

Tadeusz FILIPEK, Stanisław ŁABUDA, Ignacy DECHNIK

**Wpływ wilgotności oraz zróżnicowanego wysycenia kompleksu sorpcyjnego gleby
wapniem i magnezem na stan równowagi jonowej w owsie**

The Influence of Moisture and Differentiated Saturation of the Soil's Sorptive Complex with Calcium and Magnesium on the State of Ionic Balance in Oats

Optymalne wysycenie kompleksu sorpcyjnego gleby kationami, przy którym można by uzyskać najlepsze plony, nie może być uniwersalne dla wszystkich gleb i wszystkich roślin (6-9, 11, 12, 14, 15).

Najgłębsze zmiany w wysyceniu gleby kationami uzyskuje się w wyniku wapnowania i magnezowania gleb. Na skutek wapnowania wapnem magnezowym dochodzi do wyraźnego zawężania stosunku Ca : Mg w glebie, a jednocześnie zmieniają się proporcje pomiędzy składnikami mineralnymi w roztworze glebowym.

W takich warunkach stan równowagi jonowej i wzajemne proporcje pomiędzy jonami w roślinach uzależnione są w dużym stopniu od oddziaływania na siebie jonów zawartych w roztworze glebowym (1-5, 10, 11, 16-18). Na ogół przyjmuje się, że jony jednoimienne oddziałują na siebie antagonistycznie, natomiast różnoimienne synergicznie (3, 5, 11, 14).

M e r c i k (12) zaproponował nawet szereg antagonistycznych wpływów jednego kationu na pobieranie innego: $K - Ca > K - Mg > Ca - K > Mg - Ca > Ca - Mg$.

Celem badań było określenie stanu równowagi jonowej w roślinach owsa w warunkach zróżnicowanej wilgotności i wysycenia kompleksu sorpcyjnego gleby kationami.

METODYKA

Badania prowadzono w latach 1988 i 1989 w hali wegetacyjnej na glebie bielcowej silnie zakwaszonej ($pH_{KCl}=4,2$) wytworzonej z pyłu wodnego pochodzenia.

W wazonach umieszczono po 5,4 kg gleby i utrzymywano wilgotność $W_1-14,0\%$, $W_2-23,5\%$ i $W_3-33,0\%$ objęściowych, co odpowiadało 31,7, 53,0 i 74,8% PPW. Zróżnicowanie wysycenia kompleksu sorpcyjnego gleby kationami uzyskano tworząc obiekty:

O - kontrola

CaO - tlenek wapnia zastosowany wg 1 kwasowości hydrolitycznej

CaO+MgO - mieszanina 1:1 zastosowana wg 1 kwasowości hydrolitycznej

$MgSO_4$ - zastosowano sól $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ w dawce Mg jak w obiekcie $CaO+MgO$.
We wszystkich wazonach zastosowano jednolite nawożenie NPK w ilości: 0,150 g N w postaci NH_4NO_3 , 0,065 g P w postaci $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ oraz 0,150 g K/kg gleby w postaci KCL.

Owies (*Avena sativa*) odmiany Dragon zbierano trzykrotnie: w fazie strzelania w źdźbło (7 wg skali Feekes'a), w fazie wysuwania wiechy (10,5 wg skali Feekes'a) oraz w fazie dojrzałości pełnej (11,4 wg skali Feekes'a). Stan równowagi jonowej oceniono tylko w pierwszych dwóch fazach wskaźnikowych, gdyż one są najbardziej charakterystyczne.

W owsie we wczesnych fazach rozwojowych oznaczono pełny skład jonowy, a w ziarnie i słomie zawartość podstawowych składników mineralnych. W mineralizacie w stężonym kwasie siarkowym z dodatkiem perhydrolu oznaczono azot ogólny metodą Kjeldahla, fosfor kolorymetrycznie metodą wanadomolibdenową, potas i wapń fotopłomieniowo, magnez kolorymetrycznie z żółcieniem tytanową oraz glin kolorymetrycznie z aluminonem. Materiał roślinny ekstrahowano 2% roztworem kwasu octowego z dodatkiem węgla aktywnego i oznaczono sól fotopłomieniowo oraz chlorki i siarczany fotometrycznie.

W wyciągu wodnym ze zmielonego materiału roślinnego, po strąceniu białka roztworem kwasu trójchłorooctowego oznaczono kolorymetrycznie $N-NH_4^+$ z odczynnikiem Neslera oraz $N-NO_3^-$ z kwasem fenylodwusulfonowym.

