

DYNAMIKA ZAWARTOŚCI Mn, Zn i Cu W ROŚLINNOŚCI Z DŁUGOLETNIICH DOŚWIADCZEŃ ŁĄKOWYCH PO ICH NAWOŻENIU TYMI SKŁADNIKAMI

*Jerzy Barszczewski*¹, *Barbara Sapek*², *Danuta Kalińska*²

¹ Zakład Doświadczalny Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach

² Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach

Wstęp i cel

Mikroelementy w roślinach są ważnym czynnikiem ze względu na pełnione w nich funkcje w niektórych procesach biologicznych oraz ze względu na potrzeby pokarmowe zwierząt [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1979]. Zawartości w runi łąkowej manganu, cynku i miedzi nie zawsze odpowiadają zapotrzebowaniu przeżuwaczy na te składniki. Ważnym czynnikiem decydującym o pobieraniu tych składników z gleby przez rośliny i wynikająca z tego zawartość w roślinach jest odczyn gleby [BARSZCZEWSKI, SAPEK 1992; SAPEK 1993]. Pasza dobrej jakości z użytków zielonych winna zawierać w kg suchej masy manganu w ilości 50–100 mg, cynku 30–50 mg i 7,6–10,0 mg miedzi [SAPEK 1979].

Celem badań była ocena zmian zawartości Mn, Zn i Cu w roślinności łąkowej w szóstym i dziewiątym roku od nawożenia tymi składnikami oraz dynamika ich zawartości w 9-cio letnim okresie badań na trzech długoletnich doświadczeniach łąkowych.

Materiały i metodyka

Badania prowadzono na trzech długoletnich doświadczeniach, na kwaśnej glebie mineralnej (pH w 1 mol KCl·dm⁻³ = 4,3–4,5) o zróżnicowanej zawartości węgla organicznego 1,9–3,8% i części ilastych 9,0–22,4% [SAPEK 1993] w miejscowościach: Baniocha, Janki i Laszczki. Doświadczenia założono w 1981 r. w układzie losowanych bloków. Badanymi czynnikami były poziomy wapnowania (Ca₀, Ca₁ i Ca₂) na tle zróżnicowanego nawożenia azotem N₁ i N₂. Dawki wapna obliczono według wartości kwasowości hydrolytycznej 1 Hh (Ca₁) i 2 Hh (Ca₂) stosując je w formie węglanowej jednorazowo w 1981 roku na zadarnioną łąkę. Dawki dla Ca₁ wynosiły: 2,3 t CaO·ha⁻¹ (Janki), 5,7 t CaO·ha⁻¹ (Baniocha) i 3,6 t Ca·ha⁻¹ (Laszczki), a dla Ca₂ były podwojone. Corocznie pod każdy pokos nawożono azotem, stosując go w formie saletry amonowej w ilości 120(N₁), 240(N₂) kg N·ha⁻¹. Fosfor i potas stosowano w jednakowych ilościach na wszystkich obiektach – 34,9 kg P·ha⁻¹ wosną w superfosfacie potrójnym oraz 124,5 kg K·ha⁻¹ w trzech daw-

kach pod każdy pokos. Po ośmioletnim okresie od zastosowanego wapnowania jesienią 1989 roku, wykonano jednorazowe nawożenie manganem, cynkiem i miedzią w zależności od zasobności gleby. W Baniosze zastosowano Zn i Cu, w Jankach Mn, Zn i Cu a w Laszczkach Mn i Cu stosując jednakowe dawki – 10 kg Cu·ha⁻¹, 30 kg Zn·ha⁻¹ oraz 50 kg Mn·ha⁻¹ w formie siarczanów tych metali.

Badano dynamikę zmian zawartości tych mikroelementów w roślinach w ciągu dziesięciu lat po nawożeniu (1989–1998). Obliczono współczynniki korelacji liniowej i wyznaczono krzywe regresji z 95% przedziałem ufności. Statystycznie oceniono zmiany zawartości badanych składników w runi I pokosu, w szóstym i dziewiątym roku od wzbogacenia na tle następczego wpływu wapnowania i nawożenia azotowego.

