

WPŁYW pH NA ZAWARTOŚĆ MANGANU W ROŚLINACH POCHODZĄCYCH Z SIEDLISK NATURALNYCH I UPRAWIANYCH W KULTURACH WODNYCH

A. Szatanik-Kloc

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27
akloc@demeter.ipan.lublin.pl

S t r e s z c z e n i e. Z siedmiu różnych siedlisk Polski pobrano próbki glebowe oraz rośliny mniszka lekarskiego *Taraxacum officinale*. Rośliny rozdzielono na korzenie, liście i kwiatostany. W glebie oraz w poszczególnych częściach roślin oznaczono metodą ASA całkowitą zawartość manganu. Określono również stężenie manganu w korzeniach i częściach nadziemnych pszenicy, pszenżyta i żyta, uprawianych w kulturach wodnych, przy pH=7 i pH=4,5 i stężeniu Mn w pożywce 0,34 mg/dm³. Całkowita zawartość manganu w glebie nie wpływała istotnie na zawartość Mn w roślinach. Stwierdzono istotny wpływ pH na stężenie manganu w liściach roślin pochodzących ze środowiska naturalnego oraz częściach nadziemnych zbóż uprawianych w kulturach wodnych.

S ł o w a k l u c z o w e: mniszek lekarski, mangan, pH, rośliny zbożowe.

WSTĘP

Odczyn jest ważną charakterystyką gleby jako siedliska wzrostu i rozwoju roślin. Większość roślin rozwija się prawidłowo w wąskim, zbliżonym do obojętnego zakresie pH. W glebach kwaśnych, zarówno bezpośrednie oddziaływanie jonów H⁺ na organizmy, jak i pośredni wpływ odczynu na przyswajalność składników pokarmowych, limitują możliwość zaspakajania potrzeb roślin na pierwiastki biogenne. Kwaśny odczyn gleby powoduje toksyczność niektórych jonów, np. Al i Mn. Określenie letalnego stężenia glinu dla organizmu roślinnego jest znacznie prostsze niż manganu, gdyż nie wykazano do tej pory istotnego wpływu Al na rozwój roślin. Zarówno niedobór manganu jak i jego nadmiar mogą negatywnie wpływać na rośliny.

Zawartość manganu w glebie waha się od 20 do 5000 mg kg⁻¹ suchej masy. Źródłem tego pierwiastka w glebie są minerały piroluzyt, manganit, radonit. Znaczne ilości manganu występują również w tlenkach bezwodnych lub uwodnionych, w połączeniach kompleksowych z materią organiczną, w formie mineralnych i organicznych soli w roztworze glebowym oraz w formie wymiennej w kompleksie sorpcyjnym gleby. O ilości dostępnego roślinom manganu w glebie decydują przede wszystkim: pH, potencjał oksydoredukcyjny, zawartość substancji organicznej. Rośliny pobierają mangan dwuwartościowy z rozpuszczonych soli znajdujących się w roztworze glebowym lub w postaci jonów zaadsorbowanych wymiennie na glebowym kompleksie sorpcyjnym. W glebach o kwaśnym odczynie mangan występuje głównie w formie kationu dwuwartościowego (gleby brunatne, płowe, bielcowe), natomiast w glebach alkalicznych (np. rędziny) w formie czterowartościowej (nieostępnej dla roślin). Wysoki potencjał oksydoredukcyjny powoduje przechodzenie manganu w formy słabo rozpuszczalne. Duża zawartość substancji organicznej, która ma zdolność przeprowadzania manganu w związki trudno dostępne dla roślin może, nawet na glebach kwaśnych, powodować symptomy niedoboru manganu w roślinie [9,10].

Niezbędność manganu dla roślin wynika z jego różnych funkcji w metabolizmie. Pierwiastek ten aktywuje wiele reakcji metabolicznych. Przykładowo, w reakcjach zachodzących w cyklu Krebsa działanie jonów manganu MnII jako katalizatora jest efektywniejsze niż magnezu. Niedobór manganu prowadzi, zdaniem niektórych badaczy, do nadmiernego nagromadzenia się niskocząsteczkowych kwasów organicznych (np. cytrynowego). Mangan pełni ważną rolę w procesie fotosyntezy. Zarówno w doświadczeniach z glonami, jak i z roślinami wyższymi, niedobór manganu powodował ograniczenie przyswajalności CO₂. W procesie fotosyntezy jest on prawdopodobnie nośnikiem elektronów podczas fotolizy wody. Utrzymuje również strukturę chloroplastów. Bierze udział w oddychaniu roślin, zarówno w fazie beztlenowej (glikolizie), jak i w fazie tlenowej (cyklu kwasów karboksylowych), rozkładzie glukozy na dwutlenek węgla i wodę. Istotną rolę manganu wykazano również w procesie utleniania żelaza z dwuwartościowego do trójwartościowego. Nadmiar manganu może więc pośrednio wpływać na zwiększenie stężenia FeIII (nieaktywnego), co powoduje, że rośliny mogą odczuwać niedobór żelaza.

