwników chlorofilowych, to znaczy 8,18 mg g<sup>-1</sup> s.m. Wykryte w tych gatunkach ilości chlorofilu nie są zbyt wysokie zwłaszcza jeżeli odnieść je do wykazywanych przez trawy pastewne (KOZŁOWSKI i wsp., 2001). Należy jednak zaznaczyć, że w przypadku sorgo i kukurydzy od aplikacji składników pokarmowych w

nawozach mineralnych do momentu zbioru roślin, czyli osiągnięcia przez nie optymalnej przydatności technologicznej upłynęło wówczas ponad 90 dni. Na obniżenie nawożenia rośliny sorga reagowały zmniejszoną ilością barwników karotenowych i chlorofilowych. Poziom chlorofilu ( $a+b$ ) obniżył się przeciętnie o około 13%, a karotenu o 23%. Kukurydza reagowała 14-procentowym obniżeniem stężenia barwników chlorofilowych i 16-procentowym karotenowych. Uzyskane wyniki wydają się być w pewnym stopniu niepokojące, gdyż wskazują na zmniejszenie się żywotności roślin. Obawy te znajdują potwierdzenie w wynikach pracy FALKOWSKIEGO i wsp. (2000) oraz KOZŁOWSKIEGO i wsp. (2001). Niewykluczone, że na takie ukształtowanie się wyników w sferze barwników chlorofilowych i karotenowych miały wpływ warunki świetlne panujące w łanie. Na taką zależność u traw pastewnych wskazują FALKOWSKI i wsp. (2000). Dodać też należy, że zawartość chlorofilu była także oznaczana w kilku terminach, w różnych fazach wzrostu i rozwoju sorga, co było przedmiotem odrębnych badań (KOZŁOWSKI i wsp., 2006).

Tabela 2. Zmiany w składzie chemicznym blaszek liściowych sorga cukrowego pod wpływem zróżnicowanego nawożenia ( $\text{g kg}^{-1}$  s.m.)

Table 2. Changes in the chemical composition of leaf blades of sweet sorghum as affected by different fertilisation ( $\text{g kg}^{-1}$  DM)

Składnik – Component	Dawka podstawowa Basic dose	Dawka obniżona Reduced dose	NIR – $\text{LSD}_{0,05}$
Białko ogólne – Crude protein	179,32	156,20	3,712
Cukry – Sugars	47,24	36,10	0,913
Celuloza – Cellulose	234,36	239,62	n.s.
Hemicelulozy – Hemicelluloses	199,34	215,62	n.s.
Ligniny – Lignins	24,82	35,27	1,681
ADF	259,18	274,89	n.s.
NDF	458,47	490,51	35,638
Popiół surowy – Crude ash	71,06	70,34	n.s.
Potas – Potassium	18,53	16,96	n.s.
Wapń – Calcium	12,05	11,62	n.s.
Magnez – Magnesium	4,72	3,16	0,242
Fosfor – Phosphorus	2,45	2,52	n.s.
Sód – Sodium	0,70	0,69	n.s.
Krzem – Silicon	3,29	3,01	0,756
$\beta$ – karoten – $\beta$ carotene*	0,53	0,41	0,089
Chlorofil – chlorophyll ( $a+b$ )*	7,76	6,78	0,343
N – $\text{NO}_3$	1,14	0,80	0,215
HCN	++	++	–

\* – ( $\text{mg g}^{-1}$  s.m. – DM)

++ wysoka zawartość – high contents

+ niska zawartość – low contents

– brak – absent

Tabela 3. Zmiany w składzie chemicznym blaszek liściowych kukurydzy pod wpływem zróżnicowanego nawożenia (g kg<sup>-1</sup> s.m.)Table 3. Changes in the chemical composition of leaf blades of maize as affected by differences in fertilisation (g kg<sup>-1</sup> DM)