Wyniki i dyskusja

MANGAN. Ośmioletnie użytkowanie łąkowe obiektów wapnowanych doświadczenia w Baniosze (1989 r.) spowodowało istotne obniżenie zawartości Mn w pierwszym pokosie runi (tab. 1). W szóstym roku obserwacji (1995 r.) mimo braku nawożenia manganem w tym doświadczeniu na większości obiektów wystąpił znaczny wzrost jego zawartości. Największą zawartość Mn stwierdzono na obiekcie Ca₀ – istotnie większą w porównaniu do obu obiektów wapnowanych, a na obiekcie N₂ istotnie większą niż na N₁. Jest to zrozumiałe ze względu na bardziej kwaśny odczyn gleby w tych warunkach [SAPEK 1993].

Ruń łąkowa przed nawożeniem manganem w Jankach była zasobniejsza w ten składnik w porównaniu z runią doświadczenia w Baniosze. Stwierdzono również istotnie ujemny wpływ wapnowania dawką Ca₂ (tab. 1). W szóstym roku po nawożeniu Mn stwierdzono zwiększenie jego zawartość w runi na wszystkich obiektach. Istotnie większe zawartości Mn stwierdzono na obiektach Ca₀ i N₂, co wynika z większego pobierania tego składnika w warunkach bardziej kwaśnego odczynu gleby [SAPEK 1993]. Zawartość Mn w runi uległa kilkukrotnemu zmniejszeniu w 1998 roku tj. w dziewiątym roku po jego zastosowaniu utrzymując się w zakresie dolnej wartości krytycznej [SAPEK 1979].

Na doświadczeniu w Laszczkach wapnowanie obiema dawkami (Ca₁, Ca₂) istotnie zmniejszyło zawartość Mn w runi nie nawożonej tym składnikiem (tab. 1). Nawożenie Mn podobnie jak w Jankach spowodowało znaczne jego zwiększenie w runi ze wszystkich obiektów (1995 r.), przy jednocześnie istotnie ujemnym wpływie Ca₂ na zawartość. W dziewiątym roku po nawożeniu stwierdzono podobnie jak w Jankach znaczne zmniejszenie zawartości Mn w runi na wszystkich obiektach, nie przekraczające krytycznej zawartości 50 mg·kg⁻¹ s.m.

Wyznaczone krzywe regresji dla zawartości Mn w roślinności, w funkcji lat doświadczenia, z okresu 1989–1998 wykazały zmniejszenie jego zawartości z upływem lat, co ilustruje przykład obiektów Ca₂N₁ i Ca₂N₂ z doświadczenia w Jankach (rys. 1). Zależności statystyczne nieistotne stwierdzono w obydwu doświadczeniach, lecz wartość współczynnika korelacji dla N₁ była większa (0,500) niż dla N₂ (0,357). Krzywe empiryczne, zarówno dla nawożenia 120 kg N jak i 240 kg·ha⁻¹, wykazały dwa ciągi zawartości których maksima wystąpiły w latach 1991 i 1995, o mniej korzystnych warunkach wilgotnościowych i mniejszych plonach (tab. 2). Konsekwencją było zagęszczenie składnika w plonie i ograniczone wymywanie. Z kolei lata 1994 i 1998 były relatywnie wilgotne, sprzyjające większym

plonom, stąd rozcieńczenie składnika w plonach a także większe wymywanie Mn^{2+} [JARVIS 1984]. Ten dwufazowy przebieg zmian zawartości stwierdzono również w Laszczkach.

