

¹ Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum –

Výskumný ústav agroekológie Michalovce, Špitalska 1273/12, 071-01 Michalovce

² Lubelski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Końskowoli, ul. Pozowska 8, 24-130 Końskowola

³ Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach,

Instytut Agronomii, Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, ul. B. Prusa 14

⁴ HUMACON, s.r.o., Letná 27, Košice

ŠTEFAN TÓTH¹, WOJCIECH RYSAK², BARBARA SYMANOWICZ³,
BOŽENA ŠOLTYSOVÁ¹, JAROSLAV KARAHUTA⁴

Wpływ Humacu Agro na plon, zawartość cukru w burakach cukrowych i właściwości gleby w warunkach zrównoważonego systemu rozwoju rolnictwa

The effect of Humac Agro on the yield, sugar content in sugar beet and soil characteristics under conditions of sustainable agricultural management system

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań bezpośredniego wpływu Humacu Agro na plon, zawartość cukru w burakach cukrowych i wybrane właściwości gleby w warunkach klimatyczno-glebowych południowo-wschodniej Polski. Humac Agro zastosowano wczesną wiosną. W badaniach uwzględniono trzy warianty: obiekt kontrolny (V1), 250 kg·ha⁻¹ Humac Agro (V2) i 500 kg·ha⁻¹ Humac Agro (V3). Nawożenie azotem w dawce 60,3 kg·ha⁻¹ stosowano na obiekcie V3, a 94,8 kg·ha⁻¹ na obiekcie V1 i V2. Dawki nawozów PKS stosowano takie same dla wszystkich wariantów nawozowych. Największy plon buraków cukrowych (95,97 Mg·ha⁻¹) uzyskano z wariantu V3. Humac Agro w dawce 500 kg·ha⁻¹ wpłynął na zwiększenie plonu cukru o 29,6% w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Zwiększyła się również zawartość próchnicy w glebie, pH gleby i zawartość przyswajalnych form P, K, Mg, B, Mn, Cu, Zn i Fe.

Słowa kluczowe: Humac Agro, kwasy huminowe, burak cukrowy, plon, zawartość cukru, właściwości gleby

WSTĘP

Aktualny stan systemów rolnictwa na Słowacji, w Czechach i Polsce oraz ich długi rozwój doprowadził do zubożenia gleby w materię organiczną i poszukiwania nowych, alternatywnych sposobów regeneracji żyzności gleby [Bujanowicz-Haraś 2015, Kudrna 1979]. Glebowa substancja organiczna ma duże znaczenie w kształtowaniu żyzności, łagodzeniu skutków intensywnego nawożenia mineralnego i utrzymaniu równowagi biologicznej w glebie [Nardi i in. 2009, Kalembasa i Symanowicz 2012]. Zwiększenie are-

atu uprawy zbóż w Polsce (ponad 75% w strukturze zasiewów) doprowadziło do zwiększenia degradacji materii organicznej w glebie [Zawiślak i Rychcik 2002]. Jednym ze źródeł węgla organicznego w glebie, jako środka poprawiającego jej właściwości, mogą być węgle brunatne odmian ziemistych, ksylicowych lub oksyhumolit o niskiej wartości energetycznej. Korzystne działanie takiego węgla na glebę uwidacznia się w jego bezpośrednim [Tobiašová i in. 2013, Symanowicz i Kalembasa 2012, Symanowicz i in. 2013] i pośrednim działaniu [Kwiatkowska-Malina i Maciejewska 2011, 2013, Spiak i in. 2004]. Badania polskich węgli brunatnych odmian ziemistych wykazały dużą zawartość C_{org} i N_{calc} w związkach trudno ulegających hydrolizie kwaśnej i w pozostałości po hydrolizie, co świadczy o bardzo dużej stabilności połączeń organicznych węgla i azotu [Kalembasa i in. 2001, 2007]. W celu rozwiązania problemu zmniejszającej się zawartości materii organicznej w glebach Słowacji przeprowadzono badania w warunkach polowych w Instytucie Agroekologicznym NPPC-VÚA Michalovce w Milhostovie z wykorzystaniem Humacu Agro – jako środka poprawiającego właściwości gleby. Badania Tótha i in. [2013] wykazały korzystny wpływ Humacu Agro na właściwości fizyczne i chemiczne gleby oraz ilość i jakość plonu pszenicy ozimej, jęczmienia jarego, kukurydzy, soi, sorga i słonecznika, uprawianych w różnych systemach rolnictwa. Badania te stały się inspiracją do postawienia hipotezy roboczej, że zastosowanie Humacu Agro jako środka poprawiającego właściwości gleby w warunkach klimatycznych i glebowych Polski może zwiększyć plon buraków cukrowych, zawartość cukru oraz poprawić wybrane właściwości chemiczne gleby.

