

Wpłynęło 05.11.2012 r.
Zrecenzowano 28.01.2013 r.
Zaakceptowano 11.03.2013 r.
A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

GOSPODARKA CYNKIEM NA ŁĄCE TRWAŁEJ GRĄDOWEJ W WARUNKACH ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA

Jerzy BARSZCZEWSKI^{ABDEF}, Małgorzata DUCKA^{BCDE}

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Użytków Zielonych.

Streszczenie

Badania były prowadzone w latach 2006–2009 w Zakładzie Doświadczalnym ITP w Falentach, na doświadczeniu łąkowym, o powierzchni łąnów ok. 0,3 ha, w warunkach grądu właściwego na czarnej ziemi zdegradowanej o składzie granulometrycznym gliny lekkiej pylastej, gdzie był zróżnicowany odczyn gleby. Porównywano wpływ nawożenia mineralnego oraz organicznego (obornik i gnojówka) – dwa poziomy nawożenia azotem 60 (I) i 90 (II) kg·ha⁻¹ na plonowanie, zasobność gleby w cynk i jego zawartość w runi łąkowej. W pierwszym roku badań, na wszystkich łąkach doświadczenia, stwierdzono kwaśny odczyn górnych warstw gleby. Po trzech latach badań na obiektach nawożonych mineralnie i obornikiem (oba poziomy) notowano dalsze zmniejszanie się pH gleby. Nawożenie gnojówką miało stabilizujący wpływ na odczyn gleby. Najmniejsze roczne plony suchej masy runi łąkowej uzyskiwano z obiektów nawożonych obornikiem (oba poziomy nawożenia azotem). Największe roczne plony suchej masy uzyskiwano na obiekcie nawożonym mineralnie w dawce 90 kg N·ha⁻¹ (NPK/II) oraz nawożonymi gnojówką na tym samym poziomie (G/II). Zasobność badanych gleb w cynk kształtowała się na średnim i wysokim poziomie. Na podstawie przeprowadzonych badań nie stwierdzono jednoznacznej zależności między odczynem gleby a jej zasobnością w cynk. Niezależnie od początkowego odczynu i poziomu zasobności gleby w analizowany składnik, stosowane nawożenie, zarówno mineralne, jak i organiczne, powodowało wyraźne jej zmniejszenie. Największe niedobory cynku w runi łąkowej najczęściej objawiały się w pierwszym pokosie, co mogło wynikać z dużego plonowania oraz efektu rozcieńczenia. Wśród stosowanych sposobów nawożenia, mimo zmniejszającej się zasobności cynku w glebie, stwierdzono wyraźną poprawę jego niedoborowych zawartości w runi na obiektach nawożonych obornikiem.

Słowa kluczowe: łąka trwała, nawożenie, zasobność gleby, zawartość cynku w runi

Do cytowania For citation: Barszczewski J., Ducka M. 2013. Gospodarka cynkiem na łące trwałej grądowej w warunkach zróżnicowanego nawożenia. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 13. Z. 1(41) s. 5–14.

WSTĘP

Cynk jest pierwiastkiem niezbędnym do prawidłowego funkcjonowania roślin, zwierząt i człowieka. W roślinach, jako składnik wielu enzymów, bierze udział w metabolizmie węglowodanów, białek i związków fosforowych [ALLOWAY 2004]. Wpływa również na przepuszczalność błon komórkowych, reguluje procesy powstawania rybosomów, bierze udział w syntezie auksyn i zwiększa odporność roślin na suszę i choroby [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999]. W organizmach zwierząt bierze udział w metabolizmie białek i węglowodanów, a jego niedobór wywołuje zaburzenia rozwoju układu kostnego, funkcji rozrodczych oraz stany zapalne skóry i nieprawidłowy porost sierści. Zapotrzebowanie zwierząt pokrywają rośliny o zawartości ok. 30 mg Zn·kg⁻¹. Uważa się, że w nadmiarze cynk jest jedną z przyczyn zmian nowotworowych. Najbardziej wrażliwe na duże ilości cynku są przeżuwacze i mogą ulec zatruciu po spożyciu roślin zawierających ok. 1000 mg Zn·kg⁻¹, za szkodliwe dla zwierząt uznaje się już ok. 100 mg Zn·kg⁻¹, gdyż większa zawartość wywołuje wtórny deficyt miedzi [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999].

