

REAKCJA BURAKA CUKROWEGO NA NAWOŻENIE MOLIBDENEM W ZALEŻNOŚCI OD FORMY CHEMICZNEJ STOSOWANYCH NAWOZÓW AZOTOWYCH*

STANISŁAW WRÓBEL¹, WŁADYSŁAW NOWAK²

¹*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu*

²*Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

s.wrobel@iung.wroclaw.pl

Synopsis. Plony korzeni buraka cukrowego, a zatem i plony cukru w Polsce wciąż zasadniczo odbiegają od osiąganych na zachodzie Europy. Niezależnie od warunków glebowo-klimatycznych Polski jednym z głównych powodów niskich plonów są nieprawidłowości agrotechniczne w uprawie buraka, w tym nawożenie. Relatywnie wysoki poziom nawożenia azotem w uprawach bezobornikowych buraka nie jest odpowiednio wykorzystany. Przyczyną tego, są między innymi ograniczenia procesu redukcji azotanów w roślinach. Proces ten jest katalizowany przez enzym reduktazę azotanową, do syntezy którego niezbędny jest molibden, mikroelement deficytowy w glebach Polski. Brak obornika, zakwaszenie gleb i okresowe susze pogłębiają niedobory tego składnika. W pracy przedstawiono wyniki badań nad wpływem aplikacji molibdenu na poprawę plonowania buraka cukrowego i cukru w warunkach uprawy bezobornikowej, w zależności od formy chemicznej azotu użytego do nawożenia.

Słowa kluczowe – *key words*: burak cukrowy – *sugar beet*, nawożenie molibdenem – *molybdenum fertilization*, formy azotu – *forms of nitrogen*, zawartość cukru – *sugar content*, plony – *yields*

WSTĘP

Jednym z trudniejszych zadań w nawożeniu buraka cukrowego jest zapewnienie ciągłości dynamiki pobierania azotu w fazie krytycznej wzrostu. Tradycyjny podział dawki azotu na przedsięwną i pogłówną nie rozwiązuje problemu z uwagi na susze wiosenne, hamujące rozkład i przemieszczanie się nawozu do warstw głębszych [Stępień 2009]. Jednym z najbardziej negatywnych zjawisk w tej sytuacji są zaburzenia w metabolicznym procesie redukcji azotanów w roślinach. Proces ten przebiega w cytoplazmie i jest katalizowany przez reduktazę azotanową – enzym adaptacyjny syntetyzowany w roślinie wyłącznie w obecności anionów NO_3^- . Do syntezy tego enzymu niezbędny jest molibden, który jest specyficznym komponentem grupy prostetycznej tego enzymu. Wzrost temperatury nasila proces nityfikacji w glebie (dodatkowe źródło azotanów). Znaczne ilości azotanów pobierane wtedy przez rośliny, wymagają coraz większych ilości reduktazy azotanowej, co z kolei nasila potrzeby roślin buraka wobec molibdenu [Niewczas i in. 2006, Szura i in. 2009]. Około 60% gruntów ornych Polski stanowią gleby kwaśne o ograniczonej dostępności molibdenu [Czuba 2000, Kucharzewski i Dębowski 2000]. Podobnie jak w innych krajach, gdzie dominują gleby piaszczyste i kwaśne, np. w południowo-wschodniej Australii, rośliny uprawne wymagają nawożenia molibdenem [Brennan 2006, Brennan i Bolland 2007]. Mikroelement ten podlega licznym antagonizmom, a jego dostępność

* Badania wykonano w ramach realizacji projektu badawczego 2 P06R 004 29

zmniejsza się wraz ze spadkiem wartości pH, toteż w opisanych wyżej warunkach glebowych jego dostępność ulega dużym ograniczeniom [Kabata-Pendias 2001]. Kolejną przyczyną jest brak obornika wnoszącego istotne ilości Mo. Niedobór molibdenu niezbędnego w syntezie reduktazy azotanowej prowadzi do zahamowania redukcji azotanów w roślinach buraka, skutkiem czego jest ograniczenie syntezy cukru i nadmierne gromadzenie się w roślinach związków azotu w tym N- α -aminowego [Bravo 1992, Bzowska-Bakalarz i Banach 2009, Draycott 1996]. Nawozy azotowe w zależności od formy chemicznej różnią się szybkością działania oraz różnym wpływem na właściwości środowiska glebowego (działanie zakwaszające, indeks solny itp.). Mogą więc wykazywać zróżnicowaną efektywność w warunkach niedoboru molibdenu oraz w różny sposób oddziaływać na fitodostępność tego mikrośladnika [Szymczak-Nowak i Tyburski 2005, Tyksiński i in. 2005].

W badaniach określano wpływ nawożenia molibdenem upraw buraka cukrowego nawożonego wyłącznie nawozami mineralnymi na plony korzeni i cukru z ha, w zależności od sposobu aplikacji molibdenianu amonowego (doglebowo lub dolistnie) oraz formy chemicznej nawozów azotowych.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2006–2008 przeprowadzono trzy jednoroczne doświadczenia dwuczynnikowe w czterech powtórzeniach na glebie średniej o niskiej zawartości przyswajalnych form molibdenu. Badano współdziałanie nawożenia azotem, stosowanego w różnych formach chemicznych i metod aplikacji molibdenu (doglebowo i dolistnie) na plonowanie i zawartość cukru w korzeniach buraka i oraz plony cukru.