Składnik – Component	Dawka podstawowa Basic dose	Dawka obniżona Reduced dose	NIR – LSD <sub>0,05</sub>
Białko ogólne – Crude protein	133,12	117,51	n.s.
Cukry – Sugars	56,56	40,06	5,813
Celuloza – Cellulose	242,56	252,47	n.s.
Hemicelulozy – Hemicelluloses	208,62	227,39	n.s.
Ligniny – Lignins	19,52	23,17	n.s.
ADF	262,08	275,53	n.s.
NDF	470,70	502,84	10,736
Popiół surowy – Crude ash	84,71	81,06	n.s.
Potas – Potassium	19,23	16,72	0,712
Wapń – Calcium	10,64	11,35	n.s.
Magnez – Magnesium	3,16	2,35	n.s.
Fosfor – Phosphorus	1,21	1,32	n.s.
Sód – Sodium	0,99	1,12	n.s.
Krzem – Silicon	3,50	4,06	n.s.
β – karoten – β carotene*	0,44	0,37	0,074
Chlorofil – chlorophyll (a+b)*	8,79	7,57	0,297
N – NO <sub>3</sub>	0,30	0,28	n.s.
HCN	brak – absent	brak – absent	–

\* – (mg g<sup>-1</sup> s.m – DM)

Analizując zmiany składu chemicznego blaszek liściowych wywołanych zmniejszonym nawożeniem należy też dostrzec spowolnienie procesu kumulacji azotu azotanowego, zwłaszcza u sorga. Jednakże gatunek ten wykazywał wysoką koncentrację glukozydów cyjanogennych.

Odnosząc reakcję roślin na nawożenie do składu chemicznego łądyg sorga (tab. 4.) daje się dostrzec różnice w zawartości kompleksu węglowodanowo-ligninowego. Nie są one wysokie, lecz istotne dla wartości pokarmowej. Podobny rozkład wyników dostrzeżono w przypadku łądyg kukurydzy. W świetle uzyskanych danych analitycznych obydwu gatunków traw można stwierdzić, że ograniczając, nawet w tak niewielkim zakresie nawożenie upraw, należy się liczyć z obniżeniem strawności paszy. Godny podkreślenia jest także fakt nieobecności glukozydów cyjanogennych w łądygach sorga i zmniejszonej kumulacji azotu azotanowego przy niższej dawce nawożenia.

Tabela 4. Zmiany w składzie chemicznym łodyg sorga cukrowego pod wpływem zróżnicowanego nawożenia (g kg<sup>-1</sup> s.m.)Table 4. Changes of the chemical composition of sweet sorghum stems as affected by different fertilisation (g kg<sup>-1</sup> DM)

Składnik – Component	Dawka podstawowa Basic dose	Dawka obniżona Reduced dose	NIR – LSD <sub>0,05</sub>
Białko ogólne – Crude protein	86,25	79,32	n.s.
Cukry – Sugars	142,61	128,06	4,638
Celuloza – Cellulose	276,23	298,94	15,182
Hemicelulozy – Hemicelluloses	218,05	246,11	2,155
Ligniny – Lignins	25,91	34,05	1,668
ADF	302,15	332,99	18,184
NDF	520,13	579,10	29,176
Popiół surowy – Crude ash	36,01	37,72	n.s.
Potas – Potassium	16,42	16,38	n.s.
Wapń – Calcium	3,07	2,93	n.s.
Magnez – Magnesium	1,90	2,17	n.s.
Fosfor – Phosphorus	1,16	1,05	n.s.
Sód – Sodium	2,17	2,13	n.s.
Krzem – Silicon	1,25	1,09	n.s.
N – NO <sub>3</sub>	3,92	1,81	0,804
HCN	brak – absent	brak – absent	–

Przy poznawaniu wpływu nawożenia na skład chemiczny sorga zwrócono także uwagę na rolę obsady roślin w kształtowaniu się zawartości badanych składników organicznych i mineralnych. Kwestię tą rozpatrywano w oparciu o badania analityczne organów rośliny, a więc blaszek liściowych i łodyg. W tabeli 5 przedstawiono rezultaty badań analitycznych łodyg uznając je za bardziej charakterystyczne z uwagi na udział tego organu w strukturze masy pędu. Naszym zdaniem obsada roślin nie ma istotnego wpływu na ich skład chemiczny, tak przy podstawowym jak i obniżonym poziomie nawożenia. Toteż w tabeli nie podano wartości NIR, gdyż nie udało się ich obliczyć. Zarysowuje się jednak pewna tendencja na korzyść wyższej obsady. Zależność taką można dostrzec przy obydwu poziomach nawożenia. Zarysowująca się tendencja korzystnego wpływu wyższej obsady roślin na ich skład chemiczny sprawiła też, że w tabelach 1–4 zamieszczone zostały wyniki analiz roślin, które wzrastały w takiej kombinacji uprawowej.