Celem badań było określenie bezpośredniego wpływu Humacu Agro na plonowanie buraków cukrowych, zawartość cukru, plon cukru i wybrane właściwości gleby w warunkach klimatyczno-glebowych południowo-wschodniej Polski.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe z zastosowaniem naturalnego środka poprawiającego właściwości gleby Humac Agro w uprawie buraka cukrowego przeprowadzono w 2013 r. w stacji doświadczalnej LODR – Lubelskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Końskowoli (51°40'61"N, 22°05'39"E). Średnia roczna temperatura powietrza w 2013 r. wynosiła 8,9°C, w okresie wegetacji 16,0°C, suma opadów 587,9 mm rocznie, a w okresie wegetacji 384,0 mm (tab. 1). Warunki pogodowe w 2013 r. były sprzyjające dla wzrostu i rozwoju buraka cukrowego. Zwiększona ilość opadów w maju i czerwcu stworzyła korzystne warunki do kiełkowania i prawidłowego wzrostu w początkowej fazie rozwojowej. Mniejsze ilości opadów w lipcu i sierpniu zahamowały wzrost roślin.

Doświadczenie przeprowadzono na glebie płowej typowej utworzonej na utworach lessowych, zakwalifikowanej według WRB do Haplic Luvisol [IUSS Working Group WRB 2014]. Przedplonem był rzepak ozimy. W badaniach uwzględniono trzy warianty nawozowe: obiekt kontrolny – bez Humacu Agro (V1), 250 kg·ha⁻¹ Humac Agro (V2) i 500 kg·ha⁻¹ Humac Agro (V3). Nawożenie azotem w dawce 60,3 kg·ha⁻¹ stosowano na obiekcie V3, a 94,8 kg·ha⁻¹ azotu zastosowano na obiekcie V1 i V2. We wszystkich wariantach nawozowych stosowano takie same dawki fosforu, potasu i siarki (tab. 2). Wielkość każdego wariantu doświadczalnego do zbioru wynosiła 3300 m². Doświadczenie bezpowtórzeniowe założono metodą długich pasów. Jesienią (w 2012 r.) po głębokiej

orce zastosowano Polifoskę 6. Wczesną wiosną (w 2013 r.) przed siewem buraka cukrowego zastosowano Humac Agro w dawce 250 kg·ha⁻¹ (wariant V2) i 500 kg·ha⁻¹ (wariant V3). Nawożenie azotem stosowano w formie mocznika w dawkach: 69,0 kg·ha⁻¹ – wariant V1; 65,8 kg·ha⁻¹ – wariant V2; 28,1 kg·ha⁻¹ – wariant V3. Podczas wegetacji buraka cukrowego zastosowano również nawozy dolistne: Basfoliar 36 Extra w dawce 5 dm³·ha⁻¹ i Adob Bor w dawce 3 dm³·ha⁻¹.