W glebie oznaczono zawartość kationów wymiennych ekstrahując je roztworem 1 mol CH_3COONH_4 dm⁻³ o pH 7. W przesączu kationy Ca^{2+} , Na^+ i K^+ oznaczono metodą fotometrii płomieniowej, zaś Mg^{2+} metodą ASA. Zawartość jonów wodorowych przyjęto według kwasowości hydrolitycznej. Z różnicy sum kationów - C i anionów nieorganicznych - A wyliczono ilość anionów organicznych C-A w roślinach. Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji.

WYNIKI

Zwapnowanie silnie zakwaszonej gleby wapnem CaO i $CaO + MgO$ spowodowało wyraźne zmniejszenie się zawartości jonów H^+ , lecz nie wyeliminowało ich całkowicie (tab. 1). Zupełne wyparcie jonów H^+ z gleby nawet po zastosowaniu bardzo dużych dawek wapna jest nieosiągalne, gdyż im mniej wodoru w kompleksie sorpcyjnym, tym trudniej go wyprzeć, a poza tym w miarę wzrostu odczynu ujawniają się nowe jony wodorowe. Zastosowanie siarczana magnezu zwiększyło nieznacznie ilość jonów wodorowych w glebie.

Tab. 1 Wpływ nawożenia wapniem i magnezem na zawartość kationów wymiennych w glebie
Effect of calcium and magnesium fertilization on the content of exchangeable cations in soil

Nawożenie	H^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	TEB	CEC	BS
	mmol (+)/kg							%
O	24,66	1,13	23,33	1,75	1,22	27,43	52,09	51,54
CaO	7,97	1,12	37,37	1,28	1,28	40,88	48,82	81,74
CaO+MgO	8,13	0,97	31,13	13,53	1,23	45,84	54,99	83,36
$MgSO_4$	25,03	1,10	22,12	11,63	1,10	35,96	60,55	58,45
NIR -LSD (p=0,05)	0,12	0,02	0,41	0,37	0,01	1,80	1,98	0,70

TEB – suma zasad wymiennych

CEC – całkowita pojemność sorpcyjna

BS – stopień wysycenia kationami

Zróżnicowanie w zawartości potasu wymiennego w glebie wywołane wapnowaniem i magnezowaniem gleby było niewielkie. Tylko w obiekcie $CaO+MgO$ wystąpił bardziej znaczący spadek ilości K wymiennego.

Szeroki stosunek Ca:Mg w glebie silnie zakwaszonej uległ jeszcze rozszerzeniu po zastosowaniu wapna tlenkowego. Zastosowanie wapna tlenkowo magnezowego, a jeszcze bardziej siarczanu magnezowego spowodowało wyraźne zawężenie stosunku Ca : Mg w glebie.

Tab. 2. Zawartość sumy kationów $C = NH_4^+ + K^+ + Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + Al^{3+}$ w owsie w mmol(+)/100g s. m.
The content of cations $C = NH_4^+ + K^+ + Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + Al^{3+}$ in oat in mmol (+)/100 g of dry mass

Faza	Wilgotność	Nawożenie				$\bar{x}$
		O	CaO	CaO+MgO	MgSO ₄	
7 Feekes	W ₁	242,72	242,44	238,54	235,43	239,78
	W ₂	257,80	245,77	239,71	250,46	248,44
	W ₃	235,27	283,20	231,02	254,53	251,00
$\bar{x}$		245,29	257,14	236,42	246,80	
NIR - LSD(p=0,05)		ni.		n.s.		ni.-n.s.
10,5 Feekes	W ₁	137,31	155,09	145,69	102,52	135,15
	W ₂	135,00	149,13	114,22	98,62	124,24
	W ₃	150,16	154,06	114,41	118,47	134,27
$\bar{x}$		140,82	152,76	124,77	106,54	
NIR-LSD(p=0,05)		36,47				ni.-n.s.

ni. - n.s. - nieistotne

Wprowadzenie do gleby magnezu w postaci MgO i MgSO₄ spowodowało wyraźny wzrost wartości całkowitej pojemności sorpcyjnej gleby i to zarówno w porównaniu do obiektu bez wapnowania, jak i z zastosowaniem CaO. Wiązało się to prawdopodobnie z tym, że magnez z MgO, a tym bardziej z MgSO₄ był lepiej rozpuszczalny w octanie amonu niż wapń, stąd też wartości sum jonów kwaśnych i zasadowych były wyższe.

