

WPLYW MIEDZI I CYNKU NA PROCES WIĄZANIA N₂ PRZEZ BAKTERIE SYMBIOTYCZNE BOBIKU

Tadeusz Curyło

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

Wstęp

Rośliny strączkowe odznaczają się wieloma cechami biologicznymi, warunkującymi ich plonowanie. Jedną z nich jest specyficzny metabolizm azotowy, wykorzystujący wysoce energetyczny proces wiązania azotu atmosferycznego przez symbiotyczne bakterie z rodzaju *Rhizobium*. W ostatnich latach nastąpił widoczny postęp biologiczny we wszystkich grupach roślin strączkowych, co stwarza realne podstawy do zwiększenia ich uprawy z uwagi na cenne walory gospodarcze jak i na postępującą ekologizację rolnictwa. Odnosi się to również do bobiku [NALBORCZYK 1993].

Przebieg i wydajność procesu wiązania azotu atmosferycznego uwarunkowana jest swoistymi właściwościami drobnoustrojów mających tę zdolność, a także warunkami środowiska w jakich proces się odbywa [STRZELEC 1988; RUSZKOWSKA 1991; MENGEL 1994]. Bardzo ważną rolę odgrywa odpowiednie zaopatrzenie rośliny-gospodarza w składniki mineralne zarówno makroelementy, jak i mikroelementy. Spośród mikroelementów stosunkowo dobrze została poznana rola molibdenu, żelaza i kobaltu w wiązaniu N₂. Ważną rolę spełnia także bor, który w sposób pośredni oddziałuje na przebieg procesu wiązania azotu. Mało natomiast wiadomo o wpływie miedzi na ten proces. Wykazano wprawdzie, że niedobór tego pierwiastka zakłóca przebieg procesu wiązania N₂, lecz jego rola nie została w pełni wyjaśniona [HALLSWORTH i in. 1960; VAN DER ELST i in. 1961; SELIGA 1990, 1996; RUSZKOWSKA 1991].

Także niektóre inne mikroelementy odgrywają prawdopodobnie pewną rolę w procesie wiązania azotu przez bakterie symbiotyczne. Odnosi się to między innymi do cynku, którego zawartość w brodawkach korzeniowych roślin motylkowatych jest znacznie większa niż w korzeniach [RUSZKOWSKA 1991]. W ostatnich latach dużo uwagi poświęca się oddziaływaniu pierwiastków z grupy metali ciężkich na wzrost roślin motylkowatych i proces wiązania azotu. Występowanie tych pierwiastków w podłożu wpływa na ogół ujemnie na przebieg procesu wiązania N₂ [STRZELEC, OROŃ 1987; RUSZKOWSKA, WOJCIESKA-WYSKUPAJTYS 1996; EL-KENAWY i in. 1997; CURYŁO 1999a, 1999b].

Celem podjętych badań było określenie wpływu miedzi i cynku na aktywność nitrogenazy bakterii brodawkowych oraz plon i ilość związanego azotu przez rośliny bobiku, uprawianego w warunkach doświadczenia wazonowego.

Materiały i metody

Badania prowadzono w warunkach wazonowych (1998 r.) na glebie brunatnej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego (15% cząstek < 0,02 mm) i następujących właściwościach: pH w H_2O – 5,60, pH w 1 mol $KCl \cdot dm^{-3}$ – 4,86, pojemność sorpcyjna (T) – 88 $mmol(+) \cdot kg^{-1}$, materia organiczna – 2,80% oraz 0,48 mg Cu i 7,40 mg Zn $\cdot kg^{-1}$ (ekstrakcja 0,1 mol $CaCl_2 \cdot dm^{-3}$) [HOUBA i in. 1994]. Schemat doświadczenia obejmował 5 obiektów (w 6 powtórzeniach) o zróżnicowanym poziomie nawożenia miedzią i cynkiem. Zastosowano następujące dawki: miedź – 5,0 mg i 15 $mg \cdot kg^{-1}$ w formie $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$; cynk – 20 mg i 60 $mg \cdot kg^{-1}$ gleby jako $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$. Jako nawożenie podstawowe zastosowano 0,1 g N na wazon w formie NH_4NO_3 , 0,3 g P i 1,0 g K na wazon jako KH_2PO_4 i KCl oraz 0,3 g Mg na wazon ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$). Składniki pokarmowe (w formie wodnego roztworu) wymieszano z całą masą gleby w wazonie (5,0 kg pow. suchej masy). Nasiona bobiku (odmiana Nadwiślański) przed siewem namoczono w wodzie (przez 12 godzin) i zaprawiono wodną zawiesiną szczepu bakterii brodawkowych. Siewu dokonano w dniu 8.04.1998 r., wyrównując po wschodach ilość roślin do 5 w wazonie. Pierwszy zbiór (3 powtórzenia) przeprowadzono w czasie kwitnienia roślin, natomiast drugi (3 powtórzenia) w fazie pełnej dojrzałości bobiku. Wilgotność gleby w wazonie w czasie wegetacji roślin utrzymywano początkowo na poziomie 50%, a następnie 60% maksymalnej pojemności wodnej, stosując wodę destylowaną. Analizę statystyczną plonów oceniono za pomocą testu t-Studenta.