Objawy niedostatecznego zaopatrzenia roślin w mangan widoczne są głównie na liściach [8]. Powstaje tzw. cętkowana chloroza. Zielona pozostaje jedynie wiązka naczyniowo-sitowa, co wpływa na osłabienie intensywności procesu fotosyntezy. Wartości graniczne stężenia manganu w roślinach, poniżej których mamy

do czynienia z jego niedoborem, zależą od gatunku, odmiany i stadium rozwoju rośliny. Najczęściej przyjmuje się, iż minimalne stężenie Mn powinno wynosić 40-80 mg kg⁻¹ suchej masy rośliny. Nadmiar manganu powoduje akumulację tego pierwiastka głównie w tkankach korzeniowych rośliny. Objawy chlorozy szczególnie na liściach starszych, podobnie jak obniżenie ilości i jakości plonu, noszą raczej charakter wtórnych symptomów wzrostu stężenia manganu. Graniczne stężenie manganu, przy którym mogą występować symptomy zatrucia, określa się dla większości roślin na 400-500 mg kg⁻¹, a dla szczególnie wrażliwych ok. 200 mg kg⁻¹ [3,7]

Niniejsza praca miała na celu określenie wpływu pH na pobór manganu z gleb siedlisk naturalnych przez rośliny mniszka lekarskiego oraz z kultur wodnych przez wybrane rośliny zbożowe.

MATERIAŁY I METODY

Materiał badawczy pierwszej części badań stanowiły gleby i rośliny pobrane z siedmiu siedlisk województw Małopolskiego (M), Lubelskiego (L) i Podkarpackiego (P), zlokalizowanych w miejscowościach: 1-Ostrowsko (M), 2-Dworzyska (L), 3-Rudnik (L), 4-Pszczela Wola (L), 5, 6-Przemyśl-Młyny (P) oraz 7-Przemyśl-Medyka (P). Pięć siedlisk (2,3,4,5,7) było użytkami rolniczymi na glebach o odczynie zbliżonym do obojętnego. Dwa z nich (1,6) były trwałymi użytkami zielonymi na glebie kwaśnej i słabo kwaśnej. Pobrane do badań gleby z woj. Lubelskiego to głównie gleby brunatne wytworzone z lessu i utworów lessowych. Również do gleb brunatnych zalicza się glebę pobraną z woj. Małopolskiego. Jest to gleba brunatna kwaśna wytworzona z różnych skał litych. Gleby pochodzące z woj. Podkarpackiego to czarnoziemy zdegradowane wytworzone z lessu [9]. Ze wszystkich siedlisk pobrano mniszek lekarski.

W drugiej części badań użyto korzeni i części nadziemnych roślin zbożowych o zróżnicowanej odporności na odczyn podłoża: pszenicy jarej, pszenżyta jarego i żyta ozimego. Wzrost roślin odbywał się w kulturach wodnych o ściśle kontrolowanym składzie i pH pożywki, w cyklu dobowym 16h nocy/8 h dnia, w pomieszczeniu o kontrolowanej temperaturze dnia ($23 \pm 1^{\circ}\text{C}$) oraz temperaturze nocy około 16°C , kontrolowanej wilgotności: około 90% (dzień) i 60% (noc), pod lampami sodowymi typu WLS 400. Rośliny umieszczono w napowietrzanych polietylenowych pojemnikach o objętości 5 dm³ (160 roślin/pojemnik, po skielkowaniu 80 roślin) ze styropianowymi wkładkami zaopatrzonymi w otwory, w których na siatce zabezpieczającej umieszczono rośliny. Stosowano pożywkę o składzie proponowanym

przez Marschnera i Romhelda, w której mangan podawano w ilości $0,34 \text{ mg dm}^{-3}$, w postaci $\text{MnMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ [4].

Odczyn roztworów sprawdzano co 24h oraz, za pomocą 0,1M KOH bądź 0,1M HCl, utrzymywano na stałym poziomie równym $\text{pH}=7$ dla materiału kontrolnego oraz $\text{pH}=4,5$ dla stresu wywołanego niskim pH . Czas inkubacji w warunkach niskiego pH wynosił 10 dni. Do badań pobrano rośliny w fazie strzelania w źdźbło.