Cynk występujący w glebie w roztworze glebowym lub w łatwo rozpuszczalnych formach jest równocześnie łatwo dostępny dla roślin [ŁABĘTOWICZ, RUTKOWSKA 2000]. Dostępność tego składnika dla roślin zależy od całkowitej jego zawartości w glebie, pH, wilgotności gleby, zawartości substancji organicznej, węglanów, aktywności mikrobiologicznej w ryzosferze oraz zawartości innych mikro- i makroelementów, przede wszystkim fosforu, azotu i miedzi [ALLOWAY 2004; LONERAGAN, WEBB 1993]. TILLER [1989] twierdzi, że na pobranie cynku przez rośliny wpływają głównie właściwości gleby.

Celem badań było porównanie zawartości cynku w runi z poszczególnych pokosów oraz jego zasobności w glebie na tle plonowania runi łąkowej pod wpływem nawożenia mineralnego oraz obornikiem i gnojówką na dwóch poziomach N/60 (I) i N/90 (II), czyli odpowiednio 60 i 90 kg·ha⁻¹.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania prowadzono w latach 2006–2009 w Zakładzie Doświadczalnym byłego IMUZ (obecnie ITP) w Falentach, w doświadczeniu łąkowym na łące trwałej w warunkach grądu właściwego na czarnej ziemi zdegradowanej o składzie granulometrycznym gliny lekkiej pylastej. W badaniach porównywano efekty nawożenia dawkami azotu 60 (I) i 90 (II) kg·ha⁻¹, stosowanymi w nawozach mineralnych, oborniku i gnojówce, na plonowanie oraz zawartość cynku w glebie i runi łąkowej. Nawożenie mineralne stosowano w formie saletry amonowej, mączki fosforytowej oraz siarczanu potasu, nawożenie organiczne zaś w formie prefermentowanego obornika i gnojówki bydłowej. Ilość stosowanych nawozów naturalnych była określana na podstawie zawartości azotu po uwzględnieniu przyjętego równoważnika

jego wykorzystania [KUTERA 1990]. Przyjęto następujące równoważniki wykorzystania kolejno N, P i K z danego nawozu naturalnego:

– obornik	0,5	1,0	0,7
– gnojówka (stosowana doglebowo)	0,7	1,0	0,8

Na poziomie I (N – 60 kg·ha⁻¹) stosowano obornik w ilości od 24,0 do 30,0 t·ha⁻¹, a gnojówkę od 24,0 do 28,0 m³ w ciągu roku i odpowiednio o połowę więcej na poziomie II (N – 90 kg·ha⁻¹). W oborniku bydłowym wnoszone jest średnio 173 mg Zn·kg⁻¹ s.m. [MAĆKOWIAK, ŻEBROWSKI 2000], a z gnojówką 220,0 mg Zn·kg⁻¹ s.m. [BARSZCZEWSKI 1997]. Na wszystkich obiektach nawożonych obornikiem wnoszono duże dawki fosforu w stosunku do wniesionej ilości azotu – O/I 30 kg P·ha⁻¹, O/II 45 kg P·ha⁻¹. Na obiektach nawożonych gnojówką fosfor uzupełniano mączką fosforytową. Potas wnoszono w dostosowaniu do poziomu nawożenia azotem, odpowiednio 60 (I) i 90 (II) kg K·ha⁻¹. W nawożeniu mineralnym stosowano wiosną całą dawkę P, a N i K po 1/3 rocznej dawki pod każdy pokos. Obornik stosowano na powierzchnię łąki jednorazowo jesienią, z użyciem rozrzutnika dobrze rozdrabniającego, o dużej równomierności rozrzucania. Gnojówkę stosowano doglebowo, z wykorzystaniem specjalnych redlic, w dwu równych dawkach – wiosną oraz po I pokosie.