Tabela 1. Warunki meteorologiczne w okresie prowadzenia badań

Table 1. Meteorological conditions during the studies

Czynnik Factor	Miesiące/ Months						Suma opadów w roku Sum rainfall in a year (mm)	Suma opadów w czasie wegetacji Sum rainfall during the growing sea- son (mm)
	I	II	III	IV	V	VI		
Opady Rainfall 2013 (1871–2008) (mm)	39 (31)	30 (30)	34 (34)	34 (40)	85 (57)	85 (70)	453 (587)	261 (384)
	VII 31 (84)	VIII 7 (75)	IX 48 (51)	X 5 (47)	XI 44 (39)	XII 11 (37)		
Temperatura Temperature 2013 (1871–2008) (°C)	Miesiące/ Months						Średnia tem- peratura w roku Mean tempe- rature in a year (°C)	Średnia tempe- ratura w czasie wegetacji Mean tempera- ture during the growing se- ason (°C)
	I	II	III	IV	V	VI		
	-3,4 (-3,3)	-0,6 (-2,3)	-1,5 (1,6)	8,7 (7,8)	15,6 (13,5)	18,7 (16,8)	8,9 (7,7)	16,0 (14,6)
	VII 19,8 (18,5)	VIII 19,7 (17,4)	IX 12,1 (13,3)	X 10,3 (8,0)	XI 5,8 (2,8)	XII 2,1 (-1,3)		

Tabela 2. Dawki Humacu Agro i podstawowych składników nawozowych (NPKS) w uprawie buraka cukrowego (kg·ha⁻¹)Table 2. Doses Humac Agro and basic nutrients (NPKS) in the cultivation of sugar beet (kg·ha⁻¹)

Nawożenie Fertilization	Humac Agro	N	P	K	S
V1	0	94,8	34,9	100,0	28,0
V2	250	94,8	34,9	100,0	28,0
V3	500	60,3	34,9	100,0	28,0

Środek poprawiający właściwości gleby pod nazwą handlową Humac Agro został wprowadzony do obrotu na terenie Rzeczypospolitej Polskiej jako środek poprawiający właściwości gleby na podstawie Ustawy o nawozach i nawożeniu z dnia 10 lipca 2007 r. Producent Humacu Agro uzyskał także pozwolenie IUNG – PIB w Puławach na stosowanie preparatu w rolnictwie ekologicznym (NE/216/2013). Skład chemiczny Humacu Agro: 62% kwasów huminowych, N – 12,8 g·kg⁻¹, K – 1,2 g·kg⁻¹, Ca – 16,8 g·kg⁻¹, Zn –

64 mg·kg⁻¹, B – 77 mg·kg⁻¹, Fe – 14 502 mg·kg⁻¹, Cu – 19 mg·kg⁻¹, Se – 6 mg·kg⁻¹ i w mniejszych ilościach inne pierwiastki śladowe. Wysiew powlekanych nasion buraka cukrowego odmiany *Alegra* wykonano na głębokość 1,5 do 2,0 cm w rozstawie 45 × 18 cm. Do odchwaszczania buraków stosowano: Betanal Elite 274 EC, Betanal Maxx Pro, Azotop new 80WP i Fusilade Forte 150EC.

Podczas zbioru określono plon korzeni buraka cukrowego (Mg·ha⁻¹) i oznaczono zawartość cukru (%), którą przeliczono na kg·Mg⁻¹. Na podstawie plonu korzeni buraka cukrowego i zawartości cukru obliczono plon cukru (Mg·ha⁻¹). Analizy laboratoryjne wykonano w trzech powtórzeniach w OSCHR w Lublinie (Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Lublinie). Oznaczono: zawartość węgla organicznego (% C_{org}) metodą Tiurina, pH (w KCl mol·dm⁻³) metodą potencjometryczną, zawartość przyswajalnych form P i K (mg·kg⁻¹) metodą Egnera-Riehma, zawartość przyswajalnych form Mg metodą Schatschabela, zawartość przyswajalnych form B, Mn, Cu, Zn i Fe w wyciągu mol HCl·dm⁻³ metodą ASA, zawartość cukru (%) metodą polarymetryczną. W analizie statystycznej wyników badań wykorzystano program Statistica 10.5 PL.

WYNIKI I DYSKUSJA

Środek poprawiający właściwości gleby Humac Agro miał pozytywny wpływ na wzrost i rozwój roślin buraków cukrowych (fot. 1).