Wszystkie rośliny dokładnie oplukano z cząsteczek gleby, kurzu lub pozostałości pożywki. Następnie przepłukano je 0,001M roztworem HCl i trzykrotnie wodą destylowaną. Oddzielono korzenie od części nadziemnych (głównie liści i kwiatostanów). Wysuszone części roślin oraz glebę poddano mineralizacji w wodzie królewskiej na gorąco [11]. W otrzymanych roztworach oznaczono zawartość manganu metodą ASA.

Wszystkie badania wykonano w trzech powtórzeniach.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość manganu w badanych glebach przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Stężenie manganu w glebie. Średnie z trzech powtórzeń

Table 1. Mn concentration in the studied soils. Mean values from 3 repetitions

Nr siedliska	1	2	3	4	5	6	7
pH (KCl)	5,5	6,2	6,82	6,58	6,43	4,87	6,6
Mn, mg/kg	241	179	273	191	275	266	213

Siedliska: 1-Ostrowsko, 2-Dworzyska, 3-Rudnik, 4-Pszczela Wola, 5,6-Przemysł-Młyny, 7-Przemysł-Medyka.

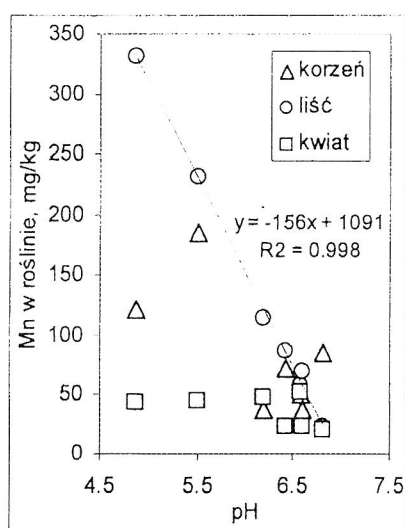
Według badań przeprowadzonych w okręgowych stacjach chemiczno-rolniczych we współpracy i pod kierunkiem Zakładu Agrochemicznej Obsługi Rolnictwa IUNG w Puławach, większość gleb Polski charakteryzuje się wysoką i średnią zawartością manganu. Na Lubelszczyźnie ponad 80% gleb charakteryzuje się wysokim i średnim stężeniem manganu. Podobnie przedstawia się sytuacja w woj. Podkarpackim w okolicach dawnego woj. Przemyskiego, natomiast w dawnym woj. Nowosądeckim (obecnie Małopolskie), skąd pochodzi pozostała część materiału wykorzystanego do badań, wysokie stężenie manganu odnotowano w ok. 30% gleb i średnie w 60% gleb [6].

Zawartość manganu w poszczególnych częściach rośliny mniszka w zależności do pH gleby przedstawiono na rys. 1. Na rysunku pokazana jest linia regresji dla

liści, odpowiadające jej równanie oraz współczynnik korelacji. Zaobserwowano spadek stężenia manganu w roślinie wraz ze wzrostem pH. pH gleby najlepiej koreluje ze stężeniem manganu w liściach badanych roślin ($r^2 = 0,99$).

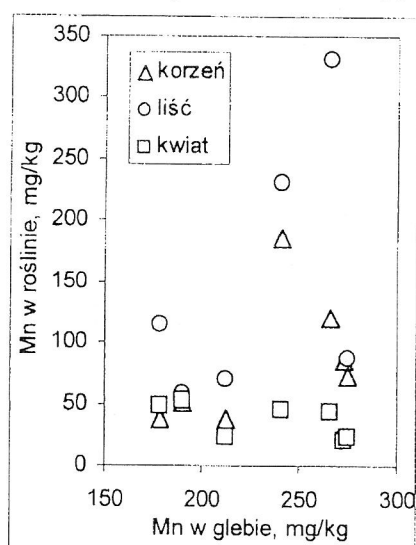
Całkowita zawartość manganu w glebie nie wpływa istotnie na stężenie tego metalu w badanych roślinach, co przedstawiono na rys. 2. Całkowita zawartość manganu glebowego może znacznie przewyższać stężenie form dostępnych dla roślin (zwłaszcza przy wyższym pH) stąd też nie koreluje ona ze stężeniem manganu w poszczególnych częściach badanych roślin [2]. Prawdopodobnie znacznie lepsze korelacje można by uzyskać, określając w glebie stężenie form manganu dostępnych dla roślin.