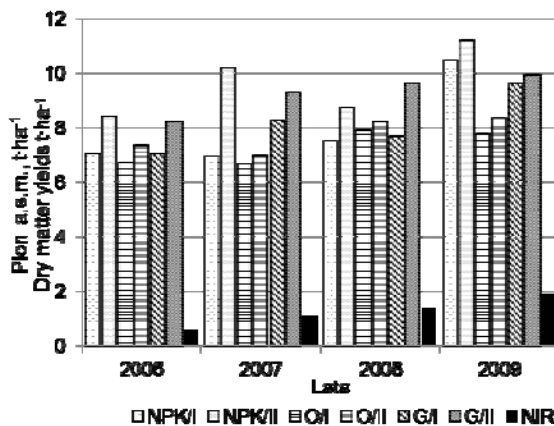
W ramach badań na łące wydzielono 6 łąków (obiektów), każdy o powierzchni ok. 0,3 ha, na których określono pH gleby (tab. 1). Do oceny plonowania i poboru próbek runi łąkowej oraz gleby do analiz chemicznych, na każdym łąnie wyznaczono 5 poletek (powtórzeń) o powierzchni 25 m². Powierzchnię całych łąków kosono trzykrotnie w ciągu sezonu wegetacyjnego.

Ocenę odczynu gleby na poszczególnych obiektach oraz jej zasobności w cynk wykonano w pierwszym oraz po trzecim roku badań, w warstwach 0–10 i 10–20 cm. Plony runi oceniano z trzech pokosów na poszczególnych obiektach. W pobranych próbkach runi łąkowej, po ich wysuszeniu i zmieleniu, oznaczano zawartość cynku. Zawartość cynku w roślinności oznaczano corocznie w latach 2006–2009, a w glebie w 2006 i 2008 r. metodą ASA, według metodyki stosowanej w ITP [SAPEK 1979]. W próbkach gleby oznaczono odczyn w 1M KCl (pH_{KCl}).

Uzyskane plony suchej masy poddano ocenie statystycznej, wykorzystując analizę wariancji z wykorzystaniem programu Statistica, modułu Anova/Manova. Za pomocą programu Statistica obliczono współczynniki korelacji między średnią zasobnością gleby w Zn (w warstwie 0–20 cm) a średnią z trzech pokosów zawartością Mn w runi w latach 2006 i 2008.

WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

W czteroletnim okresie badań uzyskiwano stosunkowo duże plony suchej masy (rys. 1), z tendencją do ich zwiększania się wraz z rosnącą ilością opadów. Najmniejsze roczne plony suchej masy runi łąkowej uzyskiwano z obiektów nawożo-



Rys. 1. Plony suchej masy w zależności od dawki nawożenia azotem; $LSD_{0,05}$, gdy $\alpha \leq 0,05$; NPK/I, NPK/II, O/I, O/II, G/I, G/II – obiekty nawozowe szczegółowo opisane w rozdziale „Materiał i metody badań”; źródło: wyniki własne

Fig. 1. Dry matter yields in relation to the dose of nitrogen fertilization; $LSD_{0,05}$, at $\alpha \leq 0,05$; NPK/I, NPK/II, M/I, M/II, LM/I, LM/II – fertilisation objects as described in detail in the “Materials and methods” section; source: own studies