W fazie kwitnienia zebrano rośliny z 3 powtórzeń w celu oznaczenia aktywności nitrogenazy bakterii oraz ilości i masy brodawek korzeniowych. Aktywność nitrogenazy oznaczono na podstawie zdolności redukcji etynu do etenu przez bakterie symbiotyczne [HARDY i in. 1973]. Oznaczenie ilości wytworzonego etenu wykonano na chromatografie gazowym Hewlett Pacard 5890 ser. II. Postępowanie analityczne podano we wcześniejszej publikacji [CURYŁO 1999b]. W materiale roślinnym z 1 i 2 zbioru, po wysuszeniu i rozdrobnieniu na młynku bijakowym, wykonano następujące oznaczenia:

- azot ogólny metodą Kjeldahla, na automatycznym zestawie Kjeltec Tecator,
- zawartość miedzi i cynku za pomocą absorpcyjnej spektrofotometrii atomowej (aparatury firmy Philips PU 9100X), po mineralizacji na sucho i rozpuszczeniu popiołu w HNO_3 .

Wyniki i dyskusja

Nawożenie miedzią i cynkiem wpłynęło na ilość i masę brodawek oraz aktywność nitrogenazy korzeni bobiku w okresie kwitnienia (tab. 1). Efekt ten zależał od składnika i jego dawki. Tylko wyższa dawka miedzi (15 $mg \cdot kg^{-1}$) zwiększyła badane wskaźniki biochemiczne, w największym stopniu liczbę brodawek (o 38%), następnie aktywność nitrogenazy (o 20%), a najmniej suchą masę brodawek (o 10% w stosunku do kontroli). Przeciwny efekt dało stosowanie cynku w wyższej dawce (60 $mg \cdot kg^{-1}$), obniżając odpowiednie wskaźniki o 32, 13 i 20%.

Tabela 1; Table 1

Aktywność nitrogenazy oraz liczba i masa brodawek korzeniowych bobiku
Nitrogenase activity, number and mass of faba bean root nodules

Obiekt Treatment	mg C ₂ H ₂ na godz. na wazon mg C ₂ H ₂ ·h ⁻¹ per pot	Brodawki; Nodules	
		liczba na roślinę number per plant	g s.m. na roślinę g DM per plant
0	0,83 (100*)	244 (100)	1,02 (100)
5 mg Cu·kg ⁻¹	0,86 (104)	220 (90)	0,61 (60)
15 mg Cu·kg ⁻¹	1,00 (120)	338 (138)	1,12 (110)
20 mg Zn·kg ⁻¹	0,98 (118)	297 (122)	0,88 (86)
60 mg Zn·kg ⁻¹	0,72 (87)	165 (68)	0,82 (80)

* liczby względne; relative figures

Tabela 2; Table 2

Plon suchej masy oraz zawartość i pobranie z plonem azotu w fazie kwitnienia bobiku
Dry matter yield and nitrogen content and uptake with yield of faba bean in flowering