Tabela 1; Table 1

Średnie zawartości manganu, cynku i miedzi w runi łąkowej z I pokosu
Mean contents of Mn, Zn and Cu in sward of the I-cut

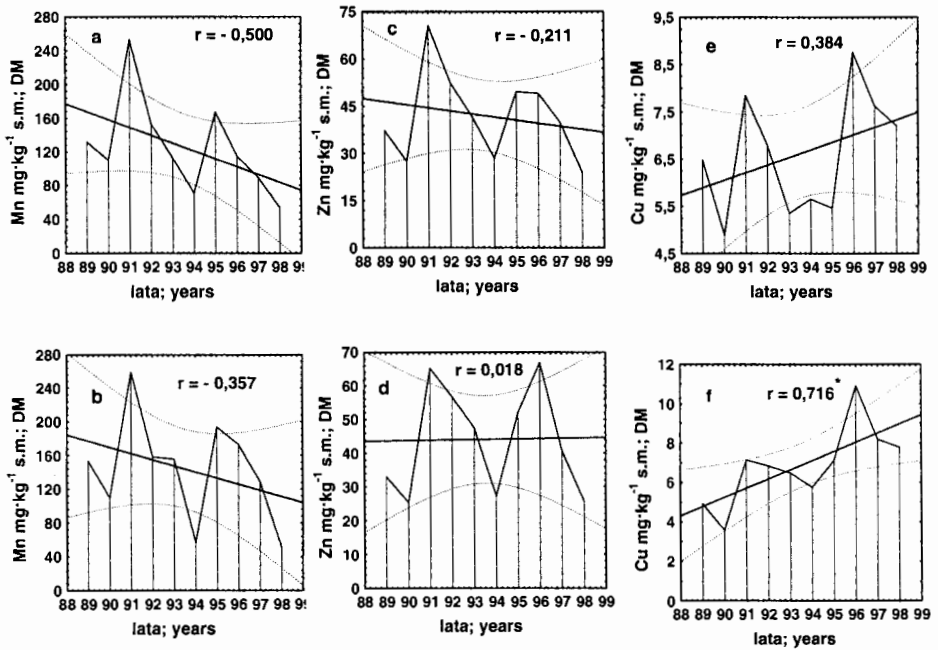
| Składnik Element | Doświad- czenie Experi- ment | Lata Years | mg·kg ⁻¹ s.m.; mg·kg ⁻¹ DM | | | | | | |
|---------------------|---------------------------------------|---------------|--|-----------------|-----------------|----------------|----------------|--|------|
| | | | obiekt nawozowy; treatment | | | | | NIR _{0,01} LSD _{0,01} | |
| | | | Ca ₀ | Ca ₁ | Ca ₂ | N ₁ | N ₂ | Ca ₀ | N |
| Mn | Baniocha | 1989n | 152,1 | 78,2 | 34,5 | 87,8 | 98,0 | 35,9 | – |
| | | 1995 | 204,0 | 95,6 | 48,0 | 48,8 | 133,2 | 65,9 | 46,6 |
| | Janki* | 1989n | 197,2 | 183,2 | 142,6 | 167,8 | 180,9 | 43,4 | – |
| | | 1995 | 210,6 | 187,6 | 180,5 | 183,0 | 202,8 | 38,4 | 27,1 |
| | | 1998 | 45,8 | 49,5 | 52,3 | 49,4 | 49,1 | – | – |
| | Laszczki* | 1989n | 99,6 | 67,7 | 47,2 | 66,7 | 76,3 | 25,9 | – |
| | | 1995 | 123,4 | 104,4 | 82,0 | 97,6 | 108,9 | 40,4 | – |
| | | 1998 | 53,3 | 42,5 | 45,0 | 51,7 | 46,8 | – | – |
| | Zn | Baniocha* | 1989n | 41,9 | 34,2 | 33,8 | 37,9 | 35,3 | 4,7 |
| 1995 | | | 66,1 | 49,6 | 44,0 | 48,1 | 58,5 | 18,9 | 13,4 |
| Janki* | | 1989n | 37,4 | 38,7 | 35,1 | 37,9 | 36,3 | – | – |
| | | 1995 | 52,2 | 47,7 | 51,0 | 48,7 | 52,0 | – | – |
| | | 1998 | 23,0 | 25,9 | 24,8 | 24,3 | 24,8 | – | – |
| Laszczki | | 1989n | 47,6 | 44,5 | 38,5 | 42,8 | 44,3 | 7,7 | – |
| | | 1995 | 38,1 | 36,4 | 37,6 | 35,2 | 39,5 | – | – |
| | | 1998 | 26,5 | 23,3 | 23,9 | 25,0 | 24,1 | – | – |
| Cu | | Baniocha* | 1989n | 3,1 | 2,6 | 2,2 | 3,2 | 2,0 | – |
| | 1995 | | 5,4 | 4,3 | 4,0 | 4,2 | 5,0 | – | – |
| | Janki* | 1989n | 5,6 | 6,0 | 5,7 | 6,3 | 5,1 | – | 0,7 |
| | | 1995 | 7,1 | 5,7 | 6,3 | 5,8 | 6,9 | – | – |
| | | 1998 | 7,8 | 8,8 | 7,5 | 7,6 | 8,4 | – | – |
| | Laszczki* | 1989n | 10,4 | 10,3 | 9,7 | 9,1 | 11,1 | – | 1,3 |
| | | 1995 | 7,9 | 7,7 | 8,5 | 7,0 | 9,1 | – | 2,2 |
| | | 1998 | 8,7 | 6,8 | 8,6 | 7,8 | 8,2 | ** | |