Czynnik I rzędu – nawożenie molibdenem (A): A₁ – bez molibdenu, A₂ – molibden zastosowany doglebowo przedsięwzię (1,0 kg Mo·ha⁻¹), A₃ – molibden zastosowany dolistnie (oprysk roztworem molibdenianu amonu = 0,15 kg Mo·ha⁻¹ w okresie 25.05 – 5.06).

Czynnik II rzędu – forma chemiczna nawozu azotowego (B): B₁ – siarczan amonu, B₂ – mocznik, B₃ – saletra amonowa, B₄ – saletra wapniowa.

Nawożenie azotem stosowano w dawce 180 kg N·ha⁻¹ podzielonej w stosunku 3:2 (przedsięwzię/pogłównie). Formy nawozów azotowych wybranych do badań, cechowały się zróżnicowaną szybkością działania oraz różnym wpływem na właściwości środowiska glebowego (działanie zakwaszające, indeks solny itp.). Doświadczenia przeprowadzono na glebie brunatnej właściwej o dobrej strukturze, odpowiednio zasobnej w składniki pokarmowe (wysoka zawartość P i Zn, niska Mo i średnia pozostałych składników) (tab. 1). Gleba ta zaliczana jest do

Tabela 1. Agrochemiczna charakterystyka gleb z doświadczeń
Table 1. Agrochemical characteristics of soils in experiments

Rok Year	pH _{KCl}	F _s	C _{org}	P	K	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
		%										
2006	5,1	22	1,94	70,4	131,0	58,0	1,90	7,90	887	40,8	0,018	21,4
2007	5,3	23	1,87	77,5	105,2	59,0	1,53	2,16	855	42,0	0,021	24,1
2008	5,3	25	1,72	81,0	110,0	65,0	2,10	2,95	778	48,5	0,026	22,8

F_s – udział frakcji < 0,02 mm – share of fraction < 0.02 mm

C_{org} – zawartość węgla organicznego – content of organic carbon

klasy bonitacyjnej IIIb i kompleksu przydatności rolniczej pszennego wadliwego. Z punktu widzenia składu granulometrycznego glebę doświadczalną należy zaliczyć do gleb średnich (głina piaszczysta pylasta) [Systematyka gleb Polski 1989, Zalecenia Nawozowe 1990]. Nie stosowano nawożenia organicznego oraz mikroelementów (prócz Mo), a także wapnowania. Corocznie uprawiano tę samą odmianę buraka cukrowego Picasso M (pochodzenie Szwecja, zdolność kiełkowania nasion 95%). Uprawę prowadzono zgodnie z zasadami poprawnej agrotechniki buraka cukrowego. Przedplonem była pszenica ozima, po której uprawiano gorczycę białą jako poplon ścierniskowy. Zbiór buraków w doświadczeniu wykonywano w drugiej dekadzie października. Określono plony korzeni i liści buraka z każdego poletka.