Reasumując wyniki naszych badań, zasadne jest przypomnienie naszego stwierdzenia, że nawożenie modyfikuje skład chemiczny rośliny. Należy zauważyć, że w badaniach własnych dawka podstawowa nawozów była wysoka a różnica pomiędzy poziomami nawożenia niewielka – 40 kg N, 20 kg P i 20 kg K w przeliczeniu na hektar. Z tego powodu wartość pokarmowa pozyskiwanej zielonki z obu kombinacji uznać należy jako bardzo korzystną. Wydaje się, że w obu kombinacjach pokryte było w pełni zapotrzebo-



Tabela 5. Zmiany w składzie chemicznym łodyg sorga cukrowego z upraw o zróżnicowanej obsadzie roślin (g kg<sup>-1</sup> s.m.)Table 5. Changes in the chemical composition of sweet sorghum stems from the cultivations differing with regard to the plant density (g kg<sup>-1</sup> DM)

Składnik – Component	Dawka podstawowa Basic dose		Dawka obniżona Reduced dose	
	Obsada – Plant density 180 000 roślin – plants ha <sup>-1</sup>	Obsada – Plant density 260 000 roślin – plants ha <sup>-1</sup>	Obsada – Plant density 180 000 roślin – plants ha <sup>-1</sup>	Obsada – Plant density 260 000 roślin – plants ha <sup>-1</sup>
Białko ogólne – Crude protein	71,26	86,25	70,16	79,32
Cukry – Sugars	115,56	142,61	141,16	128,06
Celuloza – Cellulose	303,64	276,23	310,42	298,94
Hemicelulozy – Hemicelluloses	232,08	218,05	238,67	246,11
Ligniny – Lignins	37,81	25,91	36,43	34,05
ADF	341,45	302,15	346,85	332,99
NDF	573,53	520,13	585,52	579,10
Popiół surowy – Crude ash	35,04	36,01	34,18	37,72
Potas – Potassium	12,29	16,42	12,06	16,38
Wapń – Calcium	2,98	3,07	2,46	2,93
Magnez – Magnesium	1,74	1,90	1,87	2,17
Fosfor – Phosphorus	1,23	1,16	1,09	1,05
Sód – Sodium	2,10	2,17	2,14	2,13
Krzem – Silicon	0,94	1,25	1,07	1,09
N – NO <sub>3</sub>	1,80	3,92	1,21	1,80
HCN	brak – absent	brak – absent	brak – absent	brak – absent

wanie roślin na składniki pokarmowe. Dalsze obniżanie dawek nawozowych byłoby niezgodne z zaleceniami nawozowymi upraw sorga podawanymi między innymi przez firmę Syngenta. Uzyskane w naszych badaniach analitycznych wartości poszczególnych składników fitochemicznych są zgodne z rezultatami prac innych autorów (LONC i wsp., 1967; QUINBY i wsp., 1962; ŚLIWIŃSKI i wsp., 2006) oraz naszymi wcześniejszymi pracami (KOZŁOWSKI i wsp., 2006; KOZŁOWSKI i wsp., 2007). Nie istnieje żadne zagrożenie dla zdrowia zwierząt wywołane nadmierną obecnością jakiegokolwiek składnika organicznego czy mineralnego. Glukozydy cyjanogenne występują tylko w blaszkach liściowych, które posiadają 17% udział w globalnej masie pędów, co wynika z naszych dodatkowych badań morfologicznych. Sorgo zasługuje więc na pozytywną ocenę jako roślina pastewna, zwłaszcza w warunkach obniżonego poziomu nawożenia. Rośliny tej nie należy też traktować jako konkurencyjnej wobec kukurydzy, ale jako komplementarnej, która będzie dostarczać wartościowej paszy w przypadku wystąpienia dłużej trwających okresów suszy latem.