nych wyłącznie obornikiem (oba poziomy O/I i O/II). Największe roczne plony suchej masy uzyskiwano na obiekcie nawożonym nawozami mineralnymi w dawce $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (NPK/II) oraz nawożonymi gnojówką na tym samym poziomie (G/II). Plony z tych obiektów w kolejnych latach były istotnie większe w porównaniu z uzyskanymi z obiektu NPK/I, a także z obiektów nawożonych obornikiem zarówno na pierwszym, jak i drugim poziomie (O/I i O/II) oraz gnojówką na pierwszym poziomie (G/I). Warunki atmosferyczne, zwłaszcza opady, były w okresie badań bardzo zróżnicowane, co również kształtowało plonowanie w poszczególnych latach [DUCKA, BARSZCZEWSKI 2011]. Sumy opadów w omawianym okresie przekraczały ich wartość średnią z wielolecia, zarówno w sezonach wegetacyjnych, jak i w całym roku.

W momencie rozpoczęcia badań na odnotowano zróżnicowany, kwaśny odczyn gleby w warstwie gleby 0–10 cm, którego pH mieściło się w przedziale 4,6–5,3, jak również w warstwie 10–20 cm – pH 4,4–5,9 (tab. 1). Po trzech latach badań na obiektach nawożonych mineralnie na obu poziomach stwierdzono nieznaczne zmniejszenie wartości pH gleby w warstwie 0–10 cm. Podobnie na obu obiektach nawożonych obornikiem nastąpiło wyraźne, ale nieistotne statystycznie, zmniejszenie pH gleby, o ok. 0,3 jednostki w warstwie 0–10 cm, a w warstwie 10–20 cm o 0,2, co uplasowało je w przedziale wartości charakteryzujących gleby bardzo kwaśne. Nawożenie gnojówką utrzymywało odczyn gleby w obu omawianych warstwach, potwierdzając tym samym wyniki uzyskane przez BRZEZIŃSKIEGO i SOSULSKIEGO [2009]. Podobnie jak w badaniach SAPEK [2010], nie wystąpiła zależność między pH gleby a jej zasobnością w Zn.

Tabela 1. Wartości pH gleby na poszczególnych obiektach nawozowych**Table 1.** Soil pH in particular fertilisation objects

Warstwa, cm Layer, cm	Lata Years	Wartość pH gleby Soil pH					
		NPK/I	NPK/II	O/I	O/II	G/I	G/II
0–10	2006	4,7	5,3	4,7	4,6	4,8	5,3
	2008	4,6	5,2	4,3	4,3	4,8	5,3
NIR _{0,05}	LSD _{0,05}	0,74	0,48	0,51	0,73	0,68	0,56
10–20	2006	5,1	5,9	4,4	4,4	5,1	5,8
	2008	5,1	5,9	4,2	4,2	5,0	5,8
NIR _{0,05}	LSD _{0,05}	0,86	0,97	0,69	0,78	0,92	0,87

Objaśnienia: NPK/I, NPK/II, O/I, O/II, G/I, G/II – obiekty nawozowe szczegółowo opisane w rozdziale „Materiał i metody badań”.

Explanations: NPK/I, NPK/II, M/I, M/II, LM/I, LM/II – fertilisation objects as described in detail in the “Materials and methods” section.

