

WPLYW TOKSYCZNEJ DAWKI MIEDZI LUB CYNKU NA ZAWARTOŚĆ RÓŻNYCH FRAKCJI ZWIĄZKÓW AZOTOWYCH W ROŚLINACH MOTYLKOWYCH

Antoni Rogóż

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

Wstęp

W naturalnych warunkach glebowych miedź i cynk pochodzą ze skały macierzystej, rozłożonego materiału biologicznego. Również pierwiastki te mogą być pochodzenia antropogenicznego, potwierdzają to badania GAMBUSIA [1989] oraz TERELAKA i in. [1995].

Dla zabezpieczenia roślin przed fitotoksycznym wpływem i ochroną aktywności biologicznej gleby w IUNG w Puławach w 1993 opracowano i ustalono dopuszczalną zawartość miedzi w glebach użytkowanych rolniczo na poziomie $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, a dla cynku $250\text{--}300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Z badań przeprowadzonych przez GORLACHA [1986], GAMBUSIA [1987], STRZELEC [1982; 1998] i ROGÓŻA [1996] wynika, że o pobraniu miedzi, cynku oraz o rozwoju i działalności mikroflory glebowej (np. *Rhizobium*) decyduje wiele czynników, np.: odczyn gleby, zawartość metali ciężkich i pestycydów, liczebność i skład rodzajowy mikroflory obecnej w glebie itp. JURKOWSKĄ i in. [1982] stwierdziła, że szczepienie nasion nitraginą, wapnowanie oraz nawożenie mikroelementami wpływało na ilość przyswojonego azotu. STRZELEC [1982, 1988a, 1988b] podkreśla, że każdy z wymienionych czynników – zarówno sam, jak i w koordynacji z innymi – może stymulować, względnie hamować rozwój bakterii brodawkowych *Rhizobium*, a tym samym wpływać na aktywną symbiozę. Autorka podkreśla również, że aktywność i rozwój mikroflory glebowej w dużym stopniu zależą od rozpuszczalności i ruchliwości jonów tych metali w środowisku glebowym. Maliszewska [cyt. za STRZELEC 1982] stwierdza, że miedź dodana w ilości $10\text{--}100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby w formie siarczanu miedzi wpływa hamująco na rozwój bakterii, promieniowców, azotobacteria, natomiast stymulująco na rozwój grzybów. Również dodany siarczan cynku do gleby wpływał na zmiany liczebności bakterii, promieniowców, grzybów, azotobacteria i mikroflory celulolitycznej. Działanie siarczanu miedzi było silniejsze niż siarczanu cynku. O negatywnym wpływie metali ciężkich na wzrost i rozwój roślin oraz aktywność biologiczną drobnoustrojów informują badania przeprowadzone przez NIKLINSKĄ i CHMIEL [1997]. Autorki stwierdzają również, że w terenach narażonych na stały dopływ toksycznych metali ciężkich,

niektóre grupy mikroorganizmów posiadają nabytą odporność na te pierwiastki, w wyniku tego występują zmiany aktywności niektórych enzymów oraz zaburzenia w procesach mikrobiologicznych.

Z przeglądu literatury zebranej przez SZKOLNIKA [1980] wynika, że obecność miedzi jest niezbędna do utrzymania odpowiednio wysokiej zawartości leghemoglobiny w brodawkach korzeniowych, a w przypadku niedoboru słabnie symbiotyczne wiązanie azotu. Istnieje ściśle powiązanie procesu fotosyntezy z procesem wiązania azotu cząsteczkowego przez bakterie *Rhizobium*. W przypadku cynku nie stwierdzono jego bezpośredniego uczestnictwa w procesie wiązania azotu atmosferycznego, natomiast niedobór tego kationu prowadzi do silnej kumulacji związków azotowych niebiałkowych.

Celem pracy było porównanie wpływu toksycznej dawki miedzi lub cynku na zawartość różnych frakcji związków azotowych w roślinach motylkowych.

