



## Rola mikroelementów w uprawie awokado

Pierwiastki chemiczne są określane jako „mikroelementy” lub „pierwiastki śladowe”, ponieważ ich stężenie w roślinach jest mniejsze niż 100 mg/kg (ppm) w przeliczeniu na suchą masę. W rzeczywistości wiele z tych pierwiastków występuje w stężeniach znacznie niższych. Natomiast makroelementy, takie jak azot i potas, występują w roślinach w stężeniach około 1-3%, czyli ~1000-krotnie wyższych. Większość mikroelementów o znaczeniu dla zdrowia roślin / ludzi / zwierząt oraz środowiska to metale takie jak: kobalt, miedź, żelazo, mangan, molibden, nikiel i cynk. Inne ważne mikroelementy są niemetaliczne, na przykład: arsen, bor, chlor, molibden, selen i krzem. Pierwiastki śladowe występują naturalnie w glebach. Do głównych źródeł naturalnych zalicza się: wietrzenie gleby, erozję i depozycję cząstek przenoszonych przez wiatr, wybuchy wulkanów, pożary lasów oraz źródła biogenne. Niskie stężenie niezbędnych mikroelementów w glebie może skutkować ich niedostateczną podażą dla roślin, co wpływa na ich wzrost i rozwój, a ostatecznie może powodować zaburzenia niedoboru w dalszej części łańcucha pokarmowego. Właśnie w takich przypadkach należy włączyć nawozy specjalistyczne do schematu żywienia mineralnego roślin uprawnych. Niezależnie od ich biologicznej niezbędności, pierwiastki śladowe stają się toksyczne, gdy są pobierane w nadmiernych ilościach.

Dobrym punktem wyjściowym do opracowania prawidłowego programu nawożenia są dane dotyczące pobierania mikroelementów w roślinach.

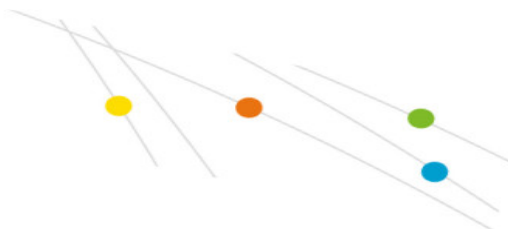
## **Pobieranie mikroelementów w gramach na 10 t (ton metrycznych) owoców awokado, odmiana „Hass”**



Lokalizacja	Bor (B)	Cynk (Zn)	Miedź (Cu)	Żelazo (Fe)	Mangan (Mn)	Molibden (Mo)	Nikiel (Ni)
Kalifornia	192 ; 993	67 ; 386	29 ; 144	45 ; 117	12, 22	0	36
Nayarit (Meksyk)	40	40	-	-	-	-	-
Michoacan (Meksyk)	71-80	38-48	-	-	-	-	-
Nowa Zelandia	88	88	22	198	44	-	-

Z powyższej tabeli wynika jednoznacznie, że mikroelementami pobieranymi przez owoce w największych ilościach są bor, cynk, miedź i żelazo. Nie umniejsza to znaczenia pozostałych mikroelementów, ponieważ każdy niedobór może wywołać poważne szkody. Naturalnie każdy mikroelement powinien być zwrócony do gleby lub bezpośrednio - do drzewa w ilości eksportowanej przez owoce, powiększonej o odpowiedni współczynnik efektywności. Należy również przypomnieć, że żaden składnik pokarmowy nie może zastąpić innego, a więc wysoki poziom jednego pierwiastka w glebie lub nawet w roślinie nie może zrekompensować niedoboru innego pierwiastka.

Kolejnym pomocnym narzędziem dla hodowcy jest analiza liści, wykonywana według ściśle określonego standardu, jak poniżej.