Plon korzeni rośliny testowej kształtował się na poziomie od 72,81 Mg·ha⁻¹ na obiekcie kontrolnym do 95,97 Mg·ha⁻¹ na obiekcie nawożonym środkiem Humac Agro w dawce 500 kg·ha⁻¹ (tab. 3).

Po zastosowaniu Humacu Agro jako środka poprawiającego właściwości gleby w dawce 500 kg·ha⁻¹ odnotowano zwiększenie plonu korzeni buraka cukrowego o 31,8% w odniesieniu do plonu zebranego z obiektu kontrolnego. Plony uzyskane w badaniach własnych znacząco przewyższały plony przedstawione w badaniach Barłoga i in. [2013], które po nawożeniu obornikiem kształtowały się na poziomie od 45,0 do 69,4 Mg·ha⁻¹ w zależności od roku prowadzenia badań. Również Artyszak [2014] uzyskała mniejsze plony korzeni buraka cukrowego (59,0–73,8 Mg·ha⁻¹). Zawartość cukru oznaczona w burakach cukrowych kształtowała się na poziomie 176,5–184,3 kg·Mg⁻¹ (tab. 4). Humac Agro w dawce 250 kg·ha⁻¹ wpłynął na zwiększenie plonu cukru o 13,6% oraz o 29,6% pod wpływem dawki 500 kg·ha⁻¹ (tab. 4).

Zwiększenie plonu korzeni buraków cukrowych spowodowało zmniejszenie zawartości cukru w korzeniach rośliny testowej o 0,0163 na każdą tonę przyrostu plonu (zawartość cukru = 19,4556 – 0,0163x przy r = –0,48). Zależność pomiędzy plonem cukru i zawartością cukru przedstawiono równaniem regresji prostej: plon cukru = 47,6113 – 1,7855x przy r = –0,35. Zwiększenie plonu buraków cukrowych spowodowało zwiększenie plonu cukru o 0,169 Mg·ha⁻¹ na każdą tonę przyrostu plonu korzeni (rys. 1).

W badaniach Artyszek [2014] nad efektywnością dolistnego nawożenia borem dwóch odmian buraka cukrowego uzyskano mniejsze zawartości cukru (od 164 do 170 kg·Mg⁻¹, w zależności od odmiany i nawożenia borem) i mniejszy plon biologiczny cukru (od 10,08 do 12,31 Mg·ha⁻¹). Również Barłóg i in. [2013] wykazali mniejsze zawartości cukru (172–174 kg·Mg⁻¹). Przedstawione w tabeli 5 wybrane elementy statystyki wskazują na istotne zależności pomiędzy plonem korzeni buraków cukrowych i plonem cukru.



Fot. 1. Doświadczenie polowe. Lubelski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Końskowoli; a – obiekt kontrolny (V1), b – buraki cukrowe nawożone dawką 250 kg·ha⁻¹ Humac Agro (V2), c – buraki cukrowe nawożone dawką 500 kg·ha⁻¹ Humac Agro (V3), d – całe rośliny buraków cukrowych z poszczególnych obiektów nawozowych (fot. J. Karahuta)

