

ZRÓŻNICOWANIE ZAWARTOŚCI WYBRANYCH MIKROELEMENTÓW W GRUNTACH ORNYCH RÓŻNYCH KLAS BONITACYJNYCH NA PRZYKŁADZIE CZARNOZIEMÓW

Waldemar Martyn, Joanna Onuch-Amborska, Bożena Niemczuk

Instytut Nauk Rolniczych w Zamościu, Akademia Rolnicza w Lublinie

Wstęp

Prawidłowy rozwój roślin w produkcji rolniczej jest warunkiem osiągnięcia zadowalających plonów. Jednym z czynników niezbędnych roślinom do właściwego wzrostu jest obecność w glebie różnych pierwiastków, w tym także mikroelementów. Rośliny na ogół są bardziej wrażliwe na niedobór pierwiastków śladowych w glebach niż ich nadmierną koncentrację.

Zarówno miedź, jak również cynk są pierwiastkami warunkującymi odpowiedni rozwój roślin [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1993; TERELAK i in. 1998]. Niedobory miedzi w roślinach – zwłaszcza uprawnych – są ogólnie znane, ponieważ poprzez zaburzenia różnych procesów fizjologicznych mogą prowadzić do spadku plonowania. Cynk w roślinach jest istotnym składnikiem wielu enzymów [TERELAK i in. 1995]. Jego niedobór najszybciej objawia się u roślin jednoliściennych.

W glebach intensywnie użytkowanych rolniczo zawartość mikropierwiastków jest często modyfikowana przez zabiegi uprawowe [WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA 1998]. Dlatego też interesująca jest możliwość określenia zawartości mikroelementów w gruntach ornych różnych klas bonitacyjnych. Nie mniej istotna jest także forma występowania tych pierwiastków.

Materiał i metodyka

Analizą objęto typowo rolniczy obszar gminy Ulhówek powiatu Tomaszów Lubelski w województwie lubelskim. Do badań wybrano gleby intensywnie użytkowanych gruntów ornych gminy z wydzieleniem najlepszej oraz najgorszej klasy bonitacyjnej. W oparciu o przeglądową mapę klasyfikacji gruntów gminy Ulhówek w skali 1 : 10 000 wyznaczono największe skupiska poszczególnych klas bonitacyjnych tak, aby reprezentowały one teren całej gminy. Z warstwy ornej gleby (0–20 cm) pobrano po 6 prób I oraz IV klasy bonitacyjnej gruntów.

Próby glebowe wysuszono oraz przetarto przez sito o średnicy oczek 1 mm.

W tak przygotowanych próbach wykonano następujące oznaczenia:

- skład granulometryczny metodą Cassagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego,
 - odczyn gleby potencjometrycznie – pH w H_2O i 1 mol $KCl \cdot dm^{-3}$,
 - kwasowość hydrolityczną (Hh) metodą Kappena,
 - sumę zasadowych kationów wymiennych (S) metodą Kappena,
 - całkowitą pojemność sorpcyjną jako sumę Hh + S,
 - ogólną zawartość węgla organicznego metodą Tiurina,
 - różne formy miedzi i cynku metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA):
- 1) formy całkowite – oznaczone w mieszaninie stężonych kwasów HNO_3 i $HClO_4$,
 - 2) formy rozpuszczalne w 1 mol $HCl \cdot dm^{-3}$,
 - 3) formy wodnorozpuszczalne.

Zasobność gleb w mikroelementy określono w oparciu o liczby graniczne podane przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNG), dotyczące form rozpuszczalnych w 1 mol $HCl \cdot dm^{-3}$ [ANONIM 1990a].

Wyniki i dyskusja

Badaniami objęto teren gminy Ulhówek, w której użytki rolne stanowią niemal 84% ogólnej powierzchni. Wśród gruntów ornych zajmujących 74% powierzchni gminy [ANONIM 1996] dominują klasy bonitacyjne o najwyższej jakości. Klasa I zajmuje prawie 16% powierzchni gruntów ornych, klasa II – 42%, klasa III – 35%, klasa IV – 7%. Słabszej jakości grunty w tej gminie występują jedynie w postaci V klasy bonitacyjnej w bardzo znikomych ilościach 0,2% [ANONIM 1990b]. Opracowany przez IUNG [ANONIM 1990b] wskaźnik jakości rolniczej przestrzeni produkcyjnej gminy Ulhówek jest bardzo wysoki i wynosi 100,6 pkt.