* nawożenie mikroelementem; fertilized with microelement

1989 n – zawartości mikroelementu w runi nienawożonej; 1989 n – not fertilized

** współdziałanie Ca x N, NIR_{0,01} – 2,1; interaction Ca x N, LSD_{0,01} – 2.1

CYNK. Zawartość Zn w runi z pierwszego pokosu doświadczenia w Banioche (nienawożonej nim) była istotnie większa na obiekcie Ca₀ w porównaniu z obiektami wapnowanymi (Ca₁ i Ca₂), co stwierdzono we wcześniejszych badaniach [SAPEK 1993]. Nawożenie cynkiem znacznie wzbogaciło run łąkową w ten składnik na wszystkich obiektach. Największą zawartość cynku w szóstym roku stwierdzono na obiekcie Ca₀, istotnie większą niż na Ca₂. Większe nawożenie azotem (N₂) spowodowało istotny wzrost zawartości cynku w runi, co można tłumaczyć zwiększonym jego pobieraniem.



Rys. 1. Dynamika zawartości Mn (ab), Zn (cd), Cu (ef) w runi łąkowej z I pokosu z doświadczenia w Jankach: a, c, e – Ca_2N_1 , b, d, f – Ca_2N_2

Fig. 1. Dynamics in Mn (ab), Zn (cd) and Cu (ef) contents in sward of the I-st cut from Janki experiment: a, c, e – Ca_2N_1 , b, d, f – Ca_2N_2

Na doświadczeniu w Jankach zawartości Zn w runi w szóstym roku po nawożeniu, tym składnikiem, zwiększyły się na wszystkich obiektach osiągając górną wartość krytyczną $50\ mg\ kg^{-1}\ s.m.$ W dziewiątym roku po nawożeniu nastąpiło obniżenie zawartości Zn w runi z poszczególnych obiektów oraz znaczne wyrównanie pomiędzy obiektami.

Tabela 2; Table 2

Średnie, roczne plony suchej masy roślinnej łąkowej z trzech doświadczeń
 Mean annually dry matter yields of herbage from three experiments

| Doświadczenie Experiment | Sucha masa; Dry matter ($t\ ha^{-1}$) | | | |
|-----------------------------|---|------|------|------|
| | lata; years | | | |
| | 1991 | 1994 | 1995 | 1998 |
| Baniocha | 6,39 | 6,59 | 5,01 | – |
| Janki | 7,14 | 8,27 | 7,62 | 8,91 |
| Laszczki | 9,92 | 9,92 | 8,28 | 8,56 |

Zawartości Zn w runi nienawożonej tym składnikiem z poszczególnych obiektów doświadczenia w Laszczkach były znacznie większe niż w Baniosze i Jankach. Brak nawożenia cynkiem spowodował systematyczne zmniejszenie jego zawartości w runi w roku 1995 i 1998.