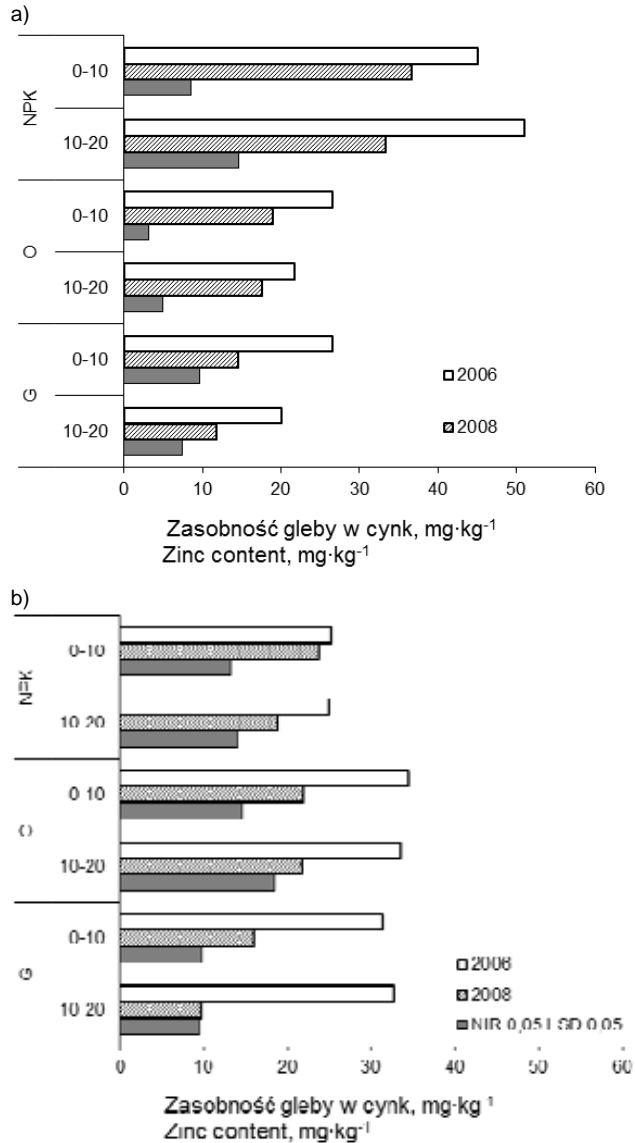
Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Analizowana gleba w trakcie badań charakteryzowała się zróżnicowaną zasobnością w cynk, mieszczącą się w zakresie wartości średnich i wysokich. W ciągu trzech lat odnotowano tendencję zmniejszania zasobności gleby w Zn na wszystkich obiektach (rys. 2). W momencie rozpoczęcia badań zasobność w ten składnik w obu badanych warstwach (0–10 i 10–20 cm) była największa na obiekcie nawożonym mineralnie na pierwszym poziomie (NPK/I). Nawożenie mineralne na obu poziomach powodowało wyraźne zmniejszenie zasobności gleby w cynk. Mimo znacznych różnic w zasobności gleby na obu obiektach nawożonych obornikiem (O/I i O/II), stosowanie tego nawozu skutkowało zmniejszeniem zasobności gleby w ten pierwiastek. Gnojówka, niezależnie od poziomu nawożenia, w trzecim roku badań powodowała największe spośród stosowanych nawozów zmniejszenie zasobności gleby w cynk.

Wyraźnie mniejszą zasobność gleby w cynk w trzecim roku stwierdzono w warstwie 10–20 cm na wszystkich obiektach nawożonych zarówno mineralnie, jak i organicznymi formami nawozów.

Zawartość cynku w runi łąkowej znacznie różnicowała się w runi kolejnych pokosów w poszczególnych latach, wykazując wyraźną tendencję wzrostową w drugim i trzecim pokosie. Istotnie mniejszą zawartość tego składnika zanotowano w runi z pierwszego pokosu na wszystkich obiektach (tab. 2), a głównie NPK/II i G/II. Zawartość Zn w runi z obiektów O/II i NPK/I w kolejnych latach była istotnie większa niż z obiektu NPK/II, co mogło wynikać zarówno ze znacznego jego wnoszenia z obornikiem, jak i silniejszego zakwaszenia gleby na tych obiektach.

Również w runi z drugiego i trzeciego pokosu, w latach 2007, 2008 i 2009, stwierdzono istotnie większą zawartość cynku na obu obiektach nawożonych obornikiem w stosunku do zanotowanej z obiektu NPK/II.