Ogólną charakterystykę badanych gleb przedstawia tabela 1. Pod względem składu granulometrycznego gleby I klasy bonitacyjnej zaliczyć można do utworów pyłowych ilastych. Odczyn omawianych gleb wahał się między 5,0–7,2 dla pH w H_2O , zaś dla pH w 1 mol $KCl \cdot dm^{-3}$ między 4,9–7,1. Suma zasadowych kationów wymiennych w gruntach klasy I zawierała się w przedziale 13,5–49,3 $cmol(+) \cdot kg^{-1}$, zaś kwasowość hydrolityczna w tych glebach przyjmuje wartości 0,9–4,9 $cmol(+) \cdot kg^{-1}$. Całkowita pojemność sorpcyjna tych gleb, w której znaczną rolę odgrywają kationy zasadowe, przyjmuje wartości 18,4–50,2 $cmol(+) \cdot kg^{-1}$. Zawartość węgla organicznego w omawianych glebach wahała się od 1,3–2,2%.

Gleby IV klasy bonitacyjnej to piaski gliniaste. Odczyn tych gleb przyjmuje wartości dla pH w H_2O 4,8–6,4 oraz 3,9–6,1 dla pH w 1 mol $KCl \cdot dm^{-3}$. Zawartość występujących w kompleksie sorpcyjnym zasadowych kationów wymiennych jest niewielka i wynosi średnio 4,0 $cmol(+) \cdot kg^{-1}$. Natomiast kwasowość hydrolityczna w tych glebach przyjmuje wartości 1,1–3,3 $cmol(+) \cdot kg^{-1}$. Pojemność sorpcyjna gruntów klasy IV zawierała się w przedziale od 4,2 $cmol(+) \cdot kg^{-1}$ do niemal 10,0 $cmol(+) \cdot kg^{-1}$. Zawartość węgla organicznego w badanych gruntach wynosiła od 0,4–0,9%.

Tabela 1; Table 1

Wybrane właściwości fizykochemiczne badanych gleb I i IV klasy bonitacyjnej
Selected physico-chemical properties of analysed soils

Klasa bonitacyjna Soil class	Próba Sample	% frakcji o średnicy % fraction of diameter (mm)			pH		S	Hh	T	C org. Org. C
		1-0,1	0,1-0,02	< 0,02	H ₂ O	KCl				
I	1	0	58	42	7,2	7,1	49,3	0,9	50,2	1,3
	2	2	58	40	6,9	6,5	25,3	1,2	26,5	2,2
	3	32	27	41	5,0	4,9	13,5	4,9	18,4	2,0
	4	12	49	39	6,6	6,6	23,3	1,3	24,6	1,6
	5	5	57	38	7,2	7,0	21,2	1,8	23,0	1,7
	6	1	56	43	7,0	6,5	21,2	1,8	23,1	1,5
IV	7	67	22	11	5,9	5,4	3,2	1,5	4,7	0,8
	8	72	16	12	4,8	4,0	1,0	3,3	4,3	0,4
	9	74	15	11	5,0	3,9	1,6	2,6	4,2	0,6
	10	62	21	17	4,8	4,1	4,3	3,0	7,3	0,8
	11	2	59	39	6,6	6,5	8,8	1,1	9,9	0,9
	12	70	20	10	6,4	6,1	5,2	1,7	6,9	0,5

S - Suma zasadowych kationów; Sum of base exchange cation

Hh - Kwasowość hydrolityczna; Hydrolytic capacity

T - Pojemność sorpcyjna; Cation exchangeable capacity

Zawartość różnych form cynku i miedzi w glebach gminy Ułhówek przedstawia tabela 2. Całkowita zawartość cynku w glebach ornych I klasy bonitacyjnej wynosiła średnio 36,4 mg·kg⁻¹, zaś w gruntach klasy IV 14,4 mg·kg⁻¹. Tak więc w glebach I klasy bonitacyjnej znajdowało się ponad dwukrotnie więcej cynku niż w glebach klasy IV. Przy czym ilość cynku znajdującego się w glebach I klasy bonitacyjnej jest zbliżona do podawanej przez KABATĘ-PENDIAS i PENDIASA [1993] naturalnej zawartości tego pierwiastka w glebach Polski.