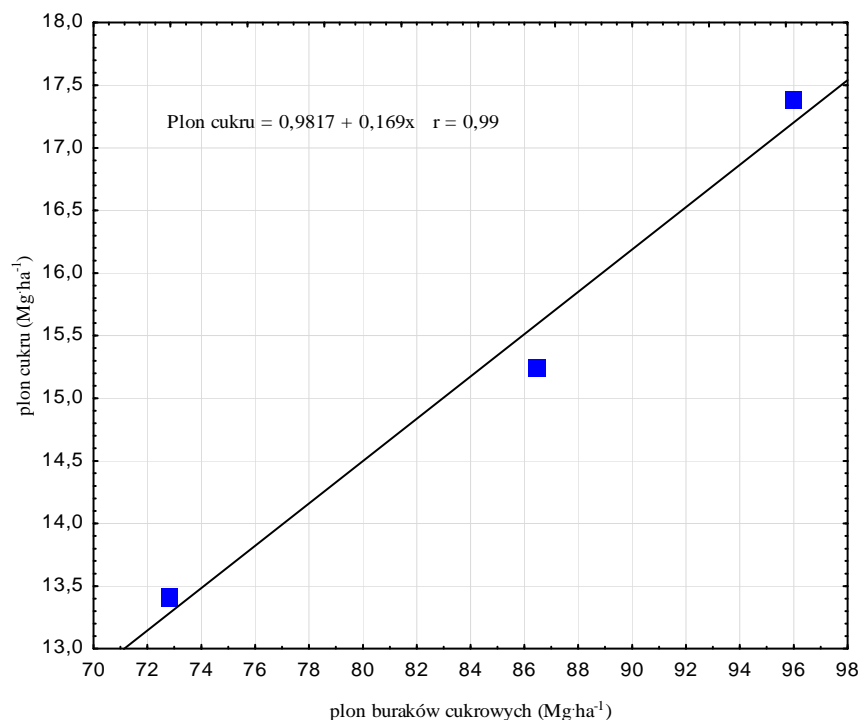
Phot. 1. The field experiment. Lublin Agricultural Advisory Centre in Końskowola; a – control treatment (V1), b – beets fertilized with a dose of 250 kg·ha⁻¹ Humac Agro (V2), c – sugar beets fertilized with 500 kg·ha⁻¹ Humac Agro (V3), d – whole plant sugar beet of individual objects fertilizer (phot. J. Karahuta)

Tabela 3. Plon korzeni buraka cukrowego
Table 3. The yield of sugar beet roots

Wariant nawożenia Fertilization variant	Plon korzeni Root yield (Mg·ha ⁻¹)	W stosunku do kontroli Relative to control (%)
0	72,81	100,0
Humac Agro – 250 kg·ha ⁻¹	86,39	118,7
Humac Agro – 500 kg·ha ⁻¹	95,97	131,8
Średnia/ Mean	85,06	125,2

Tabela 4. Zawartość cukru w burakach cukrowych i plon cukru
Table 4. The sugar content in sugar beets and sugar yield

Wariant nawożenia Fertilization variant	Zawartość cukru Sugar content (kg·Mg ⁻¹)	Plon cukru/ Sugar yield	
		(Mg·ha ⁻¹)	w stosunku do kontroli relative to control (%)
0	184,3	13,42	100,0
Humac Agro – 250 kg ha ⁻¹	176,5	15,25	113,6
Humac Agro – 500 kg ha ⁻¹	181,2	17,39	129,6
Średnia/ Mean	180,7	15,35	121,6



Rys. 1. Zależność pomiędzy plonem buraków cukrowych i plonem cukru (w Mg·ha⁻¹)

Fig. 1. The relationship between yield sugar beets and yield sugar (in Mg·ha⁻¹)

W badaniach przeprowadzonych w NPPC – VÚA Michalovce w Milhostovie (Słowacja) z wykorzystaniem Humacu Agro w różnych systemach uprawy roli (konwencjonalnym, zmniejszonym, minimalnym i bezorkowym) stwierdzono poprawę właściwości chemicznych gleby. Przedstawione w tabeli 6 wyniki wybranych analiz chemicznych poziomu Ap (0–25 cm) potwierdziły korzystny wpływ Humacu Agro w dawce 500 kg·ha⁻¹ na właściwości gleby płowej.

Po zbiorze buraków cukrowych gleba pobrana z obiektu, na którym zastosowano 500 kg·ha⁻¹ Humacu Agro, charakteryzowała się około 3-krotnie większą zawartością boru i zwiększoną zawartością próchnicy w odniesieniu do gleby z obiektu kontrolnego.

W badanej glebie zwiększyła się również zawartość przyswajalnego fosforu o 86%, miedzi o 80%, magnezu o 72%, cynku o 45%, manganu o 28,8% i potasu o 1%.