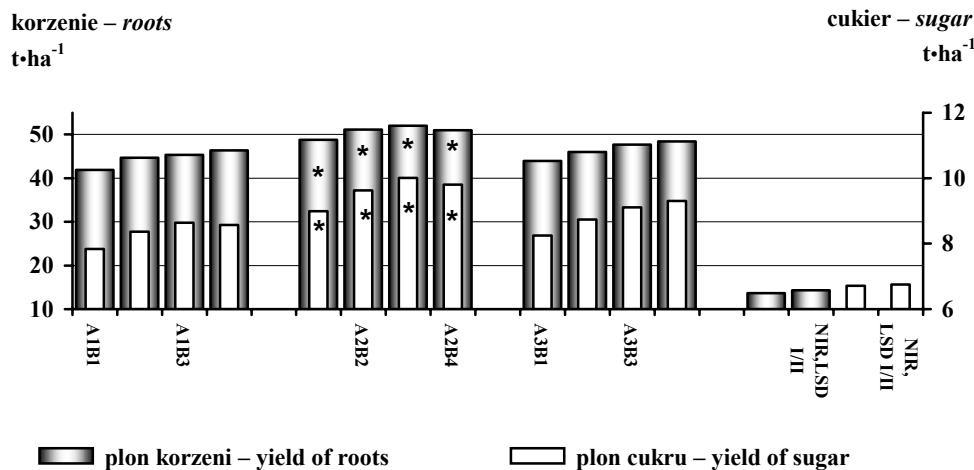
Corocznie do analiz chemicznych pobierano próbki części wskaźnikowych buraka wg Bergmanna 1986 (blaszki liści ze środkowych rozet w 80 dni po wschodach) oraz korzeni i liści przy zbiorze. W próbkach oznaczono zawartości azotu i molibdenu ogólnego. W korzeniach buraka po zbiorze oznaczono: N ogólny, P, Mo, B, N- α -aminowego, Na i K oraz zawartość cukru. Analizy chemiczne wykonano metodami stosowanymi w stacjach chemiczno-rolniczych [Metody badań 1980, Metody oznaczania 1986], zawartość cukru – polarymetrycznie. Ocenę jakości przetwórczej korzeni wykonano według standardowej metodyki dla oznaczeń jakościowych na automatycznej linii Venema. Określono zawartość cukru, N- α -NH₂, jonów K i Na. Wyniki badań opracowano statystycznie metodą analizy wariancji i korelacji, posługując się programem Statgraphics Centurion XV.II. Do oceny istotności różnic stosowano test Tukeya przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Układ warunków pogodowych w latach prowadzenia badań umożliwił wyliczenie syntezy wyników plonowania buraka cukrowego z trzech lat badań (rys. 1). Okresowe niedobory wody (w lipcu 2006 i w kwietniu 2007) mieściły się w granicach tolerancji roślin. Statystycznie istotne przyrosty plonów korzeni buraka cukrowego oraz cukru biologicznego w stosunku do podbloku A1 (bez nawożenia molibdenem) wykazano tylko w podbloku z nawożeniem doglebowym molibdenem, niezależnie od formy zastosowanego azotu. Najwyższy średni plon korzeni buraka w doświadczeniu (52,0 tony z ha – przyrost o 14,7% w stosunku do obiektu kontrolnego) oraz cukru biologicznego (10,01 tony z ha – przyrost o 15,9% w stosunku do obiektu kontrolnego) uzyskano pod wpływem saletry amonowej stosowanej na tle nawożenia doglebowego molibdenem (wariant A2B3). Tendencje wzrostowe plonów cukru biologicznego pod wpływem nawożenia dolistnego molibdenem, w wariantach z saletrą amonową (A3B3) oraz wapniową (A3B4), 5,5 i 8,5% w stosunku do odpowiednich obiektów kontrolnych, nie znalazły potwierdzenia statystycznego.

Wyniki badań z lat wcześniejszych, korespondują z uzyskanymi w niniejszej pracy. Burkin [1972] stosując 150 g Mo·ha⁻¹, uzyskał przyrosty plonów korzeni w zakresie 15,5–17,7%. Krauze i in. [1983] wykazali następcze działanie molibdenu zastosowanego pod bobik w dawkach 0,5 i 1,0 kg Mo·ha⁻¹, uzyskując wzrost plonu korzeni buraka w zakresie od 5,1 do 10,1%. Podobne rezultaty działania następczego nawożenia molibdenem w dawce 0,5 kg Mo·ha⁻¹, uzyskał Faber [1992] w trzecim roku po zastosowaniu.

We wcześniejszych badaniach własnych [Wróbel 2002], nawożenie doglebowe molibdenem amonowym w dawce 0,4 kg Mo·ha⁻¹, powodowało istotne przyrosty plonów cukru biologicznego (0,65 t·ha⁻¹, gdy stosowano obornik i 0,88 t·ha⁻¹ w uprawie bezobornikowej), przy zwiększeniu się zawartości cukru w korzeniach o 0,6%, niezależnie od nawożenia obornikiem (średnie z 12 doświadczeń ścisłych). Natomiast Henkens [1972] pod wpływem nawożenia mo-



* – różnice istotne statystycznie w stosunku do podbloku kontrolnego A (bez Mo) – statistically significant differences relative to control subblock A1 (without Mo)

Oznaczenie obiektów według schematu doświadczenia – For treatment key refer to the experiment design

Rys. 1. Plony cukru biologicznego na tle plonów korzeni buraka cukrowego z obiektów doświadczenia (synteza z 3 lat)

Fig. 1. Yields of biological sugar against sugar beet root yields in experiment (three-year synthesis)

libdenianem sodu gleb o pH_{KCl} 5,0–5,8 w doświadczeniach wazonowych odnotował przyrost plonu biomasy buraka w 6 tygodni po wschodach w zakresie od 43 do 370%, zależnie od zawartości w glebach związków żelaza.

Rozbieżność reakcji plonów i zawartości cukru w korzeniach buraka w porównywanych badaniach, wiąże się ze zróżnicowaniem warunków ich prowadzenia oraz różnorodnością cech odmianowych.

Nie udało się udowodnić statystycznie zmian plonowania liści buraka w doświadczeniu, aczkolwiek dają się zauważyć tendencje współdziałania nawożenia molibdenem z formami saletrzanymi azotu (tab. 2). Bardziej zdecydowany wzrost plonowania korzeni w podbloku A2, znalazł natomiast odzwierciedlenie w statystycznie istotnych spadkach współczynnika ulistnienia pod wpływem nawożenia molibdenem. Biomasa liści buraka podlega w okresie wegetacji znacznie większym wahaniom niż plony korzeni, powodowanym zarówno przez czynniki genetyczne jak i pogodowe oraz agrotechniczne [Kalinowska-Zdun 1999, Wiśniewski 1994].