Zawartość form cynku rozpuszczalnego w 1 mol HCl·dm⁻³ w gruntach I klasy bonitacyjnej wahała się od 11,6–19,9 mg·kg⁻¹, wskazując na średnią zasobność [ANONIM 1990a]. W gruntach klasy IV zawartość tej formy cynku wynosiła 8,0–12,0 mg·kg⁻¹. Dla gleb lekkich występujących w omawianej klasie bonitacyjnej oznacza to wysoką zawartość [ANONIM 1990a]. Średni wskaźnik ruchliwości (tj. udziału określonej formy pierwiastka w jego całkowitej ilości) cynku rozpuszczalnego w 1 mol HCl·dm⁻³ w gruntach I klasy bonitacyjnej wynosił 47%, zaś w gruntach klasy IV niemal 72%. Tak więc przy zdecydowanie mniejszej zawartości tej formy cynku w glebach klasy IV zaobserwowano znacznie większą ruchliwość tego pierwiastka.

Grunty orne I klasy bonitacyjnej zawierały cynk rozpuszczalny w wodzie od 1,5–2,9 mg·kg⁻¹. Procentowy udział tej formy w jej całkowitej zawartości wahał się od 3,5–8,0%. W gruntach IV klasy bonitacyjnej zawartość cynku rozpuszczalnego w wodzie zawierała się w przedziale od 0,8–1,8 mg·kg⁻¹. Wskaźnik ruchliwości omawianej formy cynku w glebach wahał się od 5,3–11,2%. Należy tu zauważyć,

iz przy znacznie mniejszej zawartości formy ogólnej cynku oraz jego wodnorozpuszczalnej formy w gruntach IV klasy bonitacyjnej średni wskaźnik ruchliwości wynosi 8,5%, zaś w gruntach klasy I jest niższy i wynosi 5,7%.

Tabela 2; Table 2

Zawartość ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) różnych form miedzi i cynku w badanych glebach I i IV klasy bonitacyjnej

The contents ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) of total and mobile forms of copper and zinc in examined soils

Klasa bonitacyjna Soil class	Próba Sample	Cu całkowita Total Cu	Cu rozpuszczalna w Cu soluble in 1 mol $\text{HCl}\cdot\text{dm}^{-3}$	Cu rozpuszczalna w Cu soluble in H_2O	Zn Całkowity Total Zn	Zn rozpuszczalny w Zn soluble in 1 mol $\text{HCl}\cdot\text{dm}^{-3}$	Zn rozpuszczalny w Zn soluble in H_2O
I	1	9,2	6,8	0,6	33,0	19,9	1,5
	2	9,4	7,1	0,6	36,0	11,6	2,9
	3	11,4	7,0	0,7	40,0	17,3	1,4
	4	9,5	5,4	0,6	36,5	17,0	1,9
	5	9,8	5,8	0,6	37,0	18,0	1,9
	6	10,8	6,1	0,7	36,0	18,8	2,8
IV	7	3,4	1,8	0,3	17,0	10,1	0,9
	8	3,2	1,7	0,3	10,0	8,0	0,8
	9	3,2	1,5	0,3	11,0	9,0	0,8
	10	3,6	2,0	0,3	15,0	11,0	1,6
	11	4,1	2,4	0,3	17,5	12,0	1,5
	12	3,5	1,6	0,3	16,0	12,0	1,8

Ogólna zawartość miedzi w badanych glebach I klasy bonitacyjnej niemal trzykrotnie przewyższała zawartość tego pierwiastka w glebach klasy IV. Zawartość miedzi w glebach I klasy bonitacyjnej wahała się od 9,4–11,4 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, zaś w glebach klasy IV od 3,2–4,1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Niemniej jednak w obu omawianych przypadkach zawartość miedzi jest znacznie mniejsza od średniej podawanej przez KABATĘ-PENDIAS i PENDIASA [1993].