Tabela 5. Wybrane parametry statystyczne i współczynniki korelacji (r) pomiędzy plonem buraków cukrowych, zawartością cukru i plonem cukru
Table 5. Selected statistical parameters and correlation coefficients (r) between the yield of sugar beet, the content of sugar and sugar yield

Badane cechy Examined properties	Średnia Average	Odchylenie standardowe Standard devision	Współczynnik zmienności Variation coefficient	Plon Yield	Zawartość cukru Content of sugar (kg·Mg ⁻¹)	Plon cukru Sugar yield
Plon/ Yield (Mg·ha ⁻¹)	85,06	11,64	0,13	1,00		
Zawartość cukru Content of sugar (kg·Mg ⁻¹)	180,7	0,39	0,02	-0,48	1,00	
Plon cukru Sugar yield (Mg·ha ⁻¹)	15,35	1,99	0,12	0,99	-0,35	1,00

r istotne dla $\alpha = 0,05$ / r significant for $\alpha = 0,05$

Tabela 6. Wybrane właściwości gleby przed siewem i po zastosowaniu Humacu Agro
Table 6. Selected properties of the soil before and after using Humac Agro

Parametr Parameter	Przed siewem Before sowing	Po zbiorach/ After harvest	
		0	Humac Agro 500 kg·ha ⁻¹
Zawartość próchnicy Humus content (%)	1,18	1,14	1,20
pH _{KCl}	6,19	4,93	7,26
P (mg·kg ⁻¹)	113,7	89,1	165,9
K (mg·kg ⁻¹)	216,7	210,0	212,5
Mg (mg·kg ⁻¹)	71,0	58,0	100,0
B (mg·kg ⁻¹)	1,08	0,62	2,00
Mn (mg·kg ⁻¹)	150,0	184,0	237,0
Cu (mg·kg ⁻¹)	3,2	2,5	4,5
Zn (mg·kg ⁻¹)	8,5	7,1	10,3
Fe (mg·kg ⁻¹)	1002	1142	1198

Korzystny wpływ utlenionego węgla brunatnego na właściwości fizyczne i chemiczne gleby potwierdzają wyniki badań Kirejčeva i Chochlova [2002], Kibireva [2004] i Nadtočija [2005]. Badania przeprowadzone przez Nardiego i in. [2009], Muscolo i in. [2013], a także inne opracowania [Kabata-Pendias 2011] wskazują na dodatni wpływ węgla brunatnego o małej wartości energetycznej oraz oksyhumolitu na właści-

wości fizyczne, chemiczne, biologiczne gleb uprawnych, na unieruchamianie substancji ksenobiotycznych i fitotoksycznych w glebie, stymulowanie aktywności biologicznej mikroorganizmów i roślin, katalizowanie procesów biologicznych i aktywności hormonalnej roślin. Zasady wzbogacania gleby w próchnicę, jej wpływ na poprawę ilości i jakości upraw oraz regenerację żyzności gleby w warunkach polowych przedstawione zostały także przez Káša [1961]. Realizowany aktualnie w krajach Unii Europejskiej zrównoważony system rolnictwa, w którym wykorzystuje się postęp technologiczny i biologiczny w uprawie roślin, nie zawsze uwzględnia prawidłową gospodarkę składnikami pokarmowymi w układzie gleba-roślina. Często prowadzi do naruszenia równowagi środowiska glebowego. Mała obsada zwierząt poligastycznych na hektar, ograniczenie stosowania nawozów naturalnych [Bujanowicz-Haraś 2015], często ujemny bilans podstawowych składników pokarmowych w glebie wynikający z intensyfikacji i specjalizacji produkcji rolnej [Kuś i Kopiński 2012] doprowadzają do przyspieszonej mineralizacji i degradacji materii organicznej. Zawartość węgla organicznego w glebie jest obecnie uważana za jeden z najważniejszych wskaźników żyzności gleby [Tobiašová i in. 2013]. Według Bujanowicz-Haraś [2015] w Polsce wskaźniki reprodukcji glebowej materii organicznej były ujemne ($-0,41 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ w 1980 r. do $-0,50 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ w 2009 r.), a saldo bilansu organicznej materii gleby kształtowało się na poziomie $-0,14 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ w 2009 r.