Dynamika zmian zawartości Zn w latach 1989–1998 wykazała, podobnie jak

Mn, dwufazowy przebieg krzywej empirycznej (rys. 1 c, d). Wskazuje to na znaczący wpływ warunków wilgotnościowych i pogodowych panujących w danym roku. Mimo braku istotnej zależności stwierdzono tendencję zmiany zawartości Zn tylko na obiekcie nawożonym $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rys. 1c). Można sądzić, że nawożenie większą dawką saletry amonowej (N_2) zwiększa intensywność wykorzystania Zn z ubogiej w C org. gleby doświadczenia w Jankach. W Laszczkach na bardziej zwężłej i bogatej w próchnicę, a także bardziej uwilgotnionej glebie, stwierdzono podobną tendencję zmian Zn jak w przypadku obiektu Ca_2N_1 w Jankach.

MIEDŹ. Przed nawożeniem miedzią ruń łąkowa z pierwszego pokosu wszystkich obiektów doświadczenia w Baniosze była bardzo uboga w ten składnik (tab. 1).

Najmniejszą zawartość Cu stwierdzono na podwójnym nawożeniu azotem, istotnie mniejszą w porównaniu do N_1 co jest efektem jej rozcieńczenia w plonie [SAPEK 1993]. Nawożenie Cu spowodowało jej wzrost zawartości w runi w następnych latach po zastosowaniu. Wapnowanie oraz nawożenie azotem w tym doświadczeniu nie powodowało istotnych zmian zawartości miedzi w runi.

Ruń przed nawożeniem miedzią (1989 r.) na wszystkich obiektach doświadczenia w Jankach była znacznie zasobniejsza w Cu w porównaniu z runią doświadczenia w Baniosze. Istotnie mniejszą zawartość Cu, podobnie jak w Baniosze, stwierdzono na podwójnym nawożeniu azotem. Nawożenie Cu spowodowało wzrost jej zawartości w runi na wszystkich obiektach doświadczenia zarówno w szóstym jak i w dziewiątym roku po nawożeniu tym składnikiem (tab. 1).

Ruń ze wszystkich obiektów doświadczenia w Laszczkach przed nawożeniem Cu była najbardziej zasobna w ten składnik. Mimo nawożenia miedzią w szóstym roku po jej zastosowaniu na wszystkich obiektach wystąpiło zmniejszenie jej zawartości w runi. Zarówno przed, jak i po nawożeniu Cu, większe dawki azotu (N_2) zwiększyły jej zawartość w runi, co wskazuje na intensywniejsze pobieranie tego składnika przez rośliny (tab. 1). W dziewiątym roku po wykonaniu nawożenia na niektórych obiektach doświadczenia stwierdzono wzrost zawartości Cu, a na innych jej obniżenie w runi co mogło być efektem współdziałania czynników nawozowych ($\text{Ca} \times \text{N}$).

Krzywe regresji dla obydwu dawek azotu (N_1 i N_2) wykazały wzrost zawartości Cu po nawożeniu tym składnikiem, istotny w przypadku dawki N_2 , co ilustruje przykład doświadczenia w Jankach (rys. 1 e i f). Tutaj również wystąpił dwufazowy charakter krzywej empirycznej, co potwierdza znaczący wpływ warunków glebowo-wilgotnościowych na plonowanie i zawartość Cu w roślinach. Na doświadczeniu w Laszczkach tendencję wzrostu zawartości Cu w runi w miarę upływu lat zaobserwowano tylko na dawce azotu N_1 . Nawożenie większą dawką N_2 powodowało systematyczne zmniejszanie zawartości Cu w miarę upływu lat. Odmienne zachowanie się Cu w ubogiej w próchnicę glebie z doświadczenia w Jankach potwierdza znaczący wpływ próchnicy na pobieranie Cu przez rośliny łąkowe [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1979].

Wnioski

1. Nawożenie mineralne manganem, cynkiem i miedzią gleby łąkowej, zarówno niewapnowanej jak i wapnowanej, zwiększyło zawartość tych składników w runi łąkowej.