Wykorzystany w badaniach materiał glebowy i roślinny pochodził głównie z terenów użytkowanych rolniczo, a więc wapnowanych, o odczynie zbliżonym do obojętnego. Stąd też zawartość manganu w badanych roślinach nie wskazuje na jego deficyt lub nadmiar. Najwięcej tego metalu zawierały liście badanych roślin. Na ogół, przy optymalnych warunkach wzrostu i rozwoju (odczyn obojętny), stężenie manganu w liściach jest większe niż w innych częściach rośliny: korzeniach, łodygach,



Rys. 1. Zależność stężenia manganu w poszczególnych częściach roślin mniszka lekarskiego od pH gleby.

Fig. 1. Mn concentration in particular parts of the plants vs. pH of the soil. The solid line is a linear regression dependence for plant leaves.



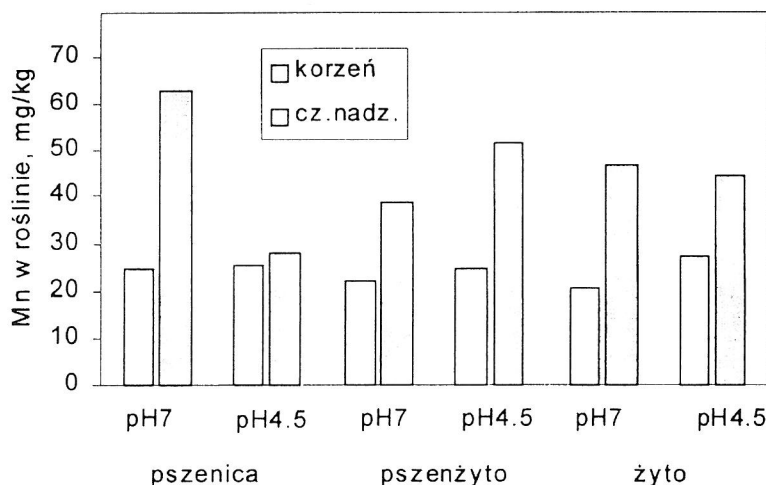
Rys. 2. Zależność stężenia manganu w poszczególnych częściach roślin mniszka lekarskiego od całkowitej zawartości manganu w glebie.

Fig. 2. Mn concentration in particular parts of the plants vs. Mn concentration in the soil.

kwiatach, nasionach. Stwierdzono na przykład, że w jednorocznej sośnie szpilki zawierały 236,9-618,7 mg kg⁻¹, pędy 125,2-427,7 mg kg⁻¹, korzenie ok. 73,2-251 mg kg⁻¹ manganu na kilogram suchej masy [3,5,8].

Zaobserwowano znacznie wyższe stężenie manganu w badanych roślinach mniszka pochodzących z trwałych użytków zielonych, zwłaszcza w korzeniu i liściach. Zawartość manganu w korzeniu mniszka lekarskiego wynosiła od 100 do 200 mg kg⁻¹ s.m. W liściach stężenie manganu przekraczało nawet 300 mg kg⁻¹ s.m., natomiast zawartość manganu w kwiatach była najmniejsza. Niemniej jednak, zawartość manganu nie przekraczała dopuszczalnych stężeń, przy których występowałby jego negatywny wpływ na badane rośliny. Graniczne stężenie tego metalu, przy którym występują symptomy niedoboru lub nadmiaru manganu jest uwarunkowane genetycznie i wykazuje duże zróżnicowanie dla różnych roślin [1,7].

Zawartość manganu w badanych roślinach zbożowych, rosnących w kulturach wodnych przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Wpływ pH pożywki na stężenie manganu w wybranych roślinach zbożowych o zróżnicowanej tolerancji na kwasowość podłoża.

Fig. 3. Effect of pH on Mn concentration in selected cereal plants of different tolerance on soil acidity. Abbreviations: korzeń- root, cz. nadz.- upper parts.

Otrzymane wyniki potwierdzają genetyczne zróżnicowanie odporności roślin na kwasowość podłoża. Pszenica jara, której wzrost i rozwój najlepiej przebiega przy pH zbliżonym do obojętnego, w warunkach stresu wywołanego obniżeniem pH pożywki, obniżyła również stężenie manganu, głównie w swojej części nadziemnej. Natomiast żyto, przystosowane genetycznie do warunków niższego pH,