Średni z trzech lat badań poziom zawartości cukru w korzeniach buraka z doświadczeń zamykał się w przedziale 18,35 – 19,90%. Najwyższą, (średnią z lat badań) zawartość cukru w korzeniach buraka, w zakresie 19,60 – 19,90% odnotowano w podbloku z nawożeniem doglebowym molibdenem (podblok A2). Zawartości cukru w korzeniach z tego podbloku były w niewielkim stopniu modyfikowane formą zastosowanego nawożenia azotowego. Mniejszą, aczkolwiek statystycznie udowodnioną poprawę zawartości cukru w korzeniach buraka zapewniała również aplikacja dolistna molibdenu, w wariantach nawozowych z formami saletrzanymi nawozów azotowych. Średnia zawartość cukru w korzeniach z poszczególnych podbloków (niezależnie od formy nawozu azotowego) wynosiła (%): A1 – 18,54; A2 – 19,73; A3 – 19,04. Największy przyrost zawartości cukru biologicznego (1,55%), uzyskano w wyniku interakcji

Tabela 2. Plony liści oraz współczynniki ulistnienia i plonowania (średnio z 3 lat)
 Table 2. Yields of leaves, leaves coefficient and harvest index (three-year means)

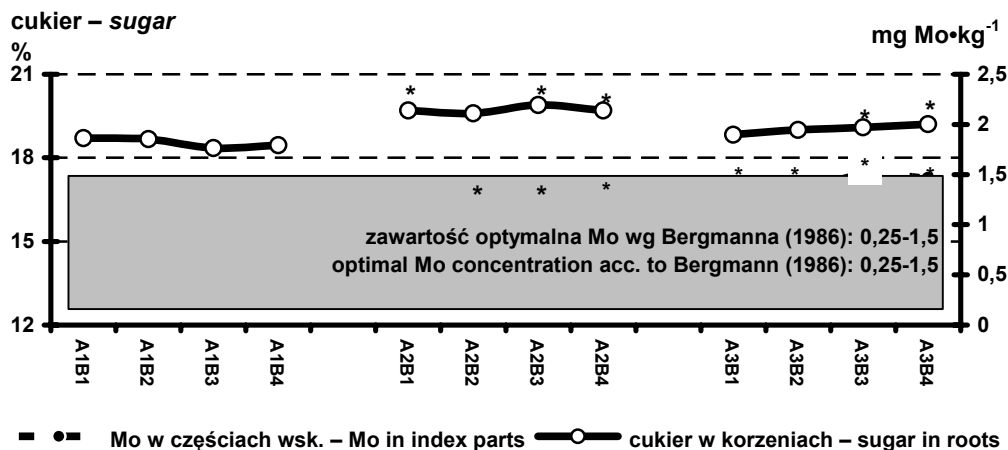
Nawożenie Mo <i>Mo fertilization</i>	Forma N <i>N form</i>	Plon liści <i>Leaves yield</i>	Współczynnik ulistnienia <i>Leaves coefficient</i>	Indeks plonowania <i>Harvest index</i>
A1 Bez Mo <i>Without Mo</i>	B1	28,1	0,67	0,60
	B2	29,3	0,65	0,60
	B3	28,7	0,63	0,61
	B4	28,6	0,62	0,62
A2 – Mo Doglebowo <i>Soil application</i>	B1	27,8	0,57*	0,64
	B2	29,2	0,57*	0,64
	B3	30,7	0,59*	0,63
	B4	30,2	0,59*	0,63
A3 – Mo Dolistnie <i>Foliar application</i>	B1	27,3	0,62	0,62
	B2	27,3	0,59*	0,63
	B3	29,0	0,61	0,62
	B4	29,6	0,61	0,62
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	II/I	r.n.	r.n.	r.n.
	I/II	r.n.	0,06	r.n.

* – różnice istotne statystycznie w stosunku do podbloku kontrolnego A (bez Mo) – *statistically significant differences relative to control subblock A1 (without Mo)*

r.n. – różnice nieistotne – *non significant differences*

B1 – siarczan amonu – *ammonium sulfate*; B2 – mocznik – *urea*; B3 – saletra amonowa – *ammonium nitrate*; B4 – saletra wapniowa – *calcium nitrate*

nawożenia doglebowego Mo oraz saletrą amonową (wariant A2B3) (rys. 2). Wzrost zawartości cukru w korzeniach był więc w tym przypadku wyższy niż uzyskany we wcześniejszych badaniach autora – 0,6% [Wróbel 2002]. Pozytywny wpływ nawożenia Mo na cukrowość korzeni buraka wykazał również Wiśniewski [1994]. Stwierdził on, że pobranie Mo przez rośliny buraka w doświadczeniach polowych ściśle było istotnie skorelowane z zawartością cukru w korzeniach, przy czym bardziej ściśle korelacje tych cech stwierdzano dla odmian triploidalnych w porównaniu z diploidalnymi. Porównanie graficzne zmian zawartości cukru w korzeniach buraka oraz zawartości molibdenu w tkankach blaszek liści w okresie intensywnego rozwoju (części wskaźnikowe) wskazuje na bezpośrednią zależność tych dwóch cech badanej rośliny, którego potwierdzeniem jest uzyskana dodatnia korelacja ($r=0,763$; $\alpha=0,01$). Nawożenie molibdenem istotnie zwiększało poziom zawartości tego składnika w tkankach blaszek liściowych buraka, w największym stopniu w podbloku A3 (nawożenie dolistne). Pomimo to, zmianom tym nie towarzyszył najwyższy poziom cukru w korzeniach buraka. Relatywnie nieduże ilości tego mikroelementu zastosowane we wczesnych stadiach rozwojowych (przełom V/VI), nie zabezpieczyły, w przeciwieństwie do nawożenia doglebowego, zapotrzebowania buraka w okresach intensywnego gromadzenia cukru (sierpień, wrzesień).