Materiały i metodyka

Doświadczenie wazonowe przeprowadzono w 1996 r. na glebie pobranej z wierzchniej warstwy gruntów ornich o składzie granulometrycznym – piasku gliniastego mocnego, o odczynie lekko kwaśnym pH (w roztworze KCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) = 5,8. Zawartość azotu ruchliwego wynosiła $81 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby, natomiast zawartość miedzi i cynku w formie rozpuszczalnej oznaczona w wyciągu HCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ kształtowała się na poziomie: dla miedzi 2,92, a dla cynku $21,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby.

Doświadczenie obejmowało 2 bloki po 2 serie i trzy gatunki roślin motylkowych:

- blok A – obiekt kontrolny oraz obiekt z toksyczną dawką miedzi,
- blok B – obiekt kontrolny oraz obiekt z toksyczną dawką cynku.

Doświadczenie przeprowadzono w wazonach napełnionych 5-ma kg powietrznie suchej gleby, stosując podstawowe nawożenie mineralne w postaci chemicznie czystych soli w dawkach: 0,05 g N w postaci NH_4NO_3 jako dawka startowa; 0,8 g K_2O w KCl; 0,5 g P_2O_5 w $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ oraz 0,2 Mg w $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Do wymuszonego skażenia gleby użyto soli czystej do analiz (cz.d.a.) w formie octanu miedzi lub cynku w dawkach: 50 mg Cu i 250 mg Zn $\cdot \text{kg}^{-1}$ gleby, co w przeliczeniu wynosi 250 mg Cu na wazon lub 1250 mg Zn na wazon.

Bezpośrednio przed wysiewem nasion do gleby dodano wodną zawiesinę bakteryjną z rodzaju *Rhizobium* odpowiednią dla danego gatunku roślin: bób – AS, łubin – ŁA₁, koniczyna – C₃₇. Użyto trzech gatunków roślin motylkowych: bobu odmiany Winsor Biały, łubinu pastewnego oraz koniczyny czerwonej odmiany Hrubieszowska.

Rośliny zebrano w pełni kwitnienia, zwracając szczególną uwagę na ilość, wielkość oraz wygląd brodawek występujących na korzeniach. Zebrany materiał roślinny wysuszono w temperaturze 80°C , zważono, rozdrobniono, a uzyskane wyniki poddano obliczeniom statystycznym. W tak przygotowanym materiale roślinnym wykonano następujące oznaczenia:

- azot ogólny metodą destylacyjną Kjeldahla przy użyciu analizatora automatycznego Kjeltak Auto II Plus,

- azot białkowy metodą Bernsteina,
- azot azotanowy metodą kolorymetryczną z udziałem kwasu fenolodwusulfonowego,
- miedź i cynk oznaczono po spopieleniu materiału roślinnego na sucho metodą atomowej spektrofotometrii absorbcyjnej.

Wyniki

Zastosowana dawka miedzi w ilości 50 mg Cu lub cynku 250 mg Zn·kg⁻¹ gleby, przekracza w znacznym stopniu wymagania pokarmowe roślin. Dawki te spowodowały obniżkę wielkości uzyskanego plonu części nadziemnych i korzeni roślin bobu, w mniejszym stopniu łubinu, nie zmieniając w wyraźnym stopniu plonów koniczyny w stosunku do obiektu kontrolnego. Dawka miedzi obniżyła plon części nadziemnych bobu o 20%, a korzeni o 37%, natomiast w przypadku cynku odpowiednio o 16% i 25%.

Wprowadzona do gleby toksyczna dawka miedzi lub cynku w postaci soli octanowych w nieznacznym stopniu wpłynęła na zmiany stopnia zakwaszenia gleby (tab. 1).

Tabela 1; Table 1

Plony części nadziemnych i korzeni roślin motylkowych (w g suchej masy na wazon)
Yields of shoots and roots of legumes (g dry matter per pot)

Roślina; Plant	Kombinacja Treatment	Części nadz.; Tops		Korzenie; Roots		pH _{KCl}
		plon; yield x̄	%*	plon; yield x̄	%*	
Bób Faba beans	0	36,91	100	14,25	100	5,7
	+Cu	29,69	80,4	9,04	63,4	5,9
	+Zn	30,83	83,5	10,7	74,8	6,0
NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}		3,15		0,99		-
Łubin; Lupine	0	11,03	100	3,68	100	5,9
	+ Cu	10,14	91,3	2,53	68,8	6,0
	+ Zn	9,08	82,3	2,50	67,9	6,0
NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}		2,61		1,25		-
Koniczyna czerw. Red clover	0	17,84	100	6,83	100	6,0
	+ Cu	21,47	120,2	6,49	95,0	6,1
	+ Zn	18,18	101,9	5,27	77,2	6,2
NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}		2,21		1,28		-