Obiekt; Treatment	Korzenie; Roots	Części nadziemne; Tops	Razem; Total
Plon suchej masy (g na wazon); Yield of dry matter (g per pot)			
0	6,79	20,53	27,32
5 mg Cu·kg ⁻¹	5,12	18,04	23,16
15 mg Cu·kg ⁻¹	5,53	26,78	32,31
20 mg Zn·kg ⁻¹	5,33	22,70	28,03
60 mg Zn·kg ⁻¹	5,37	22,81	28,18
NIR _{0,95} ; LSD _{0,95}	–	4,38	7,22
Zawartość (%) oraz pobranie z plonem azotu (g na wazon) Nitrogen content (%) and uptake with yield (g per pot)			
Obiekt; Treatment	%		g na wazon; g per pot
0	2,12	2,51	0,66
5 mg Cu·kg ⁻¹	2,10	2,47	0,53
15 mg Cu·kg ⁻¹	1,91	2,43	0,76
20 mg Zn·kg ⁻¹	1,97	2,43	0,66
60 mg Zn·kg ⁻¹	1,84	2,34	0,63

Podobne zależności stwierdzono na ogół w wielkości plonu bobiku. Tylko zastosowanie wyższej dawki miedzi zwiększyło istotnie masę części nadziemnych w okresie kwitnienia i w konsekwencji plonu ogółem. Różnice w plonach z pozostałych obiektów nie są istotne (tab. 2). Nawożenie miedzią zwiększyło istotnie masę nasion (o 20%) i plonu ogółem (o ok. 10%) w okresie pełnej dojrzałości bobiku. Natomiast w obiekcie z wyższą dawką cynku stwierdzono obniżenie wielkości wszystkich komponentów plonu, w największym stopniu łodyg i nasion (tab. 3).

Tabela 3; Table 3

Plon suchej masy oraz zawartość i pobranie z plonem azotu
w fazie pełnej dojrzałości bobiku

Dry matter yield, nitrogen content and uptake with yield of faba bean
in full maturity

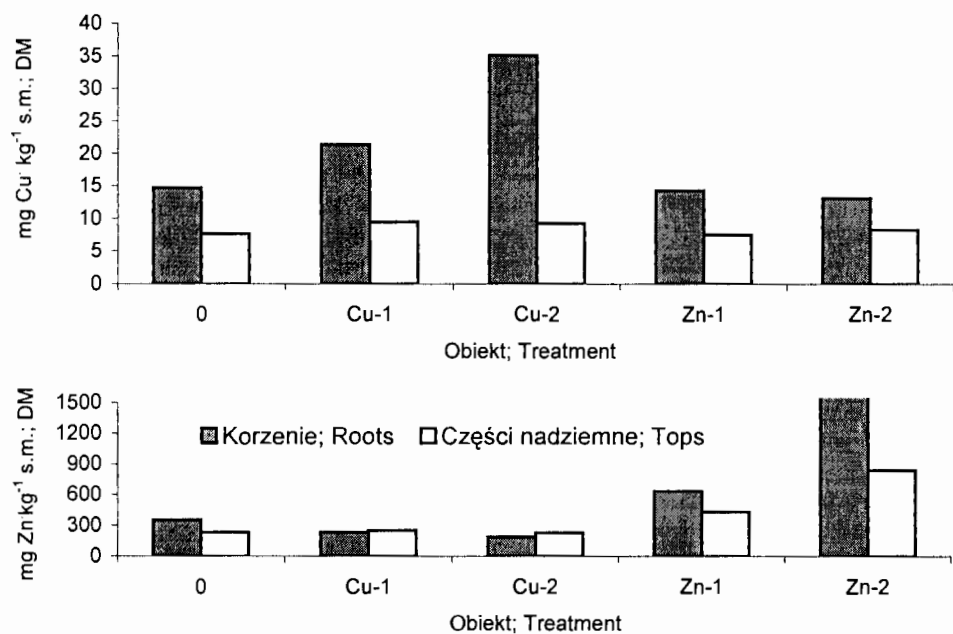
Obiekt; Treatment	Korzenie; Roots	Łodygi; Stems	Liście; Leaves	Nasiona; Seeds	Razem; Total
Plon suchej masy (g na wazon); Yield of dry matter (g per pot)					
0	3,95	19,20	7,95	20,72	51,82
5 mg Cu·kg ⁻¹	3,86	18,01	7,14	22,80	52,44
15 mg Cu·kg ⁻¹	3,97	19,97	7,60	24,81	56,35
20 mg Zn·kg ⁻¹	3,63	18,26	7,22	24,22	53,33
60 mg Zn·kg ⁻¹	2,62	16,20	6,59	18,86	44,27
NIR _{0,95} ; LSD _{0,95}	–	2,87	–	2,05	4,74
Zawartość (%) oraz pobranie z plonem azotu (g na wazon) Nitrogen content (%) and uptake with yield (g per pot)					
Obiekt; Treatment	%				g na wazon g per pot
0	1,91	0,85	2,18	4,12	1,26 (100)
5 mg Cu·kg ⁻¹	1,99	0,76	2,17	4,00	1,35 (107)
15 mg Cu·kg ⁻¹	1,76	0,81	2,21	4,25	1,45 (115)
20 mg Zn·kg ⁻¹	2,07	0,71	2,03	4,01	1,32 (105)
60 mg Zn·kg ⁻¹	1,94	0,82	1,93	3,54	0,98 (77)