PODSUMOWANIE

Przedstawiona praca dokumentuje bezpośredni, stymulujący efekt działania kwasów huminowych zawartych w Humacu Agro na plon korzeni buraków cukrowych, zawartość cukru i plon cukru oraz wybrane właściwości gleby płowej typowej. Humac Agro, dzięki rozwiniętemu układowi porowatemu i połączeniom organiczno-mineralnym, przyczynił się do zwiększenia współczynników wykorzystania składników nawozowych z polifoski 6 i mocznika, a w konsekwencji do uzyskania większego plonu korzeni buraków cukrowych i plonu cukru. Zastosowanie tego środka ograniczyło również wymywanie składników nawozowych do głębszych poziomów profilu glebowego. Dzięki wyżej wymienionym właściwościom Humacu Agro uzyskano zwiększenie plonu korzeni buraków cukrowych i plonu cukru, po zastosowaniu dawki $500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ o około 30% w odniesieniu do obiektu kontrolnego, oraz poprawę wybranych właściwości chemicznych gleby.

PIŚMIENNICTWO

- Artyszak A., 2014. Efektywność nawożenia dolistnego dwóch odmian buraka cukrowego borem. Cz. 1. Plonowanie i jakość technologiczna korzeni. *Fragm. Agron.* 31(3), 7–34.
- Barłóg P., Szczepaniak W., Grzebisz W., 2013. Reakcja buraka cukrowego na dawkę i formę chemiczną sodu na tle obornika. Cz. 1. Plon i jakość korzeni. *Fragm. Agron.* 30(3), 24–18.
- Bujanowicz-Haraś B., 2015. Polskie rolnictwo w kontekście oddziaływania na środowisko przyrodnicze. *Annales UMCS, sec. E, Agricultura* 70 (2), 11–22.
- IUSS Working Group WRB, 2014. World reference base for soil resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, 3rd ed. FAO, Rome.