Grunty orne I klasy bonitacyjnej zawierały miedź w formie rozpuszczalnej od 5,4–7,1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w 1 mol $\text{HCl}\cdot\text{dm}^{-3}$. Wskazuje to na średnią, a w części spośród badanych gleb również na wysoką zasobność tego pierwiastka [ANONIM 1990a]. W glebach IV klasy bonitacyjnej znajdowała się miedź w formie rozpuszczalnej od 1,5–2,4 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w 1 mol $\text{HCl}\cdot\text{dm}^{-3}$, wskazując na średnią zasobność. Średni wskaźnik ruchliwości tej formy miedzi w gruntach I klasy bonitacyjnej wyniósł 64%, zaś w gruntach klasy IV – 51%.

Zawartość formy wodnorozpuszczalnej miedzi w gruntach I klasy bonitacyjnej wynosi 0,6 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, zaś w gruntach klasy IV – 0,3 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Procentowy udział tej formy miedzi w jej całkowitej zawartości był niewielki i wyniósł dla gruntów klasy I – 6,3%, zaś dla klasy IV – 8,5%.

Tabela 3; Table 3

Współczynniki korelacji między zawartością różnych form miedzi i cynku a niektórymi właściwościami fizykochemicznymi badanych gleb
Correlation coefficients between total and mobile forms of zinc and copper and physico-chemical properties of analysed soils

Klasa bonitacyjna Soil class	Badane właściwości Properties	Cu całkowita Total Cu	Cu rozpuszczalna w Cu soluble in 1 mol HCl-dm ⁻³	Cu rozpuszczalna w Cu soluble in H ₂ O	Zn Całkowity Total Zn	Zn rozpuszczalny Zn soluble in 1 mol HCl-dm ⁻³	Zn rozpuszczalny w Zn soluble in H ₂ O
I	pH w H ₂ O pH in H ₂ O	r.n.	r.n.	r.n.	-0,82*	r.n.	r.n.
	pH w KCl pH in KCl	-0,82*	r.n.	r.n.	-0,84*	r.n.	r.n.
	S	r.n.	r.n.	r.n.	-0,91*	r.n.	r.n.
	Hh	0,88*	r.n.	r.n.	0,87*	r.n.	r.n.
	T	r.n.	r.n.	r.n.	-0,87*	r.n.	r.n.
C org.; Org. C	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	-0,86*	r.n.	
IV	pH in H ₂ O	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
	pH in KCl	r.n.	r.n.	r.n.	0,82*	r.n.	r.n.
	S	0,96*	r.n.	r.n.	r.n.	0,89*	r.n.
	Hh	r.n.	r.n.	r.n.	-0,83*	r.n.	r.n.
	T	0,97*	0,84*	r.n.	r.n.	0,85*	r.n.
C org.; Org. C	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	

* – współczynniki są istotne z $p < 0,05$; correlation coefficient are significant at $p < 0.05$

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

S, Hh, T – jak w tab. 1; see Table 1

Całkowita zawartość miedzi oraz cynku w gruntach I klasy bonitacyjnej była ściśle skorelowana z kwasowością hydrolityczną. Zależności te statystycznie istotne wyrażone są dodatnimi wartościami współczynnika korelacji. Ujemną korelację stwierdzono pomiędzy całkowitą zawartością miedzi i cynku a odczynem, jak również między całkowitą zawartością cynku a sumą kationów zasadowych oraz pojemnością sorpcyjną. Cynk rozpuszczalny w 1 mol HCl-dm⁻³ był również ujemnie skorelowany z ogólną zawartością węgla.

W gruntach klasy IV zanotowano dodatnią korelację pomiędzy zawartością miedzi w formie ogólnej i cynku rozpuszczalnego w 1 mol HCl-dm⁻³ a sumą kationów zasadowych oraz pojemnością sorpcyjną. Całkowita zawartość cynku w tych glebach była dodatnio skorelowana z odczynem gleby (pH w 1 mol KCl-dm⁻³), ujemnie zaś z kwasowością hydrolityczną.