Objaśnienia jak do rysunku 1 – For explanation refer to figure 1

Rys. 2. Zawartość cukru biologicznego w korzeniach na tle zawartości Mo w częściach wskaźnikowych buraka cukrowego (średnio z 3 lat)

Fig. 2. Biological sugar content in roots against Mo concentration in sugar beet indicator parts (three-years mean)

Kolejną, ważną z punktu widzenia pozysku cukru cechą użytkową korzeni buraka cukrowego jest zawartość tzw. czynników melasotwórczych (potasu, sodu i azotu α -aminokwasowego) w miążdże korzeni buraka. Liczne badania wskazują, że nawożenie może w istotny sposób zmieniać udział tych składników [Bzowska-Bakalarz i Banach 2009, Kostka-Gościński i in. 2000, Szymczak-Nowak i Tyburski 2005]. Podkreślane jest zwłaszcza znaczenie nawożenia azotowego w kształtowaniu wartości technologicznej korzeni buraka [Artyszak i Ostrowska 2005, Borówczak 2006, Borówczak i Grześ 2002, Szura i in. 2009, Tyksiński i in. 2005].

Niezależnie od nawożenia molibdenem w doświadczeniu, najwyższe zawartości K, Na i N- α aminowego stwierdzano w miążdże korzeni buraka nawożonego saletrą amonową (B3). W wyniku nawożenia molibdenem, uzyskano natomiast statystycznie udowodnione spadki zawartości K i N- α aminowego, lecz głównie w wariantach nawożonych siarczanem amonowym (B1) oraz mocznikiem (B2). W wyniku tych zmian w podbłokach z nawożeniem Mo (A2 i A3) notowano wzrost wskaźnika alkaliczności (tab. 3).

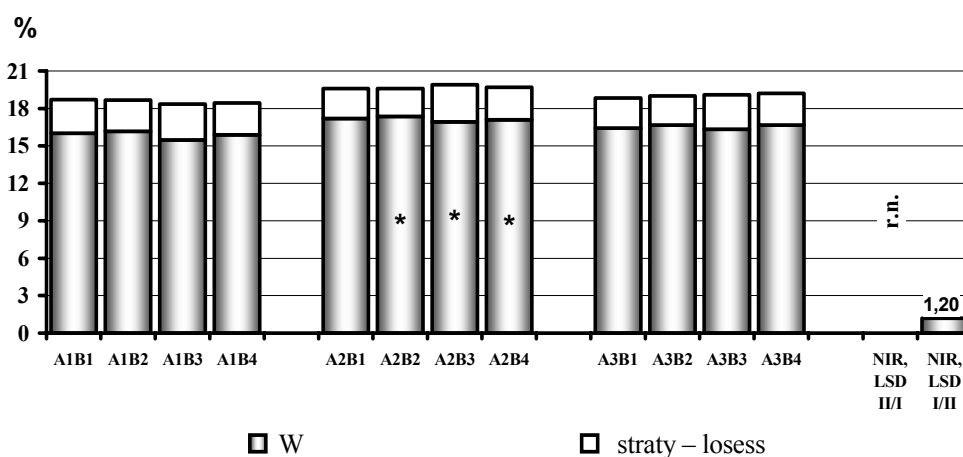
Rezultatem opisanych zmian były istotne statystycznie wzrosty wydajności cukru (W), (rys. 3) oraz teoretycznego plonu cukru technologicznego, wyliczonych według formuły Reinefelda i in. [1974] (rys. 4). Najwyższy plon cukru technologicznego 8,87 t ha⁻¹ uzyskano w wariantcie A1B2 (Mo doglebowo x mocznik), natomiast najwyższy przyrost (w stosunku do podbloku A1 – bez Mo) – 1,79 t ha⁻¹, w wariantcie A1B3 (Mo doglebowo x saletra amonowa).