* - % uzyskanego plonu w stosunku do obiektu kontrolnego; obtained yield related to control object (%)

Po zbiorze roślin motylkowych przeprowadzono wizualną ocenę ilości i wielkości brodawek korzeniowych (tab. 2). O wielkości i ilości brodawek korzeniowych decydowały czynniki: specyfika zastosowanych szczepów typu *Rhizobium* dla danego gatunku rośliny, system korzeniowy oraz rodzaj zastosowanego kationu. Pierwiastki te wpływały ograniczająco na ilość i wielkość brodawek powsta-

łych na systemie korzeniowym bobu i łubinu, w porównaniu do wielkości i ilości brodawek w obiektach kontrolnych, natomiast nie miały istotnego wpływu w przypadku koniczyny czerwonej (tab. 2).

Tabela 2; Table 2

Wizualna ocena ilości i wielkości brodawek korzeniowych
Visual estimation of the number and size of root verucca on legumes

Kombinacje Combination	Ilość brodawek Verucca number	Wielkość brodawek Verucca size
Bób; Faba beans		
0	+++	++++
+ Cu	++	+++
+ Zn	++	++
Łubin; Lupine		
0	++	+++
+ Cu	+	++
+ Zn	+	+
Koniczyna czerwona; Red clover		
0	++	++
+ Cu	++	++
+ Zn	++	++

Legenda: (ilość i wielkość brodawek korzeniowych); Explanation: (amount and size of veruccas)

- +++++ bardzo dużo, duże; great amount, great size
 ++++ dużo, średnio duże; a number, middle size
 +++ średnie, średnio; medium amount, middle size
 ++ mało, małe; small amount, small size
 + nieliczne, bardzo małe; a few, very small size

Tabela 3; Table 3

Zawartość i pobranie ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ na wazon) miedzi oraz cynku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)
przez rośliny motylkowe

Contents and uptake of copper ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ per pot) and zinc ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM) by the legumes

Roślina; Plant	Kombinacje Treatment	Części nadz.; Tops		Korzenie; Roots	
		zawartość content ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	pobranie na wazon uptake per pot (mg)	zawartość content ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	pobranie na wazon uptake per pot (mg)
Cu					
Bób; Faba beans	0	3,97	0,15	8,18	0,12
	+Cu	13,36	0,40	121,2	1,10
Łubin; Lupine	0	4,78	0,06	6,38	0,02
	+Cu	13,06	0,13	62,3	0,16
Kon. czer.; Red clover	0	5,10	0,06	13,59	0,09
	+Cu	13,49	0,29	99,38	0,64
Zn					
Bób; Faba beans	0	74,35	2,74	121,78	1,74
	+Zn	520,93	16,06	1310,0	13,96
Łubin; Lupine	0	101,2	1,23	181,44	0,67
	+Zn	439,80	3,99	1190,0	2,98
Kon. czer.; Red clover	0	87,98	1,57	151,95	1,04
	+Zn	518,73	9,43	1308,8	6,90

Wymuszony wzrost zawartości miedzi lub cynku w glebie, w formach rozpuszczalnych, wyraźnie wpłynął na zawartość oraz pobranie tych pierwiastków – przekraczając rzeczywiste zapotrzebowanie roślin motylkowych na te pierwiastki. Szczególnie wysoką koncentracją w miedzi i cynku odznaczały się korzenie bobu, w mniejszym zakresie korzenie łubinu i koniczyny, w porównaniu do obiektu o naturalnej zawartości tych pierwiastków. Zawartość tych kationów była od kilku do kilkunastu razy wyższa w korzeniach niż w części nadziemnych (tab. 3).