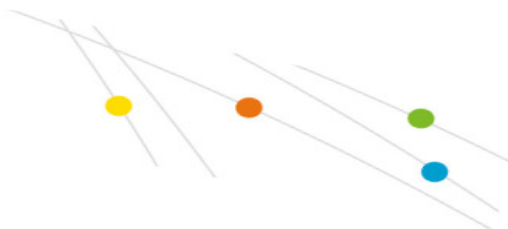
Pierwiastek	Niedobór	Poziom niski	Poziom normalny	Poziom wysoki	Nadmiar
Bor B (ppm)	<14 ; 10-20	15-29	30-50 ; 20-100	51-99	> 100 ; > 100
Cynk Zn (ppm)	<20 ; 1-20	21-24	25-100 ; 30-150	101-299	> 300 ; > 300
Chlor Cl (%)	N.D.	N.D.	0,07-0,23	0,24	> 0,25
Miedź Cu (ppm)	<3,00 ; 2-3	4	5-15 ; 5-15	16-24	> 25 ; > 25
Żelazo FR (ppm)	<40 ; 20-40	41-49	50-150 ; 50-200	151-249	> 250
Mangan Mn (ppm)	<19 ; 10-15	20-49	50-250 ; 30-500	251-749	> 750 ; > 1000
Molibden Mo (ppm)	<0,01 ; < 0,01	0,02 - 0,04	0,05-1,00 ; 0,05-0,01	N.D.	N.D.

## Główne funkcje i wyzwania związane z wymienionymi mikroelementami

### Bor (B)

Drzewa awokado prawdopodobnie wykorzystują więcej boru niż jakakolwiek inna uprawa, głównie w celu prawidłowego formowania kwiatów i zawiązywania owoców. Bor jest niezbędny do transportu Ca w obrębie drzewa oraz do prawidłowego rozwoju wierzchołków pędów (merystemów wierzchołkowych), zwłaszcza podczas zapylania, ponieważ wspomaga wzrost rurek pyłkowych, co bezpośrednio zwiększa szybkość zawiązywania owoców.

B jest również niezbędny do prawidłowego rozgałęziania się, prawidłowego formowania tworzenia kwiatów, owoców i korzeni, syntezy kwasów nukleinowych i metabolizmu węglowodanów. Jego słaby ładunek ujemny sprawia, że jest bardzo wrażliwy na wymywanie, a tym samym - na niską efektywność wykorzystania. Wyższą efektywność wykorzystania uzyskuje się, gdy gleba jest bogata w materię organiczną lub gdy bor jest stosowany kompleksowo z kwasem humusowym. Kompleks cukrowo-boranowy jest mobilny w ksylemie drzewa, ale jego mobilność w łyku jest ograniczona.

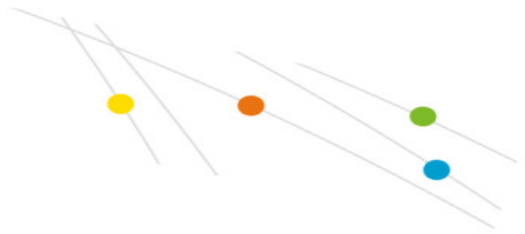


## Cynk

Cynk jest kluczowym składnikiem strukturalnym i katalitycznym dużej liczby białek, jako kofaktor dla ponad 100 specyficznych enzymów, czynników transkrypcyjnych i domen interakcji białkowych oraz syntezy kwasów nukleinowych. Cynk jest niezbędny do przemiany węglowodanów i regulacji zużycia cukru w roślinie. Jest niezbędny do produkcji auksyn IAA i kwasu giberelinowego. Dlatego też niedobór Zn powoduje opóźnienie wzrostu oraz wzrost typu „mały listek” i rozeta. Dostępność Zn- dla korzeni jest najwyższa przy pH gleby na poziomie 5-7,5, a znacznie niższa po obu stronach tego zakresu. Jego dostępność jest ujemnie związana z dostępnością fosforu. Objawy niedoboru cynku: Chloroza pstra międzynerwowa liści - liście są mniejsze niż zwykle i rosną w sposób rozetowy. Owoce są małe i zaokrąglone.

## Miedź

W większości przypadków Cu funkcjonuje jako składnik pokarmowy roślin, związana jest z enzymami, które katalizują reakcje redoks w fotosyntezie, oddychaniu, metabolizmie C- i N- oraz ochronie przed stresem oksydacyjnym. Tworzy bardzo stabilne kompleksy, uczestniczy w reakcjach przeniesienia elektronu, w których stale zmienia swoją walencję między +2 a +1. Enzymy Cu reagują w żywych komórkach bezpośrednio z tlenem cząsteczkowym. Ponad 98% Cu w roślinach występuje w formach złożonych w cytoplazmie komórek. Dostępność Cu- dla korzeni jest najwyższa przy pH gleby na poziomie 5-7,5, a znacznie niższa po obu stronach tego zakresu. Jej dostępność jest również pozytywnie związana z materią organiczną gleby. Objawy niedoboru miedzi: Starsze liście mają matowy wygląd. Końce pędów mają liczne pąki.