Tabela 6. Plon masy nadziemnej pędów sorga cukrowego i kukurydzy ( $t\ ha^{-1}$  s.m.)  
 Table 6. Yield of the over ground shoots of sweet sorghum and maize ( $t\ ha^{-1}$  DM)

Kombinacja uprawy Treatments of cultivation	Dawka podstawowa Basic dose	Dawka obniżona Reduced dose	NIR – $LSD_{0,05}$
<i>Sorghum saccharatum</i> (180 000 nasion – seeds $ha^{-1}$ )	15,21	14,79	n.s.
<i>Sorghum saccharatum</i> (260 000 nasion – seeds $ha^{-1}$ )	17,39	16,98	n.s.
<i>Zea mays</i> (90 000 nasion – seeds $ha^{-1}$ )	20,31	18,85	0,521

Jak już wspomniano, w części metodycznej pracy badaniom składu chemicznego roślin towarzyszyła kontrola ich plonowania. Syntetyczną reasumpcję badań z tego zakresu podano w tabeli 6. Okazuje się, że bez względu na obsadę rośliny sorga nawożonego niższą dawką NPK wytworzyły tylko minimalnie niższy plon pędów o niepełna 3%. Natomiast kukurydza na takie uwarunkowania nawozowe reagowała 8% spadkiem plonu. Ograniczając nawożenie upraw sorga nie należy się więc obawiać istotnie niższego plonu. Natomiast analizując wyniki badań nad plonowaniem daje się zauważyć wyższe plonowanie upraw sorga o większej obsadzie roślin oraz 25% przewagę plonu upraw kukurydzy nad sorgiem. Stanowi to rezultat przebiegu pogody. Wzrost i rozwój roślin sorga jest bardzo mocno od niej uzależniony. Przymrozki w okresie wschodów zahamowały wzrost i rozwój młodych siewek sorga. Drugim okresem, który wpłynął na wielkości plonu był okres letni, który pod względem temperatur oraz rozkładu opadów był bardziej sprzyjający dla rozwoju kukurydzy. Sorgo, podobnie jak kukurydza jest rośliną o typie fotosyntezy  $C_4$ . Jednakże w okresie lata jest znacznie mniej wrażliwe na okresowe niedobory wody oraz wysokie temperatury powietrza w porównaniu do kukurydzy. W takich warunkach sorgo cukrowe osiąga znacznie wyższe plony zielonej masy. W przypadku naszych badań w latach 2003–2005, nie zaistniały trudne warunki pogodowe, toteż nie ujawniła się przewaga sorga nad kukurydzą i jego wyższa zdolność plonotwórcza dostrzeżona w pracach niektórych autorów.

#### 4. Wnioski

- Zastosowanie w uprawie sorga dawki nawozów w ilości 160 kg N, 80 kg P i 170 kg K lub 120 kg N, 60 kg P i 150 kg K w przeliczeniu na hektar umożliwia uzyskanie pełnowartościowej paszy w odniesieniu do uwzględnionych w badaniach składników organicznych i mineralnych, to znaczy białka ogólnego, cukrów, celulozy, hemicelulozy, lignin, składników mineralnych – P, K, Ca, Mg, Na, azotu azotanowego oraz barwników.
- Wprowadzenie ograniczonego nawożenia upraw sorga o 40 kg N oraz 20 kg P i K w odniesieniu do 1 hektara wywołuje minimalne zmiany jakościowe, głównie w sferze odkładania w łądęgach celulozy, hemicelulozy i lignin, co może wpłynąć niekorzystnie na strawność uzyskanej zielonki.

- Masa roślinna pozyskiwana z upraw sorga o obsadzie 260000 roślin na powierzchni jednego hektara, tak w przypadku nawożenia podstawowego jak i ograniczonego odznaczała się bardziej korzystnym składem chemicznym (większa wydajność białka i cukrów, a mniejsza węglowodanów strukturalnych), w porównaniu do uprawy o rzadszym wysiewie. Kwestia ta wymaga definitywnego rozstrzygnięcia w dalszych badaniach prowadzonych w warunkach pogody optymalnej dla rozwoju roślin o fotosyntezie C<sub>4</sub>.
- Obniżenie nawożenia upraw sorga w sferze azotu o 40 kg, fosforu i potasu o 20 kg, wobec dawki zalecanej nie powoduje istotnego zmniejszenia plonu masy pędów. Jednakże zmniejszenie zawartości chlorofilu w blaszkach liściowych wskazuje na proces obniżania się żywotności roślin sorga, który może uwydatnić się przy dalszym ograniczaniu nawożenia.
- Sorga nie można traktować jako rośliny konkurencyjnej wobec kukurydzy lecz komplementarnej. Pod względem zawartości składników organicznych i mineralnych trawy te nie różnią się istotnie wobec siebie, poza cukrami, azotanami i glikozydami cyjanogennymi. Natomiast ograniczając nawożenie upraw należy się liczyć ze spadkiem plonu bardziej w przypadku kukurydzy niż sorga.
- Wyniki naszych badań wskazują, że nic nie stoi na przeszkodzie, aby w uprawie sorga cukrowego stosować nawożenie 160 kg<sup>-1</sup> N, 80 kg<sup>-1</sup> P i 170 kg<sup>-1</sup> K. Czynnikiem rozstrzygającym o wyborze sposobu uprawy i poziomu nawożenia pozostaje niewątpliwie rachunek ekonomiczny.