Można więc powiedzieć, że zastosowane w doświadczeniu nawożenie wapniowo-magnezowe wywołało głębokie zmiany w wysyceniu kompleksu sorpcyjnego gleby kationami, a w konsekwencji stworzyło zróżnicowane warunki odżywiania się roślin.

Tab. 3. Zawartość sumy anionów nieorganicznych $A = NO_3^- + Cl^- + H_2PO_4^- + SO_4^{2-}$ w owsie w mmol (-)/100 g s.m.

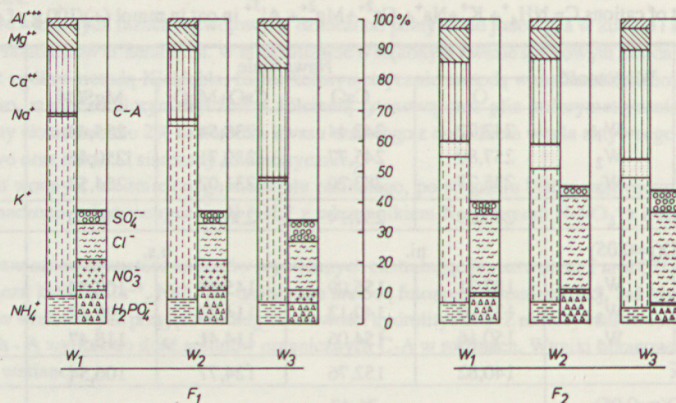
The content of inorganic anions $A = NO_3^- + Cl^- + H_2PO_4^- + SO_4^{2-}$ in oat in mmol(-)/100g of dry mass

Faza	Wilgotność	Nawożenie				$\bar{x}$
		O	CaO	CaO+MgO	MgSO ₄	
7 Feekes	W ₁	89,95	60,15	95,21	103,06	87,09
	W ₂	90,70	83,34	84,48	107,43	91,33
	W ₃	86,68	78,50	65,34	108,22	84,68
$\bar{x}$		88,90	74,00	81,68	106,24	
NIR - LSD(p=0,05)		11,61				ni.-n.s.
10,5 Feekes	W ₁	54,53	56,10	50,14	49,64	52,60
	W ₂	57,27	69,93	46,31	48,11	56,16
	W ₃	64,51	48,89	49,21	67,90	57,63
$\bar{x}$		58,77	58,31	49,56	55,22	
NIR-LSD(p=0,05)		ni.-n.s.				ni.-n.s.

ni. - n.s. - nieistotne

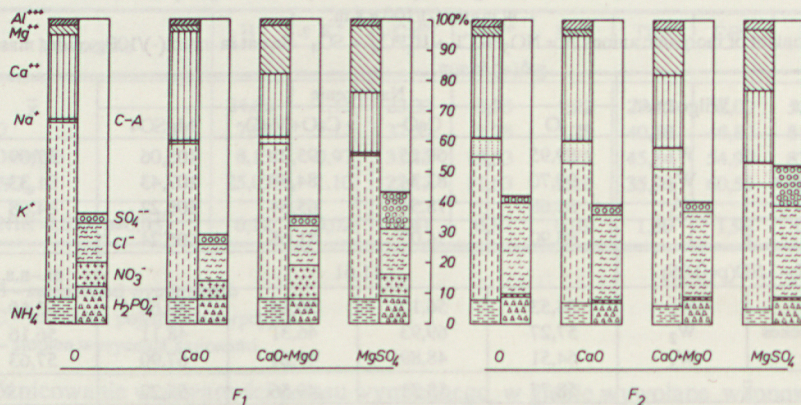
Skutki warunków stresowych odżywiania się roślin prześledzono oceniając stan równowagi jonowej w owsie w fazie strzelania w źdźbło i wysuwania wiechy (tab. 2 i 3, ryc. 1 i 2).

