

CZESŁAWA JASIEWICZ

## WPLYW TERMINU NAWOŻENIA MIEDZIĄ NA KSZTAŁTOWANIE SIĘ ZAWARTOŚCI MIEDZI I AZOTU W OWSIE

### Streszczenie

Badania z owsem przeprowadzono na torfie wysokim w warunkach doświadczenia wazonowego. Schemat doświadczenia obejmował 5 serii różniących się terminem stosowania nawożenia miedziowego. Miedź w postaci roztworu siarczanu miedziowego zastosowano w okresie: po wschodach, krzewienia, strzelania w źdźbło i kłoszenia. Cztery razy w okresie trwania doświadczenia pobierano materiał roślinny do analiz chemicznych. Stwierdzono, że nawożenie i termin stosowania w istotny sposób zróżnicował plony owsa w okresie krzewienia i strzelania w źdźbło. Najintensywniej była pobierana miedź w okresie od wschodów do krzewienia oraz pod koniec wegetacji, w przypadku gdy nawożenie miedzią miało miejsce w fazie kłoszenia. Poziom zaopatrzenia owsa w miedź również wpłynął na zawartość azotu.

### Wstęp

Miedź pełni w roślinie ważne funkcje fizjologiczne i jest pierwiastkiem niezbędnym do jej rozwoju. Roślina pobiera miedź poprzez system korzeniowy w formie jonów  $\text{Cu}^{2+}$  lub związków chelatowych. Może być również pobierana poprzez liście przy opryskiwaniu roztworami siarczanu miedzi, chelatami a nawet zawierającymi miedź środkami ochrony roślin [4, 5]. Zawartość miedzi w roślinach w normalnych warunkach waha się w granicy od 2 do 20 mg/kg s.m. [4]. Miedź jest pierwiastkiem odgrywającym również ważną rolę w metabolizmie azotowym. Przypisuje się jej duże znaczenie w początkowych ogniwach przemian azotowych, a szczególnie przy przyswajaniu azotu przez rośliny. W przypadku roślin motylkowych, które mają zdolność przyswajania azotu atmosferycznego dzięki symbiozie z bakteriami brodawkowymi, obserwowano wpływ miedzi na proces nodulacji [5, 6]. Celem badań było zbadanie w jaki sposób termin nawożenia miedzią wpływa na wysokość plonu i zawartość miedzi i azotu w owsie.

## Material i metody

Do doświadczenia użyto torfu niskiego pochodzącego z torfowiska w Czarnym Dunajcu. Zawierał on 89% materii organicznej i 0,68 mg Cu/kg s.m. Ze względu na kwaśny odczyn  $\text{pH}_{\text{KCl}} = 2,7$  torf zwapnowano  $\text{CaCO}_3$  do  $\text{pH} = 4,5$ . Doświadczenie obejmowało 5 serii (ze względu na terminy zbioru każda seria była w 16 powtórzeniach) różniących się terminem stosowania nawożenia miedziowego. Do doświadczenia wykorzystano wazony Mischerlicha, które zostały napełnione 2.8 kg

Tabela 1

Wpływ terminu stosowania nawożenia miedzią na wysokość plonu owsa (g/wazon).  
Effect of the date of applying copper fertilization on the yield of oats (g per pot).

Termin nawożenia Cu Date of Cu fertilization	Termin zbioru / Date of harvest			
	Krzewienia Tillering	Strzelania w źdźbło Shooting	Kłoszenia Earing	Dojrzałość Maturity
Części nadziemne / Tops				
Kontrol (0 Cu) Control (no Cu)	5,38	26,69	54,46	80,75
Po wschodach After germination	5,79	30,93	54,71	78,00
Faza krzewienia Phase of tillering	-	29,61	56,38	76,75
Faza strzelania w źdźbło Phase of shooting	-	-	49,19	79,00
Faza kłoszenia Phase of earing	-	-	-	79,00
NRI-LSD (P=0.05)	0,27	1,38	1,42	1,85
Korzenie / Roots				
Kontrol (0 Cu) Control (no Cu)	0,53	2,70	5,50	5,64
Po wschodach After germination	0,50	2,90	5,10	4,19
Faza krzewienia Phase of tillering	-	3,19	5,26	4,15
Faza strzelania w źdźbło Phase of shooting	-	-	4,20	4,20
Faza kłoszenia Phase of earing	-	-	-	4,59
NRI-LSD (P=0.05)	0,29	0,76	0,92	0,85

