

MARIAN KĘPKA

*Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego — Akademia Rolnicza w Warszawie*

## WPLYW WARUNKÓW ŚRODOWISKA NA ZAWARTOŚĆ WAPNIA W ROŚLINACH

Wapń, jak i wiele innych makro- i mikroskładników, stanowi niezbędny pierwiastek do optymalnego rozwoju roślin i zwierząt, gdyż jest podstawowym składnikiem budulcowym organizmów żywych. Badania Stiebelinga i innych [70] wykazały, że znaczna część ludzi w różnym wieku nie otrzymuje w pożywieniu dostatecznych ilości wapnia. Między innymi z tych to powodów zwrócono baczniejszą uwagę na badanie zawartości wapnia w produktach żywnościowych i roślinach, co oczywiście prowadzi się do konieczności zbadania występowania tego składnika w glebie.

Zgodnie z całym szeregiem badań, zawartość wapnia w glebie ulega dużym wahaniom i zależy w znacznym stopniu od typu gleby, skały macierzystej, z której ona powstała, roślinności, klimatu, użytkowania, agrotechniki itd. Beeson [10] zaobserwował, iż zachodzi stopniowy wzrost zawartości wapnia w glebach z kierunku południa ku północno-zachodowi. Badania przeprowadzone przez Beara [7] potwierdziły te przypuszczenia. Zawartość wapnia w roślinach warzywniczych pochodzących z obszarów północnych była większa w porównaniu z tymi samymi roślinami, ale rosnącymi na południu.

Bear i Wallace [8] stwierdzili, że zawartość wapnia w lucernie badanej w 11 stanach Ameryki Północnej wahała się od 62 do 108 me/100 g suchej masy. Z badań Simsa i Volka [67] wynika, że różnice w składzie chemicznym roślin rosnących na różnych glebach i w różnych rejonach mogą dochodzić do 200%. Największe ilości wapnia zawierały rośliny z gleb węglanowych oraz z gleb o dużej ilości wapnia w kompleksie sorpcyjnym.

### *Rozmieszczenie wapnia w roślinach*

Z badań Nightingala [54] wynika, że niektóre pierwiastki, np. N, Mg, P i K, mogą być przemieszczane w roślinie z części dojrzałych do wzrostowych, natomiast wapń nie ulega takiemu przemieszczaniu i musi być pobierany z gleby, aby pokryć zapotrzebowanie nowo tworzących się

części roślin. Deleano ze wsp. [23] badał zmiany w zawartości wapnia, fosforu i azotu w liściach wierzby w okresie wegetacji. Stwierdził, iż na wiosnę występuje niewielki wzrost ilości wszystkich składników mineralnych w roślinie, w lecie nie odnotował zmian, natomiast jesienią zaobserwował przemieszczanie się składników, z wyjątkiem wapnia, z liści do łodyg.

Analizy poszczególnych liści trzciny cukrowej wykazały niewielki wzrost zawartości wapnia w miarę ich dojrzewania [5]. Po całkowitej dojrzałości trzciny zawartość wapnia w tej roślinie nie uległa zmianom. Ewans [27] zauważył także wzrost zawartości wapnia w liściach trzciny cukrowej w miarę jej dojrzewania. Badania Akhromeiko [1] nad dwiema odmianami ziemniaków wykazały, że w czasie ich rozwoju zawartość potasu, wapnia i magnezu w liściach obu odmian jest jednakowa, późną jesienią ilość tych pierwiastków wzrosła, natomiast w łodygach i korzeniach stopniowo się zmniejszała.

Collinns i Rigler [17] stwierdzili wzrost zawartości wapnia w wierzchołkowych częściach roślin bawełny w miarę dojrzewania.

Poza tym na zmianę zawartości wapnia w roślinach wpływa nawożenie.

Tyson [74], badając zmiany w zawartości wapnia w burakach cukrowych, wykazał, że sezonowe wahania zależą od gleby, nawożenia i stadium wzrostu rośliny. Zwykle najwięcej wapnia zawierały buraki cukrowe na wiosnę, mniej w lecie, jeżeli w glebie znajdowały się dostateczne ilości składników, a nieco więcej jesienią. Z licznych prac wynika, że w liściach zewnętrznych kapusty i sałaty występują większe ilości wapnia niż w liściach wewnętrznych. Badania Cowella [19] wykazały, że liście zewnętrzne kapusty zawierały 217 mg Ca/100 g zielonej masy, wewnętrzne żółtawe 71 mg, zaś żółte liście wzrostowe tylko 32 mg. Podobne wyniki otrzymał Sheets [64]. Z przytoczonych przez niego badań wynika, że liście zewnętrzne sałaty i kapusty zawierają 4,5 raza więcej wapnia niż liście wewnętrzne. Stwierdził on także większą zawartość wapnia w liściach buraków i rzepy niż w korzeniach tych roślin.