W dążeniu do zwiększenia plonów korzeni buraka cukrowego oraz poprawy ich jakości przerobowej poszukuje się nowych efektywnych metod produkcji jak np. warianty systemów konserwujących uprawy roli i ochrony chemicznej [Rajewski i in. 2008], uprawa międzyplonów, mulczowanie [Kuc i Zimny 2005], modyfikacje technologii nawożenia [Bzowska-Bakalarz i Banach 2009], przedsięwzięta stymulacja nasion polem magnetycznym [Rochalska 2003, Wójcik 2006], promieniowanie mikrofalowe [Wójcik i in. 2004] itp. Uzyskane w przedstawionych

Tabela 3. Zawartość składników melasotwórczych w korzeniach buraka cukrowego (średnio z 3 lat)
 Table 3. Content of treacle-producing elements in roots of sugar beet (three-year mean)

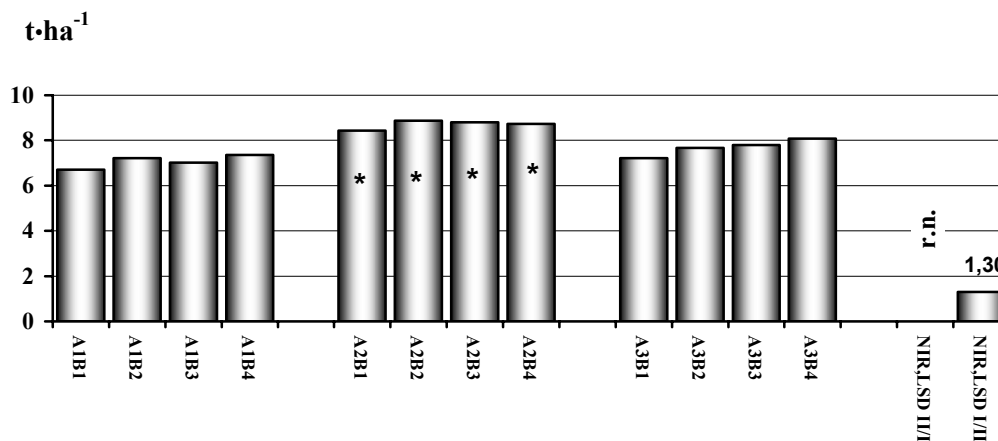
Nawożenie Mo <i>Mo application</i>	Forma N <i>N form</i>	K	Na	N-α-NH ₂	Wskaźnik alkaliczności <i>Alkalinity coefficient</i>
		mmol·kg ⁻¹ miazgi – <i>pulp</i>			
A1 Bez Mo <i>Without Mo</i>	B1	57,8	3,95	29,4	2,10
	B2	54,1	3,90	24,4	2,38
	B3	60,4	7,35	28,0	2,42
	B4	56,3	3,95	22,8	2,64
A2 – Mo Doglebowo <i>Soil application</i>	B1	51,6*	3,65	22,8 *	2,42*
	B2	47,4*	3,45	21,3*	2,39
	B3	63,1	7,55	27,6	2,56
	B4	57,8	4,50	18,2*	3,43*
A3 – Mo Dolistnie <i>Foliar application</i>	B1	50,8*	4,55	23,0 *	2,40*
	B2	49,8	3,70	21,6 *	2,47
	B3	58,8	6,20	26,3	2,47
	B4	55,3	3,55	24,9	2,37
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	II/I	5,28	0,31	4,38	0,50
	I/II	6,03	r.n	2,67	0,28

* – objaśnienia jak do tabeli 2 – explanation see table 2



Objaśnienia jak do rysunku 1 – For explanation refer to figure 1
 r.n. – różnice nieistotne – non significant differences

Rys. 3. Wydajność cukru (W) na tle zawartości cukru w korzeniach buraka (%)
 Fig. 3. Productivity of sugar (W) against sugar content in beet roots (%)



Objaśnienia jak do rysunku 1 – For explanation refer to figure 1
r.n. – różnice nieistotne – non significant differences

Rys. 4. Plon cukru technologicznego z obiektów doświadczenia (synteza z 3 lat)
Fig. 4. Yield of technological sugar from experiment (three-year synthesis)

badaniach wyniki wskazują, że aplikacja relatywnie niedrogiego molibdenianu amonowego, możliwa do połączenia z zabiegami ochrony roślin może stanowić uzupełnienie niektórych z tych metod np. upraw konserwujących, w których istnieje niebezpieczeństwo ograniczeń pobierania składników pokarmowych przez rośliny uprawne [Crozier 1999, Wróbel i in. 2007].

Doświadczenia przeprowadzono w warunkach gleb kwaśnych, co ułatwiało uzyskanie pozytywnej reakcji na nawożenie molibdenem [Stanisławska-Głubiak 2008, Wróbel 2002]. Mimo powszechnie uznawanym zaleceniom uprawy buraka cukrowego na glebach o uregulowanym odczynie [Kalinowska-Zdun 1999], relatywnie wysoki poziom plonów korzeni uzyskanych w prezentowanych badaniach wskazuje, że kwaśny odczyn gleby nie musi być decydującą przeszkodą w uprawie tej rośliny. Jednak w takich warunkach, zachodzić może potrzeba nawożenia molibdenem. Z drugiej strony, badania nad nawożeniem roślin uprawnych mikroelementami potwierdzają skuteczność stosowania molibdenu również na glebach o wyższym pH [Finck 1998, Stanisławska-Głubiak 2008].