Podsumowując należy stwierdzić, że zawartość miedzi w badanych glebach, zarówno I jak i IV klasy bonitacyjnej, jest znacznie niższa od średniej zawartości tego pierwiastka w glebach Polski [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1993]. Może to być częściowo spowodowane intensywną produkcją rolną prowadzoną na badanym obszarze, przy jednoczesnym znikomym stosowaniu nawozów mineralnych. Należy tutaj także dodać, iż miedź w glebach jest silnie wiązana przez subs-

tancję organiczną oraz minerały ilaste [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1993], dlatego też współczynnik ruchliwości tego pierwiastka w formie bardzo łatwo rozpuszczalnej jest niższy w klasie bonitacyjnej najlepszej jakości.

Cynk jest jednym z najbardziej ruchliwych metali w glebie [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1993]. Ogólna zawartość tego pierwiastka w gruntach I klasy bonitacyjnej jest zbliżona do naturalnej jego zawartości w glebach Polski [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1993], w gruntach klasy IV natomiast jest ona ponad dwukrotnie niższa.

Zwiększone w IV klasie bonitacyjnej zawartości badanych pierwiastków w formach ruchliwych mogą powodować intensywne uwalnianie pierwiastków do roztworu glebowego. Zjawisko to może potęgować się w warunkach występujących w omawianej klasie, tj. kwaśnego odczynu gleb, małej pojemności kompleksu sorpcyjnego i niewielkiej zawartości substancji organicznej, co potwierdzają doniesienia innych autorów [TERELAK i in. 1998].

Wnioski

1. Intensywnie wykorzystywane rolniczo grunty orne I klasy bonitacyjnej zawierają zbliżoną do naturalnej ilość cynku oraz znacznie mniejszą ilość miedzi.
2. Grunty orne IV klasy bonitacyjnej charakteryzują się dwukrotnie niższą zawartością miedzi i cynku w stosunku do gruntów klasy I.
3. Przy zdecydowanie niższej zawartości formy ogólnej cynku i miedzi w gruntach ornych IV klasy bonitacyjnej zanotowano większą ruchliwość tych pierwiastków.

Literatura

ANONIM 1990a. *Zalecenia nawozowe. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów*. Wyd. IUNG Puławy, Ser. P(44): 26 ss.

ANONIM 1990b. *Warunki przyrodnicze do produkcji rolnej – woj. zamojskie*. Wyd. IUNG Puławy, Ser. A 81(48): 93 ss.

ANONIM 1996. *Powszechny spis rolny. Użytkowanie i jakość gruntów, powierzchnia zasiewów i zwierzęta gospodarskie w województwie zamojskim*. Urząd statystyczny w Zamościu, Zamość: 249 ss.

KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1993. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wyd. PWN, Warszawa: 364 ss.

TERELAK H., MOTOWICKA-TERELAK T., STUCZYŃSKI T. 1998. *Zawartość metali ciężkich i siarki w glebach użytków rolnych Wielkopolski na tle ich występowania w glebach całego kraju*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 460: 23–39.

TERELAK H., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., STUCZYŃSKI T., BUDZYŃSKA K., PIETRUCH Cz. 1995. *Zawartość metali ciężkich i siarki w glebach użytków rolnych Polski oraz ich zanieczyszczenie tymi składnikami*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418: 45–60.

WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA A. 1998. *Rola czynnika antropogenicznego w kształtowaniu właściwości chemicznych oraz zasobności w niektóre mikroelementy gleb wytworzonych z lessu*. Rozprawa hab. Wyd. AR Lublin: 67 ss.

Słowa kluczowe: miedź, cynk, mikroelementy w glebie

Streszczenie

W pracy przedstawiono zawartość różnych form cynku i miedzi w warstwie ornej gruntów. Badaniami objęto grunty orne I i IV klasy bonitacyjnej w gminie Ulhówek w województwie lubelskim. Zbadano zawartość formy całkowitej, rozpuszczalnej w 1 mol HCl·dm⁻³ oraz formy wodnorozpuszczalnej miedzi i cynku w glebach.