Zawartość azotu w roślinach bobiku zarówno w okresie kwitnienia, jak i pełnej dojrzałości, była stosunkowo mało zróżnicowana zależnie od zastosowanego nawożenia mikroelementami. Jedynie pod wpływem wyższej dawki cynku zmniejszyła się zawartość azotu w badanych częściach roślin, w największym stopniu w nasionach (o blisko 10%). Większe różnice stwierdzono w ilości azotu odprowadzonego z końcowym plonem bobiku. Zastosowanie wyższej dawki cynku obniżyło pobranie azotu o 22%, podczas gdy w obiekcie z nawożeniem miedzią wzrosło ono o 5 (niższa dawka) do 15% (wyższa dawka).

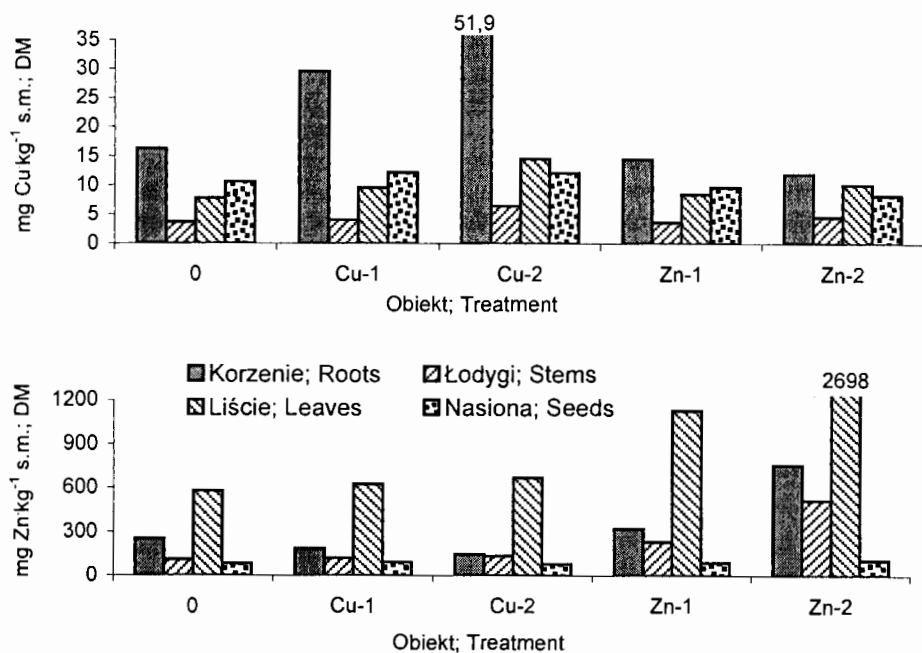
Nawożenie miedzią i cynkiem zwiększyło zawartość tych metali w roślinach bobiku (rys. 1 i 2). Zwłaszcza w korzeniach w okresie kwitnienia stwierdzono duże różnice w zawartości cynku. Poziom tego mikroskładnika w korzeniach z obiektu z wyższą dawką wzrósł w porównaniu z kontrolą blisko 5-krotnie w okresie kwitnienia i 3-krotnie w fazie pełnej dojrzałości. W częściach nadziemnych różnice są mniejsze (3,6- i 3,2-krotne).

Zawartość miedzi różni się w korzeniach maksymalnie 2–3-krotnie, podczas gdy różnice w częściach nadziemnych nie przekraczają 100%. Największy wzrost poziomu miedzi w częściach nadziemnych pod wpływem nawożenia stwierdzono w liściach i łodygach (blisko 100%), a najmniejszy w nasionach (o 15% w porównaniu z kontrolą).