WNIOSKI

1. W warunkach przeprowadzonych badań nawożenie doglebowe molibdenem zwiększało poziom plonowania korzeni buraka i zawartość cukru, ograniczając udział azotu α -aminowego. W wyniku tych zmian uzyskiwano statystycznie istotne przyrosty plonów cukru technologicznego, niezależnie od formy stosowanego nawożenia azotem.
2. Dolistne stosowanie molibdenu nie wpływało istotnie na wielkość plonów korzeni buraka, zwiększało natomiast zawartość cukru oraz ograniczało udział N- α -NH₂.
3. W ocenie efektywności oddziaływania nawozowego na plony korzeni i cukru, badane nawozy azotowe uszeregować można następująco: saletra amonowa > mocznik = saletra wapniowa > siarczan amonowy.

4. Na podstawie uzyskanych wyników badań, nawożenie molibdenem upraw buraka cukrowego nawożonych wyłącznie nawozami mineralnymi na glebach o niedostatecznej zasobności tego składnika uznać należy za celowe.

PIŚMIENNICTWO

- Artyszak A., Ostrowska D. 2005. Czynniki warunkujące jakość korzeni buraka cukrowego. W: Technologia produkcji buraka cukrowego. Ostrowska D., Artyszak A. (red.). Wyd. Wieś Jutra, Warszawa: 36–42.
- Borówczak F., Grobelny M., Kołata M., Zieliński T. 2006. The influence of nitrogen fertilization on yields and quality of sugar beet roots. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 51(3): 11–15.
- Borówczak F., Grześ S. 2002. Wpływ deszczowania, dokarmiania dolistnego i nawożenia azotem na plon korzeni i efekty ekonomiczne uprawy buraków cukrowych. *Biul. IHAR 222*: 203–213.
- Bravo S., Lee G.S., Schmehl W.R. 1992. Effect of planting date, nitrogen fertilizer and harvest date on seasonal concentrations and total content of five micronutrients in sugar beet. *J. Sugar Beet Res.* 29(1–2): 45–57.
- Brennan R.F. 2006. Residual value of molybdenum for wheat production on naturally acidic soils of Western Australia. *Aust. J. Exp. Agric.* 46: 1333–1339.
- Brennan R.F., Bolland M.D.A. 2007. Increased concentration of molybdenum in sown wheat seed decreases grain yield responses to applied molybdenum fertilizer in naturally acidic sandplain soils. *J. Plant Nutr.* 30: 2005–2019.
- Burkin I. 1976. Znaczenie molibdenu w produkcji rolniczej. PWRiL Warszawa: ss. 320.
- Bzowska-Bakalarz M., Banach M. 2009. Właściwości technologiczne surowca buraczanego produkowanego w zmodyfikowanej technologii nawożenia. *Acta Agrophys.* 14(1): 31–40.
- Crozier C.R., Naderman G.C., Tucker M.R., Sugg R.E. 1999. Nutrient and pH stratification with conventional and no-till management. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30: 65–74.
- Czuba R. 2000. Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia, *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 471(2): 161–170.
- Draycott A.P. 1996. Aspects of fertilizer use in modern, high-yield sugar beet culture. *IPI-Bull.* 15: 52.
- Faber A. 1992. Bezpośrednie i następcze działanie nawożenia borem, miedzią, molibdenem i cynkiem w zmianowaniu czteropolowym. *Monogr. Rozpr. Nauk H(2) IUNG Puławy*: ss. 81.
- Finck A. 1998. Rapsdüngung – Bericht über deutsche Literatur. In: *Beiträge zur Düngung von Wintertraps. UFOP- Schriften* 9: 9–48.
- Henkens C.H. 1972. Molybdenum uptake by beets in Dutch soils. *Agric. Res. Reports., CAPD, Wageningen*, 775: ss. 52.
- Kabata-Pendias A. 2001. Trace elements in soils and plants. CRC Press, NY. ss. 448.
- Kalinowska-Zdun M. 1999. Burak cukrowy. W: *Szczegółowa uprawa roślin*. Z. Jasińska, A. Kotecki (red.). Wyd. AR Wrocław, 1: 385–434.
- Kostka-Gościniak D., Szymczak-Nowak J., Nowakowski M., Sitarski A., Wąsacz E., Banaszak H. 2000. Wpływ nawożenia słomą i obornikiem na jakość przetwórczą wybranych odmian buraka cukrowego. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 211, *Agricultura* 84: 175–178.
- Krauze A., Benedycka Z., Bobrzecka D., Domska D. 1983. Wpływ następczy nawożenia molibdenem. *Zesz. Nauk. ART Olsztyn* 242, *Rol.* 36: 213–220.
- Kuc P., Zimny L. 2005. Plonowanie i jakość technologiczna korzeni buraka cukrowego uprawianego w warunkach różnych systemów uprawy. *Ann. UMCS. Sec. E.* 60: 133–143.
- Kucharzewski A., Dębowski M. 2000. Odczyn i zawartość mikroelementów w glebach Polski. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 471(2): 627–636.
- Metody badań laboratoryjnych w stacjach chemiczno-rolniczych. 1980. Cz. I. Badanie gleb. IUNG Puławy: ss. 1–76.
- Metody oznaczania ruchomych form mikroelementów w glebie do rutynowych oznaczeń w stacjach chemiczno-rolniczych (wspólna ekstrakcja 1 M HCl). 1986, IUNG Wrocław: 1–11.