Wpływ wapnowania i magnezowania gleby na kumulację kationów przez owsie zaznaczył się już w fazie strzelania w źdźbło, lecz statystycznie potwierdzone to zostało w okresie wysuwania wiechy. Zwapnowanie gleby kwaśnej CaO spowodowało wyraźny wzrost



Ryc. 1. Wpływ wilgotności gleby na udział kationów i anionów w równowadze jonowej owsa
Influence of soil moisture on the share of cations and anions in oat ionic balance

zawartości kationów - głównie wapnia i sodu. Zastosowanie magnezu w postaci MgO, a jeszcze bardziej w formie $MgSO_4$ ograniczyło kumulację kationów, zwłaszcza NH_4^+ , K^+ i Ca^{2+} . Zawartość magnezu w owsie w okresie wysuwania wiechy wzrosła w tych warunkach 5-6 krotnie, a w fazie strzelania w źdźbło nawet 10 krotnie. W owsie zarówno w fazie strzelania w źdźbło, jak i wysuwania wiechy dało się wyraźnie zauważyć zjawisko antagonizmu pomiędzy magnezem i pozostałymi kationami. W obiektach z wysoką koncentracją Mg wymiennego w glebie następował spadek zawartości Ca^{2+} , K^+ , NH_4^+ i Al^{3+} , współczynniki korelacji wynosiły odpowiednio: -0,83, -0,73, -0,68 i 0,85. Biorąc pod uwagę fakt, że zmienności wartości sum kationów C w owsie w pierwszej



Ryc. 2. Wpływ nawożenia wapniem i magnezem na udział kationów i anionów w równowadze jonowej owsa
Influence of calcium and magnesium fertilization on the share of cations and anions in oat ionic balance

badanej fazie wzrostu były niewielkie - statystycznie nieistotne - a zróżnicowanie zawartości wapnia, magnezu i potasu ogromne, można postawić hipotezę, że wystąpiło zjawisko zastępowania jonów (*ionic competition*).

Wpływ wilgotności gleby na kumulację kationów przez owies dotyczył potasu, wapnia, magnezu i był szczególnie wyraźny w początkowym okresie wzrostu. Generalizując można stwierdzić, że wapń i magnez były lepiej pobierane z gleby silnie uwilgotnionej, natomiast potas w warunkach wilgotności optymalnej i niskiej. Należy to powiązać ze sposobem pobierania jonów przez rośliny. Te jony, które pobierane są biernie kumulowały się w większych ilościach w warunkach silnego uwilgotnienia, natomiast pobieranie aktywne intensywniej zachodzi w warunkach wilgotności optymalnej a nawet niedoborowej. Zjawisko to dotyczyło nie tylko kationów, lecz także anionów.

Chlorki i siarczany najlepiej były pobierane w warunkach wysokiego uwilgotnienia gleby, natomiast zawartość azotanów i fosforanów w owsie z obiektów W_1 i W_2 była zdecydowanie wyższa niż w W_3 . Zróżnicowanie w zawartości anionów nieorganicznych w owsie w poszczególnych obiektach było mniej wyraźne niż w przypadku kationów.

Wyraźnie zwiększonej bezwzględnej zawartości siarczanów w owsie z obiektu, na którym zastosowano siarczan magnezu towarzyszył spadek koncentracji fosforanów, zwłaszcza w okresie wysuwania wiechy. Zmniejszenie zawartości anionu fosforanowego w owsie stwierdzono również w obiektach CaO i $CaO+MgO$. Być może wystąpiła w tych warunkach sorpcja chemiczna fosforanów i stąd ograniczenie w pobieraniu.

Ilość anionów organicznych w owsie wyraźnie wzrastała w warunkach zwapnowania gleby CaO , ale po zastosowaniu wapna magnezowego i jeszcze bardziej siarczanu magnezu stwierdzono wyraźny spadek wartości C-A zarówno w porównaniu do obiektu CaO , jak i kontroli. Decydujący wpływ wywarło tu ograniczenie w pobieraniu kationów i brak różnic, a w fazie strzelania w źdźbło nawet wzrostu kumulacji anionów nieorganicznych, stąd wartości C-A były mniejsze.

Od wartości C-A, uznawanych przez badaczy jako ilość anionów organicznych w roślinie, próbowano uzależnić niektóre elementy wielkości i jakości plonu owsa. Tylko zawartość azotu ogólnego w ziarnie była dodatnio skorelowana z ilością anionów organicznych w owsie w fazie wysuwania wiechy ($r_{xy}=0,64$). Biomasa owsa w fazie strzelania w źdźbło i wysuwania wiechy oraz masa ziarna były mniejsze, gdy owies w badanych fazach zawierał więcej anionów organicznych. Można więc powiedzieć, że teoria mówiąca o lepszym plonowaniu roślin, które we wczesnych fazach rozwojowych zawierają więcej kwasów organicznych $R-COO^-$, w tych badaniach nie została potwierdzona.