Rola miedzi w procesie wiązania azotu cząsteczkowego przez bakterie *Rhizobium* nie została w pełni wyjaśniona. HALLSWORTH i in. [1960] uważają, że istnieje specyficzne zapotrzebowanie na miedź w tym procesie. Pierwiastek ten ucze-



Rys. 1. Zawartość miedzi i cynku w fazie kwitnienia bobiku
 Fig. 1. Contents of copper and zinc at flowering of faba bean



Rys. 2. Zawartość miedzi i cynku w fazie pełnej dojrzałości bobiku
 Fig. 2. Contents of copper and zinc at full maturity of faba bean

stniczy prawdopodobnie w syntezie leghemoglobiny lub warunkuje aktywność oksydazy cytochromowej w brodawkach [HALLSWORTH i in. 1964; CARTWRIGHT, HALLSWORTH 1970]. Wyniki kilku doświadczeń [VAN DER ELST i in. 1961; SNOWBALL i in. 1980] wykazały korzystny wpływ miedzi na symbiotyczne wiązanie N_2 przez różne gatunki koniczyny. Podobnie SELIGA [1990, 1996] uzyskała zwiększenie ilości azotu i plonu łubinu pod wpływem nawożenia miedzią w doświadczeniu prowadzonym na torfie niskim. Optymalna w tym doświadczeniu dawka miedzi ($37 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) była ponad dwukrotnie wyższa w porównaniu z badaniami własnymi ($15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Jest to spowodowane prawdopodobnie silnym wiązaniem miedzi przez materię organiczną podłoża [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999]. Brak jest prac nad reakcją bobiku na nawożenie miedzią. Jedynie SELIGA [1996] wykazała, że żywienie miedzią w warunkach silnego niedoboru tego mikroskładnika w podłożu istotnie zwiększyło suchą masę części vegetatywnych i brodawek korzeniowych bobiku. Roślina ta reagowała najsilniej na nawożenie miedzią w porównaniu z łubinem żółtym i soją. Uzyskane w pracy wyniki wykazały, że stosowanie miedzi zwiększało aktywność nitrogenazy oraz ilość brodawek korzeniowych bobiku, a w konsekwencji ilość azotu i plon roślin (tab. 1–3). Rezultaty te świadczą o bezpośrednim udziale miedzi w procesie wiązania azotu przez bakterie *Rhizobium* bobiku.

Wpływ nawożenia cynkiem zależał od zastosowanej dawki. Mniejsza dawka ($20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) nie wpływała zdecydowanie na wielkość badanych wskaźników biochemicznych. Jedynie aktywność nitrogenazy oraz liczba brodawek korzeniowych bobiku wzrosła o ok. 20%. Natomiast wyższa dawka ($60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) obniżyła zarówno aktywność enzymatyczną korzeni, jak i zawartość azotu i plon roślin (tab. 1–3). Pobrany przez rośliny cynk gromadził się w fazie kwitnienia bobiku głównie w korzeniach ($1566 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), a w mniejszych ilościach w częściach nadziemnych roślin. W okresie pełnej dojrzałości najwyższą zawartość cynku wykazano w liściach bobiku (ok. $2700 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Można sądzić, że zawartości te były toksyczne dla roślin [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999]. Pobieraniu cynku przez rośliny sprzyjało zapewne zakwaszenie gleby [GORLACH, CURYŁO 1991]. Uzyskane w pracy wyniki wskazują, że nawożenie cynkiem może wpływać korzystnie na proces wiązania azotu przez rośliny motylkowate na glebach ubogich w ten składnik. Nadmierna zawartość cynku w glebie powoduje jednak osłabienie procesu wiązania N_2 przez bakterie *Rhizobium* bobiku (i prawdopodobnie innych roślin motylkowatych), co może doprowadzić do obniżenia plonu.

Wnioski

Wyniki uzyskane w doświadczeniu wazonowym, przeprowadzonym na glebie lekkiej, ubogiej w przyswajalne formy mikroskładników, pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Uzyskano zróżnicowaną reakcję bobiku (aktywność nitrogenazy bakterii symbiotycznych, ilość i masa brodawek korzeniowych, zawartość azotu, plon suchej masy) na nawożenie mikroelementami (miedź i cynk), zależnie od składnika i jego dawki.
2. Zastosowanie miedzi w dawce $15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ wpłynęło korzystnie na proces wiązania azotu przez bakterie *Rhizobium*. Wyraża się to wzrostem aktywności bakterii symbiotycznych oraz liczby i masy brodawek korzeniowych, a także ilości związanego azotu i plonu roślin.