torfu o naturalnej wilgotności (0.5 kg suchej masy). Miedź w postaci roztworu siarczanu miedzi w ilości 150 mg Cu/wazon zastosowano w następujących terminach: po wschodach, w fazie krzewienia, strzelania w źdźbło i kłoszenia (tab. 1). Wszystkie serie przed siewem otrzymały jednakowe dawki makro i mikroelementów w postaci soli technicznych (875 mg w formie  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 300 mg P w  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 870 mg K w KCl i  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 100 mg Mg w  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 6 mg Mn w  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 1,5 mg Mo w  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 10 mg Fe w  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 1,0 mg B w  $\text{H}_3\text{BO}_3$  i 3,0 mg Zn w  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ). Nawożenie podstawowe (z wyjątkiem azotu) wykonano podczas napełniania wazonów torfem. Azot zastosowano w trzech terminach: 1/2 dawki przed siewem, 1/4 w fazie krzewienia i 1/4 w fazie strzelania źdźbła. Owies wysiano w miesiącu kwietniu, po wschodach liczbę roślin w wazonie wyrównano do 30. Podczas wegetacji rośliny podlewano wodą redestylowaną do 50% maksymalnej pojemności wodnej. Wysokość plonu suchej masy określono po wysuszeniu materiału w suszarce w temperaturze 70°C. Zawartość miedzi w materiale roślinnym oznaczono po jego spopieleniu na sucho metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej w płomieniu acetylenowo-powietrznym.

## Wyniki i ich omówienie

Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 1, wysokość plonu uwarunkowana była terminem zbioru, a więc najniższe plony uzyskano w fazie krzewienia, natomiast w kolejnych fazach obserwowano systematyczny wzrost plonu. Analizując wpływ terminu stosowania miedzi na wysokość plonu części nadziemnych owsa nie stwierdzono jednoznacznych tendencji. Nawożenie miedzią zastosowane po wschodach i w fazie krzewienia spowodowało niewielki wzrost plonu owsa zbieranego w fazie krzewienia, strzelania w źdźbło i kłoszenia w stosunku do obiektu zerowego. Plon korzeni owsa w porównaniu do części nadziemnych był znacznie niższy i wahał się w zależności od terminu zbioru od 0,5 do 5,64 g/wazon. Miedź zastosowana po wschodach i w fazie krzewienia miała dodatni wpływ na plon korzeni owsa zbieranego w fazie strzelania w źdźbło, natomiast w pozostałych terminach zbioru nawożenie miedziowe niezależnie od terminu jego zastosowania spowodowało nawet obniżenie plonu korzeni i części nadziemnych owsa.

Z licznych informacji naukowych [1, 3, 4, 6] wynika, że zawartość miedzi w roślinach zależy od fazy rozwojowej, gatunku i analizowanej części rośliny oraz zawartości miedzi w glebie. Z otrzymanych danych wynika (tab. 2), że największe różnice w zawartości miedzi zaobserwowano w fazie krzewienia. W fazie strzelania w źdźbło sytuacja uległa zmianie, ponieważ we wszystkich seriach następuje spadek zawartości miedzi, jednak różnica w stężeniu miedzi w roślinach pomiędzy serią kontrolną, a seriami nawożonymi miedzią utrzymywała się nadal. Zawartość miedzi

w serii kontrolnej wynosi 1,75 mg/kg, a w serii nawożonej po wschodach 4,0 mg/kg s.m., i była to zawartość trzykrotnie niższa niż w fazie krzewienia. Może to być spowodowane zmniejszeniem intensywności pobierania tego mikroelementu, a także efektem rozcieńczenia na skutek zwiększenia masy roślinnej oraz prawdopodobnie uwstecznieniem miedzi wprowadzonej do podłoża. W owsie nawożonym w fazie krzewienia zawartość miedzi wahała się w podobnych granicach jak w fazie poprzedniej. W fazie kłoszenia zawartość miedzi w serii kontrolnej utrzymywała się na tym samym poziomie (1,75 mg Cu/kg s.m.) jak w wcześniejszym okresie. W przypadku serii nawożonych Cu zawartości te są wyższe niż w serii kontrolnej, ale niższe niż w fazie strzelania w źdźbło. Spadek zawartości miedzi jest niewielki ale widoczny we wszystkich obiektach, czyli w miarę procesu starzenia się roślin intensywność pobierania miedzi malała. W fazie pełnej dojrzałości we wszystkich obiektach obserwowano dalszy spadek zawartości miedzi, wyjątek stanowi jedynie seria nawożona w fazie kłoszenia, gdzie zauważyć można wzrost zawartości miedzi. Otrzymane wyniki wskazują, że w obiektach późno nawożonych miedzią wzrasta intensywność pobierania tego mikropierwiastka. W doświadczeniach [3, 5] stwierdzono również, że w przypadku miedzi była ona pobierana w dużych ilościach w końcowej fazie rozwoju.