Rys. 2. Zmiany zasobności w cynk ($\text{mg Zn}\cdot\text{kg}^{-1}$) górnych warstw gleby (0–10 i 10–20 cm) na poszczególnych obiektach nawozowych (NPK – nawożenie mineralne, O – obornik, G – gnojówka) w okresie trzech lat badań; a) pierwszy poziom nawożenia ($60 \text{ kg N}\cdot\text{kg}^{-1}$), b) drugi poziom nawożenia ($90 \text{ kg N}\cdot\text{kg}^{-1}$); źródło: wyniki własne

Fig. 2. Changes in the zinc content ($\text{mg Zn}\cdot\text{kg}^{-1}$) in upper soil layers (0–10 and 10–20 cm) of fertilisation objects (NPK – mineral fertilisation, O – manure, G – liquid manure) during the three study years; a) the first level of fertilisation ($60 \text{ kg N}\cdot\text{kg}^{-1}$), b) the second level of fertilisation ($90 \text{ kg N}\cdot\text{kg}^{-1}$); source: own studies

Tabela 2. Zawartość cynku w runi ($\text{mg Zn}\cdot\text{kg}^{-1}$) z poszczególnych pokosów w latach 2006–2009**Table 2.** Zinc content in meadow sward ($\text{mg Zn}\cdot\text{kg}^{-1}$) from three cuts in the years 2006–2009

Pokos Cut	Lata Years	Zawartość w runi na obiektach Content in sward on objects						
		NPK/I	NPK/II	O/I	O/II	G/I	G/II	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
I	2006	27,57	22,90	25,60	25,67	26,33	26,50	4,34
	2007	29,37	18,43	30,43	28,36	21,90	19,54	3,79
	2008	31,47	26,03	36,47	35,53	25,43	20,33	6,80
	2009	31,04	20,70	34,88	31,84	18,10	16,84	6,09
	średnia average	29,86	22,02	31,85	30,35	22,94	20,80	–
	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	5,04	6,94	4,83	5,36	3,06	4,07	–
II	2006	42,63	37,87	39,70	37,67	28,40	32,97	6,33
	2007	32,33	24,66	49,53	46,57	24,83	21,41	9,85
	2008	34,77	31,93	58,00	48,07	31,73	25,13	10,97
	2009	40,64	25,08	38,18	37,74	22,18	18,02	8,28
	średnia average	37,59	29,89	46,35	42,51	26,79	24,38	–
	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	6,76	6,68	8,76	7,57	5,15	3,86	–
III	2006	30,70	35,87	32,20	28,63	36,60	37,57	5,60
	2007	31,68	20,57	37,26	36,27	24,74	19,31	6,96
	2008	48,97	32,00	51,50	42,80	30,17	30,00	8,50
	2009	42,20	23,00	39,68	39,70	24,82	24,94	9,12
	średnia average	38,39	27,86	40,16	36,85	29,08	27,96	–
	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	10,50	6,51	7,10	8,81	3,32	5,07	–

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Obliczone współczynniki korelacji jednoznacznie dowodzą braku związku między zasobnością gleby w Zn oraz średnią zawartością Zn w runi. W 2006 r. współczynnik ten wynosił 0,15, a w 2008 uległ obniżeniu do 0,04. Jest to wynik zupełnie odmienny niż uzyskany przez BOROWCA i URBANA [1997] oraz TRĄBĘ i WOLAŃSKIEGO [2000], którzy donoszą o dodatnim wpływie zawartości cynku w glebie na koncentrację tego składnika w runi.

Wbrew licznym doniesieniom, np. BARSZCZEWSKIEGO i in. [2000] czy RABIKOWSKIEJ [2000], stosowanie większej ilości azotu ($90 \text{ kg N}\cdot\text{kg}^{-1}$) nie spowodowało zwiększenia zawartości cynku w runi. Zanotowano nawet istotne zmniejszenie zawartości cynku w runi na obiekcie NPK/II, co mogło być spowodowane wysokimi plonami uzyskanymi pod wpływem większych dawek nawozów mineralnych (rys. 1) i efektem rozcieńczenia.