2. Zawartość Mn i Zn w runi zwiększała się w miarę upływu lat badań, silniej po stosowaniu większej dawki azotu ($240 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$).
3. Nawożenie miedzią gleby ubogiej w próchnicę powodowało wzrost zawartości Cu w runi w miarę upływu lat, bez względu na stosowaną dawkę azotu. Pobieranie Cu i zmiany jej zawartości w runi na glebie zasobnej w próchnicę zależały od stosowanej dawki azotu.
4. Ilości opadów zmieniające warunki wodne gleb w danym roku, były znaczącym czynnikiem kształtującym dynamikę zawartości Mn, Zn i Cu w runi łąkowej.

Literatura

BARSZCZEWSKI J., SAPEK B. 1992. *Następczy wpływ wapnowania na zawartości i pobieranie magnezu i cynku przez roślinność użytku zielonego nawożonego saletrą amonową*. AR Wrocław. Mat. VII Symp. „Mikroelementy w rolnictwie” 16–17 IX 1992, AR Wrocław: 381–384.

JARVIS C.S. 1984. *The forms of occurrence of manganese in someacidic soils*. J. Soil. Sci. 35: 421–429.

KABATA-PENDIAS A. PENDIAS H. 1979. *Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym*. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.

SAPEK A. 1979. *Metody analizy chemicznej roślinności łąkowej, gleby i wody*. Mat. Metod., IMUZ Falenty 1: 55 ss.

SAPEK B. 1993. *Studia nad wapnowaniem trwałego użytku zielonego na glebie mineralnej*. Wyd. IMUZ Falenty. Rozp. hab.: 93 ss.

Słowa kluczowe: nawożenie manganem, cynkiem i miedzią, dynamika zawartości Mn, Zn i Cu w runi łąkowej

Streszczenie

Badanie dynamiki zmian zawartości Mn, Zn i Cu w roślinności łąkowej po nawożeniu nimi prowadzono w trzech doświadczeniach: Baniocha, Janki i Laszczki. Czynnikiem były trzy poziomy wapnowania (Ca_0 , Ca_1 i Ca_2) na tle zróżnicowanego nawożenia azotem (N_1 i N_2).

Nawożenie mikroskładnikami gleby łąkowej niewapnowanej oraz wapnowanej zwiększało ich zawartość w runi łąkowej. Istotnie większa zawartość Mn i Zn lub tendencja wzrostu zawartości na obiektach niewapnowanych wystąpiła we wszystkich doświadczeniach. Wapnowanie nie powodowało zmian zawartości Cu w runi. Podwojone nawożenie azotem powodowało tendencje lub istotny wzrost zawartości badanych mikroelementów w runi. Nie tylko nawożenie lecz również warunki wodne gleby podyktowane opadami w danym roku kształtowały dynamikę zawartości Mn, Zn i Cu w runi łąkowej.

DYNAMICS OF Mn, Zn AND Cu CONTENTS IN HERBAGE
FERTILIZED WITH THESE ELEMENTS IN LONG-TERM
MEADOW EXPERIMENTS

*Jerzy Barszczewski*¹, *Barbara Sapek*², *Danuta Kalińska*²

¹ Experimental Station of Land Reclamation and Grassland Farming, Falenty

² Institute for Land Reclamation and Grassland Farming, Falenty

Key words: manganese, zinc and copper fertilization, dynamics of micronutrient content in meadow sward

Summary

Dynamics of changes in the contents of Mn, Zn and Cu in meadow herbage after their application in fertilizers, were studied in three experiments at: Baniocha, Janki and Laszczki. The tested factors were three levels of liming (Ca_0 , Ca_1 and Ca_2) against the background of different nitrogen fertilization (N_1 and N_2).

Fertilization with microelements of meadow soil, limed and not limed, increased the contents of this components in meadow sward. Significantly higher contents of Mn and Zn or the tendency to increase their content on not limed objects were observed. Lime application did not cause any change of Cu content in the sward. The doubled nitrogen fertilization rate showed tendency or significant increase in the content of tested microelements. Not only fertilization but soil also water conditions following the rainfalls in given year shaped the dynamics of Mn, Zn and Cu contents in meadow sward.

Dr inż. Jerzy **Barszczewski**

Zakład Doświadczalny Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach

05-090 RASZYN

tel. (22) 72 00 430; tel./fax. (22) 72 00 546