- Kabata-Pendias A., 2011. Trace elements in soils and plants, 4th ed. CRC Press. Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Kalembasa S., Symanowicz B., Pieńkowska B., 2001. Frakcje siarki i azotu w kwaśnych wyciągach z węgla brunatnych. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 477, 371–380.
- Kalembasa S., Symanowicz B., Wiśniewska B., 2007. The changes in the content of carbon and nitrogen in the alkaline extracts from the mixtures of brown coal with waste activated sludges. Pol. J. Environ. Stud. 16 (2A), 640–649.
- Kalembasa S., Symanowicz B., 2012. Enzymatic activity of soil after applying various waste organic materials, ash, and mineral fertilizers. Pol. J. Environ. Stud. 21(6), 1635–1641.
- Káš V., 1961. Obohacování půd humusem. ČSAZV, Praha, 1–203.
- Kibirev K.V., 2004. Formirovanije urožajnosti zerna kukuruz y pri ispol'zovaniji organo-mineral'nyh udobrenij v uslovijach Zejsko-Bureinskoj revniny. Dissert. rabota na soiskanije učennoj stepeni kandidata sel'.-choz. nauk po VAK, Barnaul.
- Kirejčev L.V., Chochlova O.B., 2002. Ispol'zovanie sapropelje v kačestve kondicionerov osadkov stočnyh vod. Agrochim. vest. 4, 33–35.
- Kudrna K., 1979. Zemědělské soustavy, vyd. 1. SZN, Praha, 1–708.
- Kuś J., Kopiński J., 2012. Gospodarowanie glebową materią organiczną we współczesnym rolnictwie. Zag. Doradz. Rol. 2, 5–27.
- Kwiatkowska J., 2006. The effect of organic amendments on the phytoavailability of heavy metals in polluted soil. Ecohydrol. Hydrobiol. 6, 1–4, 181–186.
- Kwiatkowska-Malina J., Maciejewska A., 2011. Pobieranie metali ciężkich w warunkach zróżnicowanego odczynu gleb i zawartości materii organicznej. Ochr. Środ. Zasob. Nat. 49, 43–51.
- Kwiatkowska-Malina J., Maciejewska A., 2013. Uptake of heavy metals by darnel multifloral (*Lolium multiflorum* Lam.) at diverse soil reaction and organic matter content. Soil Sci. Annual. 64, 19–23.
- Muscolo A., Sidari M., Nadri S., 2013. Humic substance: Relationship between structure and activity, deeper information suggests univocal findings. J. Geochem. Explor. 129, 57–63.
- Nadtočij I.A., 2005. Agroekologičeskaja effektivnost' primenenija sapropelja v kačestve malioranta zagrijaznennoj kadmiem dernovo-podzolistoj počvy. Dissert. rabota na soiskanije učennoj stepeni kandidata sel'.-choz. nauk po VAK, 1–153.
- Nardi S., Carletti P., Pizzeghello D., Muscolo A., 2009. Biological activities of humic substances. Biophysico-Chemical Processes Involving Natural Nonliving Organic Matter in Environmental Systems, 305–339.
- Spiak Z., Romanowska M., Radoła J., 2004. Trace metals content in plants from ecological and conventional cultivation systems. Chem. Agric. 5, 181–186.
- Symanowicz B., Kalembasa S., 2012. Effects of brown coal, sludge, their mixtures and mineral fertilisation on copper and zinc contents in soil and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.). Fresen. Environ. Bull. 21(4), 802–807.
- Symanowicz B., Kalembasa S., Jaremko D., Niedbała M., 2013. Polskie odpadowe węgle brunatne – potencjalne źródło składników pokarmowych roślin. Annales UMCS, sec. E, Agricultura 68 (4), 21–27.
- Tobiašová E., Šimansky V., Dębska B., Banach-Szott M., 2013. Soil structure and soil organic matter of selected soil types in different ecosystems. Agriculture 59 (1), 1–8.
- Tóth Š., Šoltysová B., Danilovič M., Kováč L., Hnát A., Kotorová D., Šariková D., Jakubová J., Balla P., Štyriak I., Štyriaková I., 2013. Význam a efekt pôdnych zlepšovateľov rôzneho typu pri ich použití v podmienkach diferencovanej intenzity obrábania pôd, vyd. 1. Piešťany, CVRV – Výskumný ústav agroekológie Michalovce, 1–112.
- Zawiślak K., Rychcik B., 2002. Racjonalna gospodarka polowa w krajobrazie północno-wschodniej Polski. Fragm. Agron. 2 (74), 16–30.
- Ustawa o nawozach i nawożeniu z dnia 10 lipca 2007 r. Dz.U. 2015 poz. 625.

Podziękowanie. Praca powstała dzięki wsparciu sektora MPRV (Słowacja) w ramach projektu „Badanie aspektów rolno-ekologicznych w zrównoważonych systemach rolnych w zakresie rozwoju społeczno-gospodarczego i zmian klimatycznych”, wdrażanego przez firmę MIRPOL Sp. z o.o. Strzyżewice (Polska).

Summary. The paper presents results of the direct impact of Humac Agro on the yield, sugar content in sugar beets and selected soil properties under conditions of climate and soil of south-eastern Poland. Humac Agro was applied in early spring. The studies included 3 variants: control (V1), 250 kg·ha⁻¹ Humac Agro (V2) and 500 kg·ha⁻¹ Humac Agro (V3). Nitrogen fertilization (60.3 kg·ha⁻¹) was applied on V3 and while the dose 94.8 kg·ha⁻¹ was used on V1 and V2. The doses of fertilizers were the same for all fertilizer variants. The highest yields of sugar beet (95.97 Mg·ha⁻¹) were obtained for variant V3. Humac Agro applied at 500 kg·ha⁻¹ resulted in an increase of the sugar yield by 29.6% in comparison to the control. The humus content in the soil, soil pH and content of available P, K, Mg, B, Mn, Cu, Zn and Fe were also increased.

Key words: Humac Agro, humic acids, sugar beet, yield, sugar content, soil properties