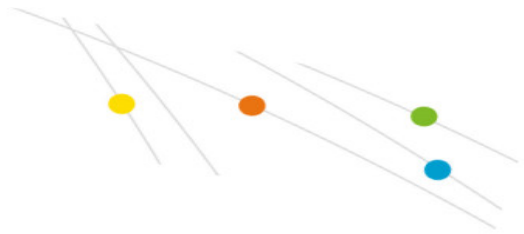
Nowe liście przerywają wzrost i zasychają.

## **Żelazo (Fe)**

Żelazo jest składnikiem dwóch głównych grup białek, a mianowicie białek hemowych i białek Fe-S. Makrocząsteczki te uczestniczą w aktywności oddechowej i fotosyntetycznej, niezbędnej dla wielu funkcji roślin. Główną z nich jest oczywiście produkcja i funkcjonowanie chlorofilu, do innych ważnych funkcji należą zaś: reakcje redoks, zajmujące się oddychaniem, transfer energii i procesy metaboliczne w obrębie rośliny. Niektóre białka hemowe działają jako kofaktory cytochromów, uczestniczących w reakcjach oddechowych. Do innych białek hemowych należą: katalaza oraz peroksydaza, przekształcająca nadtlenek wodoru w wodę i  $O_2$ . Białka Fe-S mają duży udział w zależnych od światła reakcjach fotosyntezy. Ferredoksyna, która zawiera atomy żelaza, jest produktem końcowym fotosystemu I i przenosi elektrony na szereg akceptorów. Dostępność Fe- dla korzeni jest najwyższa przy pH gleby na poziomie 4-7, a znacznie niższa powyżej 7. Najbardziej powszechnym objawem niedoboru Fe w awokado jest chloroza międzynerwowa młodych, w pełni rozwiniętych liści.

## **Mangan (Mn)**

Mn działa głównie w obszarze aktywacji wielu układów enzymatycznych oraz jest składnikiem niektórych enzymów. Uczestniczy w wielu procesach redoks, m.in. w enzymach uczestniczących w rozkładzie węglowodanów, oraz jako kofaktor enzymów redukujących azotany do azotynów. Odgrywa również ważne role w fotosyntezie, kiełkowaniu pyłku i wzroście rurki pyłkowej. Mn jest raczej niemobilny w systemie



aktywnego transportu łyka. Objawy jego niedoboru pojawią się zatem najpierw na młodszych liściach. Dostępność manganu dla korzeni jest najwyższa przy pH gleby na poziomie 5-7,3, a znacznie niższa po obu stronach tego zakresu. Najbardziej powszechnym objawem niedoboru Mn w awokado jest chloroza międzynerwowa młodych, w pełni rozwiniętych liści.

### **Molibden (Mo)**

Molibden jest niezbędny dla drzewa awokado do redukcji azotanów na drodze do syntezy białek. Dostępność Mo- dla korzeni jest najwyższa przy pH gleby powyżej 6,5, a znacznie niższa poniżej 6,5.

### **Chlor (Cl)**

Jest wymagany w fotosystemie II, w stężeniu 200-400 ppm w suchej masie. Ponieważ jednak występuje powszechnie w glebie i wodzie do nawadniania, wywołuje straty w plonie awokado na poziomie 12% na każde 35,5 ppm Cl<sup>-</sup> w wodzie do nawadniania.

#### *Piśmiennictwo*

*Rosecrance, R., Faber, B., Lovatt, C. 2012. Patterns of Nutrient Accumulation in 'Hass' Avocado Fruit. Better Crops, Vol. 96, pp. 12-13.*

*Torres, M.D., Farré, J.M., Hermoso, J.M. 2002. Foliar B, Cu and Zn Applications to Hass Avocado Trees. Penetration, Translocation and Effects on Tree Growth and Cropping. Acta Hort. 594: International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants.*