Toksyczna dawka miedzi lub cynku wpływała na obniżenie zawartości azotu związanego przez bakterie brodawkowe typu *Rhizobium* i dostarczenie tegoż składnika do części nadziemnych roślin motylkowych oraz na jego przemiany (tab. 4).

Tabela 4; Table 4

Zawartość różnych form azotu w częściach nadziemnych
i korzeniach roślin motylkowych

Contents of various nitrogen forms in above-ground parts and roots
of legumes

Roślina; Plant	Kombinacje Treatment	Zaw. N ogólnego Total N (%)	Zaw. N białkowego Protein N (%)	Zaw. N azotanowego Nitrate N (%)	Zaw. N innych form Other N forms (%)
Części nadziemne; Tops					
Bób Faba beans	0	3,35	2,46	0,05	0,84
	+ Cu	2,74	2,68	0,02	0,04
	+ Zn	2,79	2,50	0,02	0,27
Łubin; Lupine	0	2,48	2,31	0,02	0,15
	+ Cu	2,85	2,36	0,02	0,47
	+ Zn	2,73	2,37	0,03	0,34
Koniczyna czer. Red clover	0	2,61	2,22	0,02	0,38
	+ Cu	2,58	2,00	0,01	0,57
	+ Zn	2,30	1,91	0,02	0,38
Korzenie; Roots					
Bób Faba beans	0	2,60	1,86	0,01	0,73
	+ Cu	2,65	2,12	0,02	0,50
	+ Zn	2,37	1,96	0,02	0,39
Łubin; Lupine	0	1,54	1,19	0,06	0,28
	+ Cu	1,41	1,10	0,11	0,20
	+ Zn	1,40	1,20	0,07	0,13
Koniczyna czer. Red clover	0	2,66	1,98	0,02	0,66
	+ Cu	2,32	1,95	0,01	0,36
	+ Zn	2,15	1,92	0,01	0,22

Najwyższą zawartość azotu ogólnego oznaczono w częściach nadziemnych i korzeniach bobu na glebie o naturalnej zawartości metali ciężkich. Dawka 50 mg Cu·kg⁻¹ gleby obniżyła zawartość azotu ogólnego w częściach nadziemnych bobu o 18% w stosunku do obiektu kontrolnego, nie wystąpiły istotne różnice w korzeniach. Natomiast dawka cynku w ilości 250 mg·kg⁻¹ gleby obniżyła zawartość azotu ogólnego w częściach nadziemnych bobu o 17%, a w korzeniach o 9% w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Zastosowana dawka Cu lub Zn wpływała ograniczająco na pobranie azotu przez rośliny motylkowe. Dawka miedzi ograniczyła pobranie azotu przez części nadziemne i korzenie bobu około 35%, natomiast dawka cynku około 31% w stosunku do obiektu kontrolnego.

Dawki tych pierwiastków być może wpływają na przemiany azotu związane przez bakterie brodawkowe roślin motylkowych, a tym samym na zmiany w zawartości poszczególnych frakcji związków azotowych w azocie ogólnym (N ogólny = N białkowy + N azotanowy + inne frakcje azotu nieoznaczone).

Zawartość azotu białkowego nie zależała od dawki zastosowanego pierwiastka, natomiast zmieniał się udział N białkowego w N ogólnym. Udział azotu białkowego w N ogólnym w częściach nadziemnych roślin kształtował się od 73% do 98%, a w korzeniach od 72% do 89% i zależał od gatunku rośliny.

Toksyczna dawka Cu lub Zn być może oddziaływała na zawartość innych frakcji związków azotowych w korzeniach i częściach nadziemnych roślin motylkowych, a tym samym na przemiany azotu, w porównaniu z obiektem kontrolnym. Ilość azotu zgromadzona w częściach nadziemnych stanowiła 77% w stosunku do azotu ogólnie związanego przez rośliny bobu, natomiast w częściach nadziemnych lubinu 89%, a koniczyny 79%.

W wyniku wymuszonego skażenia gleby miedzią lub cynkiem zawęzał się wyraźnie stosunek azotu ogólnego i białkowego do tych pierwiastków, w porównaniu z obiektem kontrolnym.