WNIOSKI

1. Duże zróżnicowanie w wysyceniu kompleksu sorpcyjnego gleby kationami, wywołane stosowaniem nawożenia wapniem (CaO) i magnezem (MgO , $MgSO_4$) wpłynęło na wyraźne zmiany w równowadze jonowej w owsie.

2. Zastosowanie do zwapnowania gleby kwaśnej tlenku wapnia sprzyjało kumulacji kationów w owsie głównie K^+ i Ca^{2+} , natomiast wapno tlenkowo magnezowe a jeszcze bardziej siarczan magnezu ograniczało pobieranie kationów i to pomimo wyraźnego wzrostu zawartości kationu Mg^{2+} w roślinie.

3. Wysoka koncentracja magnezu wymiennego w glebie i związane z tym intensywne pobieranie Mg^{2+} zmniejszyły zawartość wapnia, potasu, kationu amonowego i glinu w owsie.

4. W warunkach nadmiernej wilgotności stwierdzono w owsie wyższą kumulację jonów pobieranych biernie, natomiast w obiektach z niedoborem wody w glebie, roślina zawierała więcej jonów pobieranych aktywnie.

Praca złożona 11 V 1990

PIŚMIENNICTWO

1. Angelow A. P.: Jonen balans w restenijata. I. Wlijanije na usłowijata na mineralno chranene i wodnija režim wrchu kationno-anionija balans w pszenicate. Poczwozn. i Agroch. 1, 13 - 22, 1974
2. Angelow A. P.: Wlijanije na pH na chrontelnate sreda wrchu niakoi kationo-anioni charakteristiki na rastienijata. Poczwozn. i Agroch., 2, 16 - 23, 1979.
3. Banwart W. L., Pierfe W. H.: Cation - anion balance of field - grown crops. II. Effect of N and K fertilization and soil pH. Agron. J., 67, 20 - 25, 1975.
4. Borowski E.: Współdziałanie form soli azotu i potasu w kształcie równowagi jonowej u wybranych roślin postewnych (*Brassica oleracea* var. *acephala*, *Zea mays* L. ssp. *indurata*). Rozprawa habilitacyjna, Seria Wydawnicza - Rozprawy naukowe, Akademia Rolnicza - Lublin 1986.
5. Dijkshorn W.: A note on the cation - anion relationships in perennial rye - grass. Neth. A. Agric. Sci., 5, 81 - 85, 1957.
6. Dechnik I., Filipek T.: Changes in saturation of the soil sorption complex with cation after applying various doses of nitrogen and potassium for four years. Polish J. of Soil Sci., vol. XX/1, 41 - 46, 1987.
7. Dechnik I., Filipek T.: The soil sorption complex and development of the above - ground part and root mass of spring barley under differentiated fertilization part and root mass of spring barley under differentiated fertilization with nitrogen and potassium. Polish J. of Soil Sci., vol. XXI/2, 115 - 119, 1988.
8. Dechnik I., Filipek T.: The content of calcium and magnesium in the sorptive complex of soil and in spring barley as dependent of the nitrogen and potassium fertilization. Polish. J. of Soil Sci., vol. XXII/1, 81 - 85, 1989.
9. Filipek T.: Kształtowanie się równowagi jonowej w życie w zależności od wysycenia gleby kationami. Roczn. Glebozn., t. XL, nr. 4, 133 - 143, 1989.
10. Karlen D. L., Ellis R., Whitney D. A., Grunes D. L.: Influence of soil moisture and plant cultivar on cation uptake by wheat with respect to grass tetany. Agron. J., 70, 6, 918 - 921, 1976.
11. Mattson S.: The ionic relationships of soil and plant. Acta Agric. Scand., 16, 135 - 143, 1966.
12. Mercik St.: Próba ustalenia optymalnego stosunku kationów w nawożeniu. Równowaga jonowa w glebach i roślinach w warunkach intensywnego nawożenia. Materiały Sympozjum, 1, 11 - 30, 1986.
13. Noogle J. C.: Ionic balance and growth of sixteen plant species. Soil Sci. Soc. Proc., 30, 736 - 766, 1966.
14. Ochaj J., Mysza A.: Poziom magnezu i równowaga kationowa w liściach ziemniaka na tle równowagi kationowej kompleksu sorpcyjnego gleby. Pam. Puł., 82, 161 - 177, 1982.
15. Panak H., Procyk Z., Wojnowska T.: Wpływ rozszerzających się stosunków Ca : Mg : K : Na w glebie na równowagę jonową w roślinach. Równowaga jonowa w glebach i roślinach w warunkach intensywnego nawożenia. Materiały Sympozjum, 2, 82 - 86, 1986.
16. Warchołowa M.: Równowaga jonowa w roślinach w warunkach zróżnicowanego zaopatrzenia w potas i magnez. Puławy, IUNG, R - 117, 1 - 78, 1977.
17. Williams D. E., Vlams J.: Differential cation and anion absorption as effected by climate. Plant Physiol., 37, 198 - 202, 1962.
18. Wit C. T., Dijkshorn W., Noogle J. C.: Ionic balance and growth of plants. Versal. Landbouwk. Onderz., 69, 15, 1 - 68, 1963.