Stwierdzono wyraźną zależność między odczynem gleby a zawartością cynku w runi łąkowej, zwłaszcza w 2008 i 2009 r. na obu obiektach nawożonych obornikiem, co jest zupełnie odmiennym rezultatem, niż podają SPIAK i WALL [2000]. Jak podaje TILLER [1989], duża rozpuszczalność cynku, a zatem i jego pobieranie przez rośliny, występuje gdy pH gleby wynosi poniżej pH 4,5, natomiast silne jego wiązanie następuje po przekroczeniu pH 7, tj. w warunkach mniejszego zakwaszenia gleby niż na omawianym doświadczeniu. Niedoborowa zawartość cynku w runi łąkowej, wynosząca poniżej 30 mg Zn·kg⁻¹ [SAPEK 2010], na obiekcie nawożonym mineralnie z większą ilością azotu oraz na obu obiektach nawożonych gnojówką potwierdza zależności opisane przez KOPCIA i GONDKA [2004], wskazujące na zmniejszenie ilości pobranego cynku w warunkach większego pH. GONDEK [2009] zwraca uwagę, że zwiększająca się w warunkach silniejszego zakwaszenia gleby dostępność cynku zwiększa jego przyswajalność dla roślin, ale może także przyczynić się do większego przemieszczania się tego składnika w głąb profilu glebowego, a w efekcie – do jego wymywania.

WNIOSKI

1. Niezależnie od początkowej wartości pH i poziomu zasobności gleby w cynk, stosowane nawożenie, zarówno nawozami mineralnymi, jak i naturalnymi, powodowało wyraźne zmniejszenie tej zasobności.

2. Największe niedobory cynku w runi łąkowej najczęściej objawiały się w pierwszym pokosie, co mogło wynikać z dużego plonowania oraz efektu rozcieńczenia.

3. Wśród stosowanych sposobów nawożenia, mimo zmniejszającej się zasobności gleby w cynk, stwierdzono wyraźną poprawę jego zawartości w runi na obiektach nawożonych obornikiem.

LITERATURA

- ALLOWAY B.J. 2004. Zinc in soils and crop nutrition. Brussels. IZA, IFA. ISBN 978-90-8133-310-8 ss. 129.
- BARSZCZEWSKI J. 1997. Zachowanie się potasu, wapnia i magnezu w układzie gleba-roślinność łąki trwałej deszczowanej. Rozprawa doktorska. Falenty. IMUZ ss. 58.
- BARSZCZEWSKI J., SAPEK B., KALIŃSKA D. 2000. Dynamika zawartości Mn, Zn i Cu w roślinności z długoletnich doświadczeń łąkowych po ich nawożeniu tymi składnikami. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 471 s. 647–653.
- BOROWIEC J., URBAN D. 1997. Łąki. Cz. 2. Kondycja geochemiczna siedlisk łąkowych Lubelszczyzny. Środowisko Przyrodnicze Lubelszczyzny. Lublin. LTN. ISBN 838549197X ss. 152.
- BRZEZIŃSKI M., SOSULSKI T. 2009. Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość ruchomych form manganu i żelaza w glebie lekkiej. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 541 s. 73–79.