Wnioski

1. Toksyczna dawka miedzi lub cynku wpływała ograniczająco na plonowanie części nadziemnych i korzeni roślin motylkowych grubonasiennych, nieznacznie podnosząc plon części nadziemnych koniczyny. Dawki tych pierwiastków wpłynęły niekorzystnie na ilość i wielkość wykształconych brodawek korzeniowych, które decydują o ilości związanego azotu z atmosfery.
2. Wzrost zawartości miedzi lub cynku w formach rozpuszczalnych wpłynął na koncentrację tych pierwiastków w częściach nadziemnych i korzeniach roślin motylkowych, a pobranie tych kationów znacznie przekraczało rzeczywiste zapotrzebowanie roślin. Stopień nagromadzenia oraz rozmieszczenie miedzi lub cynku w poszczególnych częściach rośliny był zróżnicowany i zależał od gatunku, części rośliny oraz zastosowanego pierwiastka.
3. Zastosowane dawki miedzi lub cynku w ilości 50 mg Cu i 250 mg Zn·kg⁻¹ gleby obniżyły % zawartość N ogólnego w częściach nadziemnych bobu, natomiast nieznacznie w pozostałych roślinach testowych.
4. Kationy te nie miały istotnego wpływu na % zawartość azotu białkowego, natomiast zmienił się udział N białkowego w N ogólnym w zależności od zastosowanego kationu, gatunku i części rośliny. Toksyczna dawka Cu lub

Zn oddziałuje w różnym stopniu na zawartość innych frakcji związków azotowych w korzeniach i częściach nadziemnych roślin motylkowych, co być może wynika z przemian tych związków.

Literatura

- GAMBUŚ F. 1989. *Wpływ pH i zawartość materii organicznej na sorpcję Cu w glebie i jej pobieranie przez rośliny*. Acta Agraria et Silvestria, Ser. Agr. Vol 38: 51–59.
- GAMBUŚ F. 1987. *Pobieranie miedzi przez różne gatunki roślin w zależności od pH i innych właściwości gleby*. Acta Agraria et Silvestria, Ser. Agr. Vol 26: 93–107.
- GORLACH E. 1986. *Przemiany miedzi w glebie w aspekcie jej dostępności dla roślin*. Post. Nauk Rol. 4: 45–49.
- JURKOWSKA H., ROGÓZ A., WIŚNIEWSKA-KIELIAN B. 1982. *Wpływ nawożenia mikroelementami na zawartość azotu koniczyny białej*. Acta Agraria et Silvestria, Ser. Agr. Vol. 21: 79–91.
- NIKLIŃSKA M., CHMIEL M. 1997. *Porównanie oporności na metale ciężkie u mikroorganizmów glebowych z rejonów silnie zanieczyszczonych miedzią lub cynkiem. W: Drobnoustroje w środowisku. Występowanie aktywność i znaczenie*. Kraków: 491–503.
- Praca zbiorowa. 1993. *Ocena stopnia zanieczyszczenia gleby i roślin metalami ciężkimi i siarką*. IUNG-Puławy.
- ROGÓZ A. 1996. *Zawartość i pobranie niektórych mikroelementów i metali ciężkich przez słonecznik i kukurydzę w zależności od dawki wapna*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418: 45–59.
- STRZELEC A. 1982. *Wpływ miedzi i cynku na tempo zanikania atrazyny i rozwój mikroflory glebowej*. Roczn. Gleb. 33(1/2): 61–71.
- STRZELEC A. 1988a. *Symbiotyczne wiązanie wolnego azotu. Cz. I. Znaczenie bakterii symbiotycznych, ich występowanie w glebie i szczepionki Rhizobium dla roślin motylkowych*. Post. Nauk Rol. 4: 17–30.
- STRZELEC A. 1988b. *Symbiotyczne wiązanie wolnego azotu. Cz. II. Wpływ właściwości biotycznych i odczynu gleb na zdolność konkurencyjną szczepów Rhizobium i ich symbiozę z roślinnym gospodarzem*. Post. Nauk Rol. 5/6: 19–28.
- SZKOLNIK M. 1980. *Mikroelementy w życiu roślin*. PWRiL: 136–186.
- TERELAK H., PIOTROWSKA M., MOTAWIECKA-TERELAK T., STUCZYŃSKI T., BUDZYŃSKA K. 1995. *Zawartość metali ciężkich i siarki w glebach użytków rolnych Polski oraz ich zanieczyszczenie tymi składnikami*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418: 45–59.