SUMMARY

The pot experiments where moisture was kept at the levels of $W_1 - 31,7$, $W_2 - 53,0$ and $W_3 - 74,8$ PPw were meant to study the state of ionic balance in oats in the phase of shooting (7 in Feekes' scale) and in the phase of panicle appearance (10,5 in Feekes' scale). A differentiated saturation of the sorptive complex of the soil with cations was achieved using liming CaO , $\text{CaO} + \text{MgO}$ on the acid soil and fertilization with MgSO_4 . A high concentration of exchangeable magnesium in the soil favoured the cumulation of this ion by oats, at the same time decreasing the content of Ca^{2+} , K^+ , NH_4^+ and Al^{3+} in the plant. Excessive moisture in the soil favoured the uptake of Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- and SO_4^{2-} , and a shortage of K^+ , NO_3^- and H_2PO_4^- .

Wpływ wapna defekcyjnego na dynamikę mikroelementów w glebach i roślinach w warunkach doświadczenia wazonowego. Cz. I. Dynamika boru, cynku, manganu i żelaza w glebach

The influence of Defective Lime on the Dynamics of Micro Elements in the Soils and Plants in the Conditions of a Pot Experiment. Part I. The Dynamics of Boron, Zinc, Manganese and Iron in the Soils

Powierzchnia gleb wymagających wapnowania wynosi w Polsce ok. 13 mln ha, co stanowi 70% ogółu użytków rolnych. Roczne zapotrzebowanie na nawozy wapniowe to ok. 4,4 mln t CaO (30), co oznacza wielkość niemal dwukrotną w stosunku do ilości tych nawozów dostarczanych rolnictwu. Wobec nie możliwości zapewnienia odpowiedniej ich ilości z produkcji podlega wprawdzie konieczność poszukiwania i wykorzystania innych źródeł. Jednym z nich jest przemyśl celulozowy, który dostarcza rocznie ok. 1,5 mln t ($0,3 - 0,7$ mln t CaO) wapna defekcyjnego jako produktu odpadowego. Wapno to nie zawiera związków szkodzących glebie, jest nawozem węglanowym, źródłem zarówno makro- jak i mikroelementów (2, 4, 5, 30). Znaczącą jego korzyścią odznaczanie na glebę - odkwaszenie oraz na piodowanie roślin (cyt. za 6; 7, cyt. za 10; 17, cyt. za 30), ale należy poznać jego wpływ na zmiany zawartości różnych form mikroelementów przez rośliny.

Wapnowanie gleb kwaśnych może prowadzić do unieruchomienia większości mikroelementów potrzebnych roślinom. Bardzo silnie zmniejsza ono zawartość w formie przyswajalnej manganu (11 - 13, 24, 25, 27, 28) i cynku (12, 13, 24, 25, 27). Żelazo w glebach o wysokim pH oraz silnie zwapnowanych wlega również wytrąceniu w formie mało przyswajalnych dla roślin związków (3, 9, 18, 20, 24, 27). W przypadku boru na ogół przyjmuje się, że wraz ze wzrostem pH gleby w wyniku wapnowania zmniejsza się jego zawartość w formie przyswajalnej (1, 12, 13, 16, 18, 26), ale są też badania, w których nie stwierdzono takiej zależności (22, 27), jak również i takie, gdzie uzyskano wzrost ilości boru (3, 4). Niektóre badania dotyczące zmian zawartości mikroelementów po zastosowaniu wapna defekcyjnego świadczą o znacznym jego wpływie na unieruchomienie manganu i boru (5, 17).