### Literatura

- BERGER S., 1953. Metoda ilościowego oznaczania karotenu (prowitamina A) i sumy karotenów w niektórych produktach roślinnych. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny, 4, 473–479.
- DACZEWSKA M., OSTROWSKI R., 1986. Skład chemiczny i wartość pokarmowa kilku mieszańców międzygatunkowych trawy sudańskiej i sorga cukrowego. Biuletyn Oceny Odmian, 9, 1 (16), 151–160.
- DANIŁOWA C., 1963. Opredielenie nitratov v rastitelnom materiale. Fiziologia Rastieni, 4, 46–59.
- DUBOIS M., GILLES K.A., HAMILTON J.K., ROBERS P.A., SMITH F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytic Chemistry, 28 (3), 350–356.
- FALKOWSKI M., KUKUŁKA I., 1983. Mineralne żywienie roślin i nawożenie. W: Łąkarstwo i gospodarka łąkowa. M. Falkowski, red., PWRiL, Warszawa, 300–420.
- FALKOWSKI M., KUKUŁKA I., KOZŁOWSKI S., 2000. Właściwości chemiczne roślin łąkowych. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, 132 ss.
- FOTYMA M., FOTYMA E., 1998. Dobra praktyka w nawożeniu. Dobre praktyki rolnicze w produkcji rolniczej. Materiały konferencji naukowej, Puławy, 71–93.
- HEYLAND K.U., 1959. Der Verlauf der Einlagerung von Gerüstsubstanzen und andern Kohlenhydraten in den Spross von Weizen und Roggen zwischen Ährenschieben und Todreife. Zeitschrift für Äcker- und Pflanzenbau, 108, 4, 473–496.

- KOZŁOWSKI S., KUKUŁKA I., 1994. Występowanie glukozydów cyjanogennych w odmianach hodowlanych *Trifolium repens* L. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych, LXXVII, 49–54.
- KOZŁOWSKI S., GOLIŃSKI P., GOLIŃSKA B., 2001. Barwniki chlorofilowe jako wskaźniki wartości użytkowej gatunków i odmian traw. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 474, 215–223.
- KOZŁOWSKI S., ZIELEWICZ W., OLIWA R., JAKUBOWSKI M., 2006. Właściwości biologiczne i chemiczne *Sorghum saccharatum* (L.) Pers. w aspekcie możliwości jego uprawy w Polsce. Łąkarstwo w Polsce, 9, 101–112.
- KOZŁOWSKI S., ZIELEWICZ W., 2007. Żywotność *Sorghum saccharatum* (L.) Pers. w aspekcie możliwości jego uprawy w Polsce. Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica Suppl., 9, 173–181.
- KOZŁOWSKI S., ZIELEWICZ W., POTKAŃSKI A., CIEŚLAK A., SZUMACHER-STRABEL M., 2009. Plant chemical composition and different cultivation technologies of sugar sorghum from the point of view of its utilisation for silage production. Acta Agronomica Hungarica (in press).
- LONC W., REGIEROWA H., 1967. Wpływ terminów siewu i zbioru na plony zielonej masy sorga. Roczniki Nauk Rolniczych, 94, A, 1, 65–69.
- MADHAVAN M., SHANMUGASUNDARAM V.S., 1990 Effect of population on nutrient uptake of pigeonpea genotypes in sole and intercropped situation with sorghum CO 22. Acta Agronomica Hungarica, 39, (3–4), 389–392.
- MICHALSKI T., 2000. Kukurydza jako surowiec dla przemysłu. Kukurydza, 2, 16, 15–22.
- MICHALSKI T., KOWALIK I., 2007. Nawożenie startowe jako metoda poprawy efektywności nawożenia i obniżki kosztów produkcji kukurydzy. Inżynieria Rolnicza, 6 (94), 167–174.
- NOWIŃSKI M., 1970. Dzieje upraw i roślin uprawnych. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 387 ss.
- PODKÓWKA Z., 2005. Kukurydza w żywieniu zwierząt. Kukurydza rośliną przyszłości. Poradnik dla producentów, 67–70.
- QUINBY J.R., KAPER R.E., 1962. Sorghum for Forage – In: Forages (ed.) Hughes H. D. Ed. 2, Iowa State University Press, 346–356.
- SHEORAN R.S., RANA D.S., 2005. Relative efficacy of vermicompost and farmyard manure integrated with inorganic fertilizers for sustainable productivity of forage sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench). Acta Agronomica Hungarica, 53 (3), 303–308.
- SMITH J.H.C., BENITEZ A., 1955. Chlorophylls: analysis in plant materials. In: Peach K., Tracey M. V. (eds) Moderne Methoden der Pflanzenanalyse, Band 4, Verlag Springer, Berlin, 142–196.
- ŚLIWIŃSKI B.J., BRZÓSKA F., 2006. Historia uprawy sorgo i wartość pokarmowa tej rośliny w uprawie na kiszonkę. Postępy Nauk Rolniczych, 1, 25–37.
- VAN SOEST P.J., WINE R.H., 1968. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fibre with permanganate. Journal AOAC, 51, 4, 780–785.