Z danych zawartych w tabeli 2 wynika, że najwyższymi zawartościami Cu charakteryzują się rośliny w fazie krzewienia w serii nawożonej miedzią po wschodach. Jednak w miarę upływu czasu zawartość miedzi spada, a w fazie pełnej dojrzałości już jest bardzo niska. Gdyby termin zbioru owsa był przewidziany na fazę strzelania w źdźbło to najbardziej korzystnym okresem nawożenia byłaby faza krzewienia. Natomiast przy zbiorze owsa w fazie kłoszenia termin stosowania nawożenia miedzią nie miałby znaczącego wpływu na jej zawartość. Zawartość miedzi w owsie zbieranym w fazie pełnej dojrzałości jest tym wyższa, im późniejszy był termin jej stosowania. Stąd można wyciągnąć wniosek, że stosując nawożenie miedzią w późniejszych fazach, uzyskuje się wyższą zawartość tego pierwiastka w fazie pełnej dojrzałości.

Zawartość miedzi w korzeniach jest znacznie wyższa niż w częściach nadziemnych (tab. 2). W przypadku korzeni bardziej uwidocznił się wpływ terminu stosowania miedzi na zawartość tego mikropierwiastka niż części nadziemnych. Już w fazie krzewienia korzenie serii nawożonej po wschodach zawierały 10-krotnie więcej miedzi niż korzenie serii kontrolnej. Najwyższe koncentracje miedzi stwierdzono w korzeniach owsa zbieranego w fazie pełnej dojrzałości, gdzie zawartość miedzi we wszystkich seriach oprócz kontrolnej przekracza 100 mg Cu/kg s.m.

Analizując dane przedstawione w tabeli 3 można stwierdzić dodatnie oddziaływanie miedzi na zawartość azotu w owsie. Już w fazie kłoszenia widoczne są różnice w zawartości azotu pomiędzy serią kontrolną a seriami nawożonymi miedzią.

Tabela 2

Zawartość Cu w suchej masie części nadziemnych i korzeni owsa w kolejnych stadiach wegetacji (mg/kg s.m.).

Content of Cu in the dry mass of tops and roots of oats in successive stages of vegetation (mg/kg of dry mass).

Termin nawożenia Cu Date of Cu fertilization	Termin zbioru / Date of harvest			
	Krzewienia Tillering	Strzelania w źdźbło Shooting	Kłoszenia Earing	Dojrzałość Maturity
Części nadziemne / Tops				
Kontrol (0 Cu) Control (no Cu)	3,88	1,75	1,75	1,75
Po wschodach After germination	13,00	4,00	3,13	2,75
Faza krzewienia Phase of tillering	-	4,50	3,75	3,00
Faza strzelania w źdźbło Phase of shooting	-	-	3,75	4,13
Faza kłoszenia Phase of earing	-	-	-	6,50
Korzenie / Roots				
Kontrol (0 Cu) Control (no Cu)	4,00	5,50	2,75	2,60
Po wschodach After germination	42,50	38,20	36,89	128,5
Faza krzewienia Phase of tillering	-	33,38	31,25	101,5
Faza strzelania w źdźbło Phase of shooting	-	-	73,63	285,88
Faza kłoszenia Phase of earing	-	-	-	342,00

Najwyższą zawartość azotu stwierdzono w obiekcie nawożonym w fazie kłoszenia, najniższą natomiast w obiekcie kontrolnym. Podobne zależności obserwowano w kolejnych fazach rozwojowych, gdzie w miarę późniejszego stosowania miedzi rośliny zawierały więcej azotu w stosunku do serii kontrolnej. Szczególnie jest to widoczne w fazie pełnej dojrzałości gdzie najniższe zawartości azotu występują w serii kontrolnej natomiast w kolejnych terminach stosowania nawożenia, widoczny jest wzrost zawartości azotu. Zawartość azotu w korzeniach i częściach nadziemnych owsa zbieranego w fazie pełnej dojrzałości jest bardzo niska i nie przekracza 1% N.

Tabela 3

Zawartość N w suchej masie części nadziemnych i korzeni owsa w kolejnych stadiach wegetacji (%).  
Content of N in the dry mass of tops and roots of oats in successive stages of vegetation (%).