- DUCKA M., BARSZCZEWSKI J. 2011. Changes in species composition, yielding and nitrogen balance in a permanent organic meadow. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. Vol. 56 (3) s. 65–70.
- GONDEK K. 2009. Wpływ nawożenia na zawartość mobilnych form wybranych mikroelementów w glebie oraz ich wymywanie w doświadczeniu wazonowym. *Acta Agrophysica*. No 13(1) s. 89–101.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. Warszawa. Wydaw. Nauk. PWN. ISBN 978-83-01-12823-4 ss. 398.
- KOPEĆ M., GONDEK K. 2004. Microelement concentrations in sward and soil of long term fertilizer experiment (Czarny Potok). *Acta Agrophysica*. No 4(1) s. 51–58.
- KUTERA J. 1990. Rolnicze wykorzystanie gnojowicy. Materiały Instruktażowe. Nr 76. Falenty. Wydaw. IMUZ. ISSN 0860-0813 ss. 37.
- LONERAGAN J.F., WEBB M.J. 1993. Interactions between Zn and other nutrients affecting the growth of plants. W: Zinc in soils and plants. Pr. zbior. Red. A.D. Robson. Dordrecht. Kluwer Academic Publ. s. 119–151.
- ŁABĘTOWICZ J., RUTKOWSKA B. 2000. Próba wykorzystania składu chemicznego roztworu glebowego w diagnostyce nawożenia mikroelementami. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 471 s. 45–51.
- MAĆKOWIAK Cz., ŻEBROWSKI J. 2000. Skład chemiczny obornika w Polsce w zależności od gatunku i rodzaju żywienia zwierząt oraz sposobu jego przechowywania. *Biuletyn Informacyjny IUNG*. Nr 14 s. 15–21.
- RABIKOWSKA B. 2000. Zawartość i pobranie Cu, Mn i Zn przez jęczmień jary w warunkach wieloletniego zróżnicowanego nawożenia obornikiem i azotem. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 513 s. 473–483.
- SAPEK A. 1979. Metody analizy chemicznej roślinności łąkowej, gleby i wody. Cz. 1. Falenty. IMUZ ss. 55.
- SAPEK B. 2010. Mikroelementy w roślinności łąkowej nawożonej azotem w wieloleciu przed i po jednorazowym zastosowaniu mikronawozów na tle następczego wpływu wapnowania. Cz. 1. Zmiany zawartości manganu, cynku i miedzi oraz ich wpływ na plony. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 10. Z. 4(32) s. 179–203.
- SPIAK Z., WALL Ł. 2000. Współzależność zawartości cynku w glebach i roślinach w warunkach polowych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 471 s. 145–152.
- TILLER K. G. 1989. Heavy metals in soils and their environmental significance. *Advances in Soil Science*. No 9 s. 113–142.
- TRĄBA C., WOLAŃSKI P. 2000. Zawartość Cu, Zn, Mn i Fe w runi półnaturalnych łąk zespołu *Arrhenatheretum elatioris* w południowo-wschodniej Polsce. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 471 s. 811–817.

Jerzy BARSZCZEWSKI, Małgorzata DUCKA

ZINC MANAGEMENT IN PERMANENT MEADOW AT DIFFERENT FERTILISATION

Key words: content in the sward, fertilisation, permanent meadow, soil richness, zinc

Summary

Studies were carried out in the years 2006–2009 in Experimental Farm ITP in Falenty in a plot (c. 0.3 ha) experiment set up on black degraded earth of a grain size structure of light dusty loam. The effect of soil pH and mineral or organic (manure and liquid manure) fertilisation at two rates of 60 (I)

and 90 (II) kg N·ha⁻¹ on yielding and the content of zinc in soil and meadow sward was analysed. Acidic pH of the upper soil layers was found in the first study year in all experimental plots. After three years of this study, soil pH decreased at both levels of fertilisation with mineral N and manure (M). Fertilisation with liquid manure (LM) stabilised soil pH. The smallest annual dry matter yields of meadow sward were obtained at two rates of fertilisation with manure. The highest yields were obtained in the object fertilised with mineral fertilisers at a rate of 90 kg N·ha⁻¹ (NPK/II) and in those fertilised with liquid manure at the same rate (LM/II). Zinc content in studied soils was at medium and high level. Obtained results did not show clear relationship between pH of the soil and its richness in zinc. Regardless of initial pH and zinc content in the soil, applied fertilisation resulted in the reduction of zinc content. The biggest deficiency of zinc in the sward usually manifested itself in the first cut, which could be due to the large yield and the effect of dilution. Fertilisation with manure resulted in a marked improvement in the zinc content of meadow sward.

Adres do korespondencji: dr hab. J. Barszczewski, prof. ITP, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Użytków Zielonych, al. Hrabstwa 3, 05-090 Raszyn; tel. + 48 22 735-75-33, e-mail: J.Barszczewski@itep.edu.pl