### *Wpływ nawożenia*

Z badań przeprowadzonych przez Goralskiego [30] wynika, że stosowanie węglanu wapnia czy tlenku wapnia przyczynia się do wzrostu procentowej zawartości wapnia w roślinach; ten wzrost jest tym silniejszy, im kwaśniejsza jest gleba. Na poletkach, na których stosowano siarczan wapnia wzrost wapnia w roślinach był nieznaczny. W trawach z pierwszego pokosu zawartość wapnia była większa w serii doświadczeń,

gdzie wapń wprowadzono bezpośrednio przed założeniem doświadczenia, natomiast w drugim i trzecim pokosie różnice w zawartości wapnia są większe w seriach, gdzie wapń stosowano na 5 tygodni przed założeniem doświadczenia.

Kępka [38] w doświadczeniu prowadzonym w kulturach piaskowych z drzewkami jabłoniowymi stwierdził, że wzrost dawki wapnia wpłynął na zwiększenie procentowej zawartości wapnia w liściach. Jednak w przypadku jednoczesnego wzrostu potasu i magnezu w roztworze glebowym, wzrastające dawki wapnia powodowały tylko nieznaczny wzrost wapnia w liściach drzewek.

Mercik [48] w swych badaniach wykazał, że rośliny nawożone KN zawierały mniejsze ilości wapnia w porównaniu z roślinami pochodzącymi z poletek wapnowanych (CaNPK) i nie nawożonych potasem (PN).

Z badań przeprowadzonych przez Ralską [61] ze współpracownikami wynika, że nawożenie mineralne wpływało różnie na zawartość wapnia w trawach pierwszego i drugiego pokosu.

Wyniki uzyskane przez Szukalskiego i Zembaczyńską [72] w doświadczeniach z jęczmieniem i bobikiem wskazują na bardzo silne antagonistyczne działanie potasu na pobieranie wapnia. Zawartość wapnia w roślinach pod wpływem nawożenia potasem znacznie się obniżyła.

Wyniki analiz chemicznych zielonki pastwiskowej przytoczone przez Nowaka i Nazaruła [56] wskazują, że wzrastające dawki azotu spowodowały nieznaczny spadek zawartości wapnia w trawach.

Na podstawie wielu badań stwierdzono większy wpływ warunków środowiska niż nawożenia mineralnego na zawartość wapnia w roślinach. Beeson [9] zaobserwował jednak, że wapnowanie niektórych gleb wpłynęło na zwiększenie procentowej zawartości wapnia w roślinach. Często wzrost ten jest niewielki i praktycznie nie ma większego znaczenia.

Z badań Prica [60] wynika, że zawartość wapnia w pierwszym pokosie lucerny pod wpływem wapnowania (4 tony/ha) wzrosła o 500%. Badania Tysona [74], dotyczące wpływu nawożenia potasowego na skład chemiczny buraków cukrowych, wykazały, że stosowanie potasu na poletkach nie wapnowanych spowodowało zmniejszenie zawartości wapnia w roślinach, natomiast na poletkach wapnowanych ta zależność układała się odwrotnie.

Wimer [77] badał wpływ wapnowania na skład chemiczny dojrzałych łodyg i liści kukurydzy. Z jego badań wynika, że wapnowanie (z wyjątkiem gleby węglanowej) wpłynęło nieznacznie na wzrost zawartości wapnia w roślinie; natomiast nawożenie wapniowo-fosforanowe nie spowodowało żadnych zmian. Stale [68] stwierdził, że na glebach Szwajcarii wytworzonych z utworów lodowcowych samo nawożenie fosforowe i potasowe wpłynęło na zmniejszenie zawartości wapnia w sianie i innych roślinach.

Hjorth-Hansen [33] donosi, że wapnowanie wpływało na wzrost zawartości wapnia w roślinach, co może być następstwem zmiany odczynu gleby. Także z doświadczeń Naftela [52] wynika, iż następuje wzrost ilości wapnia w roślinach pod wpływem zwiększających się dawek wapnia.

Badania Wiadowskiej [76] wykazały, że nawożenie magnezowe spowodowało zmniejszenie zawartości wapnia w sałacie, marchwi i fasoli. Z badań przeprowadzonych przez Nellerę [53] wynika, że nawożenie siarką na dwóch glebach w stanie Washington obniżyło ilość wapnia w lucernie. Podobne rezultaty na glebach murszowych otrzymał w stanie Michigan Ligon [40].

Wszechstronniejsze badania dotyczące wpływu nawożenia mineralnego na zawartość wapnia w roślinach wykonano w kilku stacjach doświadczalnych w południowo-wschodnich stanach Ameryki Północnej. Sheets [65] wykazał, że w doświadczeniu z rzepą, w którym stosowano jako nawóz gips, zawartość wapnia wzrosła tylko o 0,06%, natomiast nawożenie azotowe wpłynęło na obniżenie zawartości wapnia o 0,36%.