Termin nawożenia Cu Date of Cu fertilization	Termin zbioru / Date of harvest			
	Krzewienia Tillering	Strzelania w źdźbło Shooting	Kłoszenia Earing	Dojrzałość Maturity
Części nadziemne / Tops				
Kontrol (0 Cu) Control (no Cu)	5,33	1,59	0,97	0,19
Po wschodach After germination	5,49	1,49	1,06	0,24
Faza krzewienia Phase of tillering	-	1,48	1,44	0,33
Faza strzelania w źdźbło Phase of shooting	-	-	1,37	0,51
Faza kłoszenia Phase of earing	-	-	-	0,38
Korzenie / Roots				
Kontrol (0 Cu) Control (no Cu)	-	0,52	0,53	0,39
Po wschodach After germination	-	0,55	0,60	0,32
Faza krzewienia Phase of tillering	-	0,79	0,58	0,18
Faza strzelania w źdźbło Phase of shooting	-	-	0,67	0,39
Faza kłoszenia Phase of earing	-	-	-	0,51

## Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano poniższe wnioski.

1. Nie stwierdzono jednoznacznych tendencji wpływu nawożenia miedzią oraz terminu jej stosowania na wysokość plonu części nadziemnych i korzeni owsa. Istotne zróżnicowanie pomiędzy plonami zostało stwierdzone w przypadku owsa zbieranego w fazie krzewienia i strzelania w źdźbło.
2. Nawożenie miedzią, niezależnie od terminu jego zastosowania, powodowało wzrost zawartości tego mikroelementu w owsie. W serii kontrolnej oraz w seriach

z wczesnym terminem stosowania nawożenia miedzią (po wschodach i krzewienia) w miarę upływu wegetacji obserwowano systematyczny spadek zawartości miedzi w częściach nadziemnych owsa. Największy wpływ na zawartość miedzi w częściach nadziemnych owsa zbieranego w fazie pełnej dojrzałości stwierdzono przy najpóźniejszym terminie stosowania nawożenia miedziowego (w fazie kłoszenia). Odwrotnie niż w częściach nadziemnych owsa (z wyjątkiem serii kontrolnej) kształtowała się dynamika zawartości miedzi w korzeniach. W miarę upływu wegetacji niezależnie od terminu nawożenia obserwowano systematyczny wzrost zawartości tego mikropierwiaska.

3. Nawożenie miedzią, niezależnie od terminu jego stosowania, miało dodatni wpływ na zawartość azotu w owsie. Wpływ terminu stosowania miedzi na zawartość azotu w owsie szczególnie wyraźnie uwidocznił się w fazie pełnej dojrzałości.

## LITERATURA

- [1] Boratyński K.: Zawartość Cu, Mn, Zn w różnych fazach rozwojowych pszenicy w zależności od poziomu nawożenia mikroskładnikami roślin uprawnych. Zesz. Probl. Post.Nauk Roln., **179**, 1976, 131.
- [2] Czekala J., Diatta B., Szukała J.: Wpływ nawożenia azotem i deszczowania na zawartość Fe, Mn, Zn i Cu w nasionach trzech odmian soi. Materiały VII Sympozjum Mikroelementy w Rolnictwie. Wrocław, 1992, 194.
- [3] Czuba R.: Badania nad pobieraniem składników pokarmowych przez pszenicę ozimą. Roczn. Nauk Roln. seria A, **96**, 1, 1970, 5.
- [4] Kabata-Pendias A., Pendias H.: Geochemia pierwiastków śladowych. W-wa, 1993.
- [5] Kulig B.: Wpływ dolistnego stosowania mikroelementów na plonowanie bobiku w zależności od poziomu nawożenia azotowego. Materiały VII Sympozjum Mikroelementy w Rolnictwie. Wrocław, 1992, 174.
- [6] Ruszkowska M., Łyszcz S.: Wpływ NPK i Cu na pobieranie miedzi azotu przez rośliny w warunkach doświadczeń wazonowych. Pam.Puł., **62**, 1975, 229.

## THE INFLUENCE OF TERM OF COPPER FERTILIZATION ON CONTENT OF COPPER AND NITROGEN IN OAT

### S u m m a r y

The investigations with oat plants were carried out on highmoor peat in pot experiment. The experiment comprised 5 series differing in the period of copper fertilization. The solution of copper sulfate was applied after germination, at the stage of tillering, shooting or earing. Samples of oat were collected four times in the period of experiment. It was found that fertilizing and period of application considerably differentiated yields of oat at the stage of tillering and shooting. The most intensive copper intake took place from the stage of germination till the tillering phase and at the end of vegetation. The level of copper in oat influenced on the content of nitrogen. ☒