- Niewczas J., Kamionowska M., Mitek M. 2006. Zawartość azotanów (III) i (V) w owocach nowych odmian dyni olbrzymiej (*Cucurbita maxima*). *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość* 2, Supl.: 238–245.
- Rajewski J., Zimny L., Kuc P. 2008. Wpływ różnych wariantów uprawy konserwującej na wartość technologiczną korzeni buraka cukrowego. *Probl. Inż. Rol.* 1: 109–115.
- Reinefeld E., Emmerich A., Baumgarten G., Winner C., Beiß U. 1974. Zur Voraussage des Melassezuckers aus Rübenanalysen. *Zucker* 27: 2–15.
- Rochalska M. 2003. Wpływ pola magnetycznego na nasiona i rośliny. *Post. Nauk Rol.* 1: 92–99.
- Stanisławska-Głubiak E. 2008. The influence of soil reaction on the effects of molybdenum foliar fertilization of oilseed rape. *J. Elementol.* 13(4): 647–654.
- Stępień A. 2009. Możliwości uprawy i plonowanie buraka cukrowego w warunkach Polski Północno-Wschodniej na tle zachodzących zmian klimatycznych. *Ann. UMCS, Sec. E.* 64(4): 107–113.
- Systematyka gleb polski. 1989. *Rocz. Glebozn.* 40(3–4): ss. 103.
- Szura A., Kowalska I., Sady W. 2009. Wpływ sposobu nawożenia azotem na dynamikę zmian $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ - w liściach i korzeniach buraka ćwikłowego. *Ann. UMCS 64, Sec. E.* 64(1): 37–45.
- Szymczak-Nowak J., Tyburski J. 2005. Wpływ różnych form nawożenia na kształtowanie się jakości technologicznej buraka cukrowego. *Pam. Puł.* 139: 269–276.
- Tyksiński W., Bosiacki M., Pech K. 2005. Yield of fresh mass and nitrate reductase activity in lettuce fertilized by different nitrogen forms. *Rocz. AR Poznań 370, Ogród.* 39: 103–110.
- Wiśniewski W. 1994. Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez buraki (odmiany cukrowe i pastewne) z uwzględnieniem ich jakości. *Hod. Rośl. Aklim.* 38(1–2): 3–41.
- Wójcik S. 2006. Plonowanie i jakość technologiczna korzeni buraka cukrowego w zależności od stymulacji nasion. *Inż. Rol.* 6: 383–388.
- Wójcik S., Dziamba M., Pietruszewski S. 2004. Wpływ promieniowania mikrofalowego na plonowanie i jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego. *Acta Agrophys.* 3(3): 623–630.
- Wróbel S. 2002. Określenie potrzeb nawożenia buraka cukrowego mikroelementami. *Monogr. Rozpr. Nauk* (2), Wyd. IUNG Puławy: ss. 96.
- Wróbel S., Pabin J., Mickiewicz A. 2007. Wpływ uproszczeń uprawy roli na dostępność składników pokarmowych w monokulturze kukurydzy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 520: 791–798.
- Zalecenia Nawozowe. 1990. Część I. Liczby graniczne do wyceny zawartości makro- i mikroelementów w glebach. *Wyd. IUNG Puławy, Ser. P(44)*: ss. 26.

S. WRÓBEL, W. NOWAK

RESPONSE OF SUGAR BEET TO MOLYBDENUM IN RELATION TO CHEMICAL FORM OF NITROGEN FERTILIZER APPLIED

Summary

Yields of sugar beet roots and the same yields of sugar per hectare in Poland still significantly diverge from those obtained in Western Europe countries. Apart from soil and climatic conditions, one of the main reasons of the low yields are agrotechnical abnormalities, fertilization in this. Relatively high doses of nitrogen fertilizers applied to sugar beet growing without FYM, are not well utilized. One of the most negative phenomenons in this situation is disorder in metabolic process of nitrate reduction in plant tissues. The process goes out in cytoplasm and is catalyzed by nitrate reductase – the adaptive enzyme synthesized in plants exclusively in presence of NO_3^- anions. Molybdenum as a specific compound of the prosthetic group of the enzyme is necessary for this synthesis. Polish soils generally contain insufficient amounts of available molybdenum. The objective of the present study was to determine effects of soil or foliar molybdenum application to sugar beet variety Picasso, growing without FYM, depending on forms of nitrogen fertilizers used. Four nitrogen fertilizers (ammonium sulfate, urea, ammonium nitrate and calcium nitrate) were applied in the experiment design. Molybdenum soil application in experiment increased sugar beet

roots yields as well as sugar content in them, reducing N- α -NH₂ concentration. An increase of technological sugar yield was noted as a result, independently of nitrogen fertilizers form. Foliar Mo application was less effective, nevertheless it also caused a significant increase in content of sugar in beet roots and reduced share of N- α -NH₂ in the root tissue. Among nitrogen fertilizers applied, ammonium nitrate (V) turn out to be the most advisable nitrogen form in sugar beet growing, while ammonium sulfate (IV) was the least effective.