3. Nawożenie cynkiem w dawce 20 mg·kg⁻¹ zwiększyło nieznacznie aktywność nitogenazy oraz liczbę brodawek korzeniowych. Wyższa dawka cynku (60 mg·kg⁻¹) obniżyła zarówno liczbę i masę oraz aktywność enzymatyczną brodawek korzeniowych, jak i ilość związanego azotu i plon roślin.
4. W wyniku stosowania mikronawozów wzrosła w największym stopniu zawartość cynku w korzeniach bobiku w fazie kwitnienia. W fazie pełnej dojrzałości największe nagromadzenie cynku stwierdzono w łodygach i liściach (wzrost około 4,5-krotny), następnie w korzeniach (3-krotnie), a najmniejsze w nasionach (o 30% w porównaniu z kontrolą). Stosowane dawki miedzi (5 i 15 mg·kg⁻¹) w znacznie mniejszym zakresie różnicowały zawartość tego mikroelementu w badanych częściach bobiku. Najbardziej wzrosła zawartość miedzi w korzeniach (zarówno w fazie kwitnienia jak i pełnej dojrzałości), następnie w liściach i łodygach, a najmniej w nasionach.

Literatura

- CARTWRIGHT B., HALLSWORTH E.G. 1970. *Effects of copper deficiency on root nodules of subterranean clover*. Plant and Soil 33: 685–698.
- CURYŁO T. 1999a. *The effect of cadmium on nitrogen fixation and yield of yellow lupine (Lupinus luteus L.)*, w: Plant nutrition, quality of production and processing. Agric. Univ., Brno: 187–190.
- CURYŁO T. 1999b. *Wstępne wyniki badań nad wpływem metali ciężkich na proces wiązania N₂ przez bakterie symbiotyczne bobiku*. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie nr 349, Sesja Naukowa z. 64: 53–65.
- EL-KENAWY Z.A., ANGLE J.S., GEWAILY E.M., EL-WAFAI N.A., VAN BERKUM P., CHANEY R.L. IBEKWE M.A. 1997. *Zinc and cadmium effects on the early stages of nodulation in white clover*. Agron. Jour. 89: 875–880.
- GORLACH E., CURYŁO T. 1990. *Comparison of the effect of soil pH on the uptake of heavy metals by various plant species*. Acta Agr. et Sliv., Ser. Agr. 29: 83–93.
- HALLSWORTH E.G., WILSON S.B., GREENWOOD E.A. 1960. *Copper and cobalt in nitrogen fixation*. Nature 187: 79–80.
- HALLSWORTH E.G., GREENWOOD E.A., YATES M.G. 1964. *The effect of Cu on nodulation of Trifolium subterraneum L. and T. repens*. Plant and Soil 20: 17–33.
- HOUBA V.J.G., NOVOZAMSKY I., TEMMINGHOFF E. 1994. *Soil analysis procedures extraction with 0.01 M CaCl₂*. Part. 5A, Wageningen: 66 ss.
- HARDY R.W.F., BURNS R.C., HOLSTEN R.D. 1973. *Application of the acetylene-ethylene assay for the measurement of nitrogen fixation*. Soil Biology and Biochemistry 5: 47–81.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 398 ss.
- MENGEL K. 1994. *Symbiotic dinitrogen fixation – its dependence on plant nutrition and its ecophysiological impact*. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 157: 233–241.
- NALBORCZYK E. 1993. *Biologiczne uwarunkowania produktywności roślin strączkowych*. Fragmenta Agronomica 4(40): 147–150.

- RUSZKOWSKA M. 1991. Rola mikroelementów w biologicznym wiązaniu N_2 , w: *Mikroelementy w rolnictwie*. Akademia Rolnicza we Wrocławiu: 5–13.
- RUSZKOWSKA M., WOJCIESKA-WYSKUPAJTYS U. 1996. *Mikroelementy – fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 1–11.
- SELIGA H. 1990. *The effect of copper nutrition on symbiotic nitrogen fixation in yellow lupine (*Lupinus luteus* L) plants*. Acta Physiol. Plantarum 12(4): 287–291.
- SELIGA H. 1996. *Zróżnicowanie reakcji na działanie miedzi kilku gatunków roślin strączkowych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434(I): 25–29.
- STRZELEC A. 1988. *Symbiotyczne wiązanie wolnego azotu*. Cz. I i II. Post. Nauk Rol. 4: 17–30, 5–6: 19–28.
- STRZELEC A., OROŃ J. 1987. *Wpływ kadmu na rozwój szczepów *Rhizobium* i aktywność ich symbiozy z roślinami motylkowymi*. Roczn. Glebozn. 38(2): 101–109.
- SNOWBALL K., ROBSON A.D., LONERAGAN J.F. 1980. *The effect of copper on nitrogen fixation in subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.)*. New Phytol. 85: 63–72.
- VAN DER ELST F.H., MCNAUGHT K.J., ROLT W.F. 1961. *Effect of copper deficiency in white clover on nitrogen fixation*. Nature 192: 1315.