Słowa kluczowe: zawartość, pobranie, toksyczność, miedź, cynk, bób, łubin, koniczyna czerwona

Streszczenie

Celem niniejszej pracy było porównanie wpływu toksycznych dawek miedzi lub cynku na zawartość frakcji związków azotowych w roślinach motylkowych.

Zastosowana toksyczna dawka miedzi lub cynku w ilości 50 mg Cu i 250 mg Zn·kg⁻¹ gleby ograniczały wzrost i rozwój roślin motylkowych, powodując spadek plonów części nadziemnych i korzeni bobu i łubinu w stosunku do obiektu

kontrolnego, nie zmieniając w wyraźnym stopniu plonów koniczyny.

Wzrost zawartości miedzi i cynku w formach rozpuszczalnych w glebie spowodował podwyższenie ich koncentracji. Pobranie tych pierwiastków znacznie przekraczało rzeczywiste zapotrzebowanie roślin. Ilość pobranej miedzi lub cynku przez rośliny motylkowe była zróżnicowana i zależała od gatunku, części rośliny oraz od wielkości dawki zastosowanego kationu. Korzenie roślin motylkowych gromadziły znacznie więcej tych kationów niż części nadziemne. Dawki tych kationów wpłynęły niekorzystnie na ilość i wielkość brodawek korzeniowych, które decydują o ilości azotu związanego z atmosfery i przemieszczonego z korzeni do części nadziemnych roślin.

Zastosowana dawka miedzi lub cynku spowodowały obniżenie zawartości N ogólnego w korzeniach i częściach nadziemnych roślin bobu w porównaniu z obiektem kontrolnym, natomiast w mniejszym stopniu koniczyny i łubiu. Na ogół kationy te nie miały istotnego wpływu na zawartość N białkowego, natomiast zmienił się udział N białkowego w N ogólnym w zależności od zastosowanego kationu, gatunku i części rośliny. Toksyczne dawki Cu i Zn oddziaływały w różnym stopniu na zawartość azotu azotanowego oraz pozostałą część azotu nieoznaczonego – tak w korzeniach, jak i częściach nadziemnych roślin motylkowych – w porównaniu z obiektem kontrolnym.

THE INFLUENCE OF TOXIC COPPER OR ZINC DOSE ON THE CONTENTS OF NITROGEN COMPOUND FRACTIONS IN THE LEGUMES

Antoni Rogóż

Department of Agricultural Chemistry, Agricultural University, Kraków

Key words: content, uptake, toxicity, copper, zinc, faba beans, lupine, red clover

Summary

The study aimed at comparison of toxic doses of copper or zinc on the contents of nitrogen compounds in the legumes.

Applied toxic doses of copper or zinc (50 mg Cu or 250 mg Zn·kg⁻¹ of soil) limited growth and development of the legumes, decreased yield of shoots and roots of faba beans and lupine in relation to the control, but did not significantly change the yield of clover.

An increase in the contents of soluble copper and zinc forms in soil increased their concentration: their uptake considerably exceeded actual plant requirements. The amount of copper or zinc taken up by the legumes was differentiated and dependent on the species, part of plant and a dose of applied cation. Legume roots accumulated much more of those cations than the shoots.

Cation doses affected unfavorably the number and size of root veruccas, what determined the amount of nitrogen fixed from the atmosphere and translocated from roots to the shoots of plants. Applied dose of copper or zinc decreased the total N contents in either, roots and shoots of faba beans as compared to the control; however it was less evident for clover and lupine. Generally

these cations did not significantly affect the protein N content, but the proportion of protein N in total N changed according to applied cation, plant species and part of plant. Toxic doses of Cu and Zn influenced to various extent the nitrate N contents and undetermined remaining part of nitrogen in either, the roots and aboveground parts of legumes, as compared to the control.

Dr inż. Antoni **Rogóż**
Katedra Chemii Rolnej
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja
al. A. Mickiewicza 21
31-120 KRAKÓW