nie zareagowało istotnymi zmianami przyswajalności manganu przy $\text{pH} = 4,5$. Największe różnice w zawartości tego mikroelementu wykazało pszenżyto jare. Zawartość manganu przy $\text{pH} = 4,5$ wzrosła, szczególnie w częściach nadziemnych, nie przekraczając jednak granicy jego toksyczności. Stężenie manganu u badanych zbóż jest nieco niższe, niż dla roślin mniszka, pochodzących ze środowiska naturalnego. Rośliny pobierają mangan przez cały okres wegetacji. Największe zapotrzebowanie na ten mikroelement przypada na okres kwitnienia. Mangan pobierany jest przede wszystkim przez korzenie, ale również może być sorbowany poprzez liście i to zarówno w postaci rozpuszczalnych soli jak i chelatów [3]. Wzrost roślin zbożowych w prowadzonych badaniach zakończono w fazie strzelania w źdźbło, i dlatego między innymi zawartość manganu w roślinach może być niższa niż w warunkach naturalnych. Ponadto, spadek pH w warunkach glebowych powoduje wzrost stężenia manganu w formie łatwo przyswajalnej przez rośliny. W kulturach wodnych nie ma naturalnego źródła tego pierwiastka (np. minerałów). Obniżenie odczynu pożywki wpływa przede wszystkim na ograniczenie intensywności procesów metabolicznych, którego efektem jest zakłócenie wzrostu i rozwoju roślin szczególnie wrażliwych na niskie pH .

WNIOSKI

1. Wzrost pH gleby wpłynął na obniżenie zawartości manganu, szczególnie w liściach badanych roślin.
2. Całkowita zawartość manganu w glebie nie wpłynęła istotnie na stężenie tego metalu w badanych roślinach.
3. Badane gatunki zbóż wykazały zróżnicowany pobór manganu zarówno przy $\text{pH} = 7$ jak i $4,5$, co jest związane prawdopodobnie ze zróżnicowaniem ich odporności na kwasowość środowiska.

PIŚMIENNICTWO

1. **Aniol A.:** Genetics of acid tolerant plant. W: Plant- soil interactions at low pH . R. J. Wright *et. al.* (Eds) Kluwer Acad. Publ., 1007-1017, 1991.
2. **Gliński J., Stępniewska Z.:** Właściwości gleb zakwaszonych. Symp. Nauk., 51-61, 1993.
3. **Lityński T., Jurkiewicz H.:** Żyzność gleby i odżywianie się roślin. PWN, Warszawa, 1982.
4. **Marschner H., Romheld V.:** In vivo measurement of root-induced pH changes at the soil-root interface: effect of plant species and nitrogen source. Z. Pflanzenphysiol, 111, 249-254, 1983.
5. **Mucha W., Sienkiewicz A., Szymańska M.:** Zawartość niektórych mikroelementów w jednorocznej roślinie zwyczajnej. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol., 176. 337-342, 1976.
6. **Obojski J., Strączyński S.:** Odczyn a zasobność gleb Polski w makro- i mikroelementy. Wyd. IUNG, Puławy, 1995.

7. Scott B.J., Fisher J.A.: Selection of genotypes tolerant of aluminium and manganese. Soil Acidity and Plant Growth, Acad. Press, Australia, 161-203, 1981.
8. Stepniewska Z., Żuchwski J.: Kumulacja manganu przez rośliny uprawiane na polach irygowanych ściekami miejskimi po II stopniu oczyszczenia. Agrofizyka na początku XXI wieku, WNFRNA, 107-109. 2001.
9. Turski R., Słowińska-Jurkiewicz A., Hetman J.: Zarys gleboznawstwa, Wyd. AR Lublin, 1999.
10. Turski R., Uziak S., Zawadzki S.: Gleby. Wyd. LTN Lublin, 1993.
11. Boden-Kundliches Practicum. Blackwell Wissenschafts Verlag. Berlin-Wien. 1995.

EFFECT OF pH ON Mn CONCENTRATION IN PLANTS GROWN IN NATURAL ENVIRONMENT AND IN SOLUTION CULTURES

A. Szatanik-Kloc

Institute of Agrophysics PAS, Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27
e-mail: akloc@demeter.ipan.lublin.pl

S u m m a r y. Five soil samples and whole plants of dandelion *Taraxacum officinale* growing on these soils were taken from five different ecosystems of Poland. In the soils and particular parts of the plants (roots, leaves and flowers) the Mn concentrations were determined. The Mn concentrations in roots and upper parts of the plants were determined also for wheat, barley and rye grown in solution cultures at pH 7 and 4.5 with Mn level of 0.34 mg kg⁻¹. The Mn concentration in the plants was dependent on the pH of the growing medium, which was particularly pronounced in leaves of plants grown in natural conditions and upper parts of plants grown in the solution-cultures.

K e y w o r d s: dandelion, cereal plants, Mn, pH.