Słowa kluczowe: miedź, cynk, bobik, wiązanie N_2 , aktywność nitrogenazy

Streszczenie

W doświadczeniu wazonowym, prowadzonym na glebie lekkiej o niskiej zasobności w mikroelementy, badano oddziaływanie nawożenia miedzią i cynkiem na wiązanie azotu przez bakterie symbiotyczne i plonowanie bobiku. Schemat doświadczenia obejmował 5 obiektów (w 6 powtórzeniach): kontrola, 5 mg Cu, 15 mg Cu, 20 mg Zn, 60 mg Zn·kg⁻¹ gleby. Rośliny zbierano w 2 terminach: w fazie kwitnienia (3 powtórzenia) oraz w fazie pełnej dojrzałości (3 powtórzenia).

Wpływ nawożenia mikroelementami na badane wskaźniki biochemiczne roślin zależał od składnika i jego dawki. Stosowanie miedzi w dawce 15 mg·kg⁻¹ wpłynęło korzystnie na proces wiązania azotu przez bakterie *Rhizobium*. Wyraża się to wzrostem aktywności bakterii symbiotycznych oraz liczby i masy brodawek korzeniowych, a także ilości związanego azotu i plonu roślin. Nawożenie cynkiem w dawce 20 mg·kg⁻¹ zwiększyło nieznacznie aktywność nitrogenazy oraz liczbę brodawek korzeniowych. Wyższa dawka (60 mg Zn·kg⁻¹) obniżyła zarówno liczbę i masę oraz aktywność enzymatyczną brodawek korzeniowych, jak i ilość związanego azotu i plon roślin. W wyniku stosowania mikronawozów wzrosła w największym stopniu zawartość cynku i miedzi w korzeniach, następnie w liściach i łodygach, a najmniej w nasionach bobiku.

EFFECT OF COPPER AND ZINC ON THE PROCESS OF N₂
FIXATION BY SYMBIOTIC BACTERIA OF FABA BEAN*Tadeusz Curyło*

Department of Agricultural Chemistry, Agricultural University, Kraków

Key words: copper, zinc, faba bean, N₂ fixation, nitrogenase activity

Summary

In pot experiment conducted on light soil with low content of available microelement forms, the effect of copper and zinc treatment on nitrogen fixation by symbiotic bacteria and yielding of faba bean (*Vicia faba* L. minor) was investigated. Experiment design included 5 objects (in 6 replications): control, 5 mg Cu, 15 mg Cu, 20 mg Zn, and 60 mg Zn·kg⁻¹ soil. Plants were harvested in two terms: at flowering phase (3 replications) and at full maturity phase (3 replications).

The effect of microelement treatment on investigated biochemical plant parameters depended on a component and its dose. Application rate of 15 mg·kg⁻¹ copper beneficially influenced the process of nitrogen fixation by *Rhizobium* bacteria. It was shown by an increased activity of symbiotic bacteria as well as the number and mass of root nodules, the amount of fixed nitrogen and plant yield. Zinc fertilization at 20 mg·kg⁻¹ dose slightly increased nitrogenase activity and the number of root nodules. A higher dose (60 mg Zn·kg⁻¹) decreased either the number, mass and enzymatic activity of root nodules, as well as the number and amount of fixed nitrogen and plant yield. As a result of microfertilizer application the contents of copper and zinc increased most in roots, less in leaves and stems, and least of all in faba bean seeds.

Prof. dr hab. Tadeusz **Curyło**
Katedra Chemii Rolnej
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja
al. A. Mickiewicza 21
31-120 KRAKÓW
e-mail: rrCurylo@cyf-kr.edu.pl