## Reducing fertilisation and chemical composition of sweet sorghum

W. ZIELEWICZ, S. KOZŁOWSKI

*Department of Grassland Sciences, Poznań University of Life Sciences*

### Summary

The experiment comprised the following two experimental cultivation treatments of sweet sorghum: a/ sowing of 180 000 seeds per 1 hectare with row seed frequency of 7 cm and b/ sowing of 260 000 seeds per 1 hectare with row seed frequency of 6 cm. The spacing between rows was 70 cm in both treatments. The seeds were sown in the last decade of April using for this purpose a 4-row Monosem sowing machine equipped in sowing discs of 2–3 mm holes. The following two fertilisation combinations were applied with the above – mentioned cultivation treatments: a basic dose of: N – 160 kg, P – 80 kg and K – 170 kg/ha and a reduced dose of: N – 120 kg, P – 60 kg and K – 150 kg ha<sup>-1</sup>. The phosphorus – potassium fertilisers were applied before sowing. The experimental sorghum and maize cultivations were treated with a herbicide preparation Primextra Gold 720 SC at a dose of 3 l ha<sup>-1</sup> in accordance with the recommendations of the Syngenta Company. In the result of the applied sowing and fertilisation standards, the total number 6 experimental treatments amounted to 6. The control plant was maize, cv. Magister (FAO 270) which was sown at the same date and at the same row distances as the experimental sweet sorghum. Maize sown in pure stand required 90 000 seeds per hectare and the applied fertilisation was identical with that employed in the case of sorghum. The applied assessment criteria for the sweet sorghum in the employed experimental treatments comprised the following selected biological and chemical properties: plant vitality, the weight yield of the over ground shoots as well as organic and mineral components important from the nutritional point of view. Sweet sorghum responded with significant changes in the process of its growth and development to the reduced levels of fertilisation as evidenced by the observed decrease in the weight yield of the over ground shoots. On the other hand, changes in the plant chemical composition turned out to be negligible. Therefore, it cannot be said that changes in the fertilisation lead to distinctly worse fodder quality. From the point of view of phyto-chemistry, it is possible to apply in the cultivation of sweet sorghum the following doses of fertilisers: N – 120 kg, P – 60 kg and K – 150 kg ha<sup>-1</sup>. Economic calculation should play a decisive role in the selection of the method of cultivation and fertilisation.

Recenzent – Reviewer: *Tadeusz Michalski*

Adres do korespondencji – Address for correspondence:

Prof. dr hab. Stanisław Kozłowski

Katedra Łąkarstwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

ul. Wojska Polskiego 38/42, 60-627 Poznań

tel. 061 848 74 12, fax. 061 848 74 24

e-mail: sknardus@up.poznan.pl