Stwierdzono, że badane grunty I klasy bonitacyjnej zawierały średnio w formie ogólnej 36,4 mg Zn·kg⁻¹ oraz 10,0 mg Cu·kg⁻¹. Natomiast grunty IV klasy bonitacyjnej zawierały średnio w formie ogólnej 14,4 mg Zn·kg⁻¹ i 3,5 mg Cu·kg⁻¹.

Zawartość form cynku i miedzi rozpuszczalnych w 1 mol HCl·dm⁻³ w gruntach I klasy bonitacyjnej wahała się odpowiednio od 11,6–19,9 mg·kg⁻¹ i 5,4–7,1 mg·kg⁻¹, wskazując na średnią zasobność. W gruntach klasy IV zawartość tej formy cynku wynosiła 8,0–12,0 mg·kg⁻¹, zaś miedzi w tej formie 1,5–2,4 mg·kg⁻¹.

Zawartość formy wodnorozpuszczalnej miedzi w gruntach I klasy bonitacyjnej wynosiła 0,6 mg·kg⁻¹, zaś w gruntach klasy IV – 0,3 mg·kg⁻¹. Grunty orne I klasy bonitacyjnej zawierały cynku rozpuszczalnego w wodzie od 1,5–2,8 mg·kg⁻¹, zaś w gruntach klasy IV znajdowało się tej formy cynku 0,8–1,8 mg·kg⁻¹.

Zanotowano także znacznie większą ruchliwość cynku i miedzi w gruntach ornych IV klasy bonitacyjnej w stosunku do gruntów I klasy bonitacyjnej, przy zdecydowanie niższej zawartości formy ogólnej tych pierwiastków.

DIVERSITY OF SELECTED MICROELEMENT CONTENTS IN ARABLE GROUNDS OF DIFFERENT SOIL QUALITY CLASSES ON AN EXAMPLE OF BLACK-EARTHS

Waldemar Martyn, Joanna Onuch-Amborska, Bożena Niemczuk

Institut of Agricultural Sciences in Zamość, Agricultural University, Lublin

Key words: copper, zinc, microelement in soil

Summary

The contents of different forms of zinc and copper in arable soil layer were depicted in this work. Arable lands of the first and fourth soil quality classes in Ulhówek commune (Lublin province) were tested. The contents of total forms, dissolvable in 1 mol HCl·dm⁻³ and water-soluble forms of copper and zinc in soils were studied.

It was found that tested soils of the first quality class contained 36.4 mg Zn·kg⁻¹ and 10.0 mg Cu·kg⁻¹ in total form, on average. However, the fourth soil class grounds contained 14.4 mg Zn·kg⁻¹ and copper in total form 3.5 mg·kg⁻¹.

The contents of zinc and copper forms dissolvable in 1 mol HCl·dm⁻³, in the first quality class grounds varied from 11.6 to 19.9 mg·kg⁻¹ and from 5.4 to 7.1 mg·kg⁻¹, respectively. That indicates the average abundance. In the fourth soil class the content of that zinc form was about 8.0–12.0 mg·kg⁻¹, and of that form

of copper 1.5–2.4 mg·kg⁻¹.

The content of water-soluble copper in first soil class grounds amounted to 0.6 mg·kg⁻¹, while in the fourth class grounds it was about 0.3 mg·kg⁻¹. The arable lands of the first soil class contained water-soluble zinc 1.5–2.8 mg·kg⁻¹, while in the fourth class grounds its content varied from 0.8 to 1.8 mg·kg⁻¹.

Moreover, it was noted that in the arable lands of fourth soil class, the mobility of zinc and copper is much greater and the content of total form of these elements and is definitely lower, than in the first soil class arable lands.

Dr hab. Waldemar **Martyn**, prof. AR
Instytut Nauk Rolniczych w Zamościu
Akademia Rolnicza
ul. Szczepkowska 102
22-400 ZAMOŚĆ