W sześcioletnich badaniach przeprowadzonych przez Sherwooda, Halversona i innych [66] zaobserwowano, że nawożenie fosforowe stosowane w ostatnich 4 latach wpłynęło na zwiększenie zawartości wapnia w trawach, natomiast nawożenie wapnem dolomitowanym spowodowało tylko nieznaczny wzrost zawartości tego pierwiastka w roślinach. Eheart i Pratt [26] nie stwierdzili różnic w zawartości wapnia w zielonej masie tymotki na poletkach nawożonych i nie nawożonych wapnem.

### *Wpływ koloidów*

Marshall [43] w swych badaniach stwierdził, że koloidy glebowe nasycone wymiennymi kationami wpływają na zawartość wapnia w roślinach.

Schachtschabel [63] w doświadczeniach z różnymi minerałami wykazał, że przejście wapnia z formy wymiennej do roztworu glebowego zależy od składu mineralnego koloidów. Wapń jest silniej sorbowany przez montmorylonit w porównaniu z potasem i amonem. W związku z tym rośliny uprawiane na glebach bogatych w montmorylonit zawierają mniejsze ilości wapnia w porównaniu z roślinami pochodzącymi z gleb o mniejszej ilości tego materiału.

Mehlich i Colwell [46] w swych badaniach stwierdzili większe pobieranie wapnia przez bawełnę z kaolinitu i koloidów organicznych niż z montmorylonitu. Według badań Allaway'a [2] przyswajalność wapnia przez soję z różnych koloidów można przedstawić następująco: koloidy



organiczne (próchnica) > kaolinit > illit > bentonit z Wyomingu > bentonit z Missisipi.

Wyniki te są zgodne z wynikami, jakie otrzymali z podobnych doświadczeń Mehlich i Colwell [46]. Przystawalność wapnia przez rośliny zależała więc w większym stopniu od typu koloidów niż od stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami wapnia.

Marshall i Ayres [43] za pomocą elektrody membranowej stwierdzili jednakową aktywność jonu wapniowego w roztworze glebowym przy różnym wysyceniu wapniem kompleksu sorpcyjnego. Badania Marshalla [42] wykazały, że jeżeli wysycenie kompleksu sorpcyjnego montmorylonitu jest mniejsze niż 70%, to aktywność pobierania wapnia jest niewielka na skutek silniejszego sorbowania. W takim przypadku wymiana wapnia przez wodór jest trudniejsza niż przy wysyceniu kompleksu sorpcyjnego wapniem w ilości powyżej 70%. Ponadto Marshall wykazał, że w glebach, w których przeważają montmorylonit i kaolinit, a stosunek  $K:Ca$  i  $Na:Ca$  jest taki sam, jak w roztworze glebowym otaczającym korzenie roślin, to wymiana kationów w obydwu przypadkach będzie różna. Gdy rozpatrujemy różne gleby o jednakowej ilości wymienionego wapnia, wtedy lepszym źródłem wapnia będzie kaolinit niż montmorylonit.

Badania Mehlicha, Colwella [46, 47] i innych przeprowadzone nad przystawalnością kationów przez rośliny wskazują, że przy mniejszym wysyceniu kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi więcej wapnia w formie przystawalnej jest w kaolinitcie niż w montmorylonicie. Pobieranie wapnia i wzrost roślin był szybki do chwili, gdy wysycenie kaolinitu wapniem nie przekroczyło 40%. Dalsze wysycanie nie wpłynęło na zwiększenie pobierania wapnia przez rośliny. W przypadku montmorylonitu pobieranie wapnia i optymalny wzrost roślin zachodził przy 80% wysycenia wapniem kompleksu sorpcyjnego. Allaway [2] przy jednakowym wysyceniu wapniem gleby torfowej i gleby zawierającej kaolinit stwierdził większą zawartość wapnia w soi rosnącej na glebie torfowej. Pod względem wysycenia wapniem, gleby torfowe bardziej przypominają gleby zawierające kaolinit niż montmorylonit [45]. Jednak nie można twierdzić, iż pobieranie wapnia przez rośliny z obu tych gleb jest jednakowe.

### *Wpływ odczynu gleby*

Peech i Bradfield [57] wykazali, że pomimo dużej ilości prac dotyczących wpływu kwasowości na wzrost roślin, a tym samym i na zawartość w nich wapnia trudno jest ocenić znaczenie tego czynnika. Z punktu

widzenia ekologicznego zmianom odczynu gleby towarzyszy wiele innych skomplikowanych zjawisk, które mogą decydować o zawartości wapnia w roślinie.

Arnon i Johnson [5] w swych badaniach stwierdzili jednakowe pobieranie wapnia przez pomidory i sałatę w zakresie pH 5—9, znacznie mniejsze przy pH 4—5. Deturk [24] w doświadczeniu z czerwoną koniczyną, w którym roztwór zawierał 150 ppm wapnia, stwierdził 12-krotny wzrost wapnia w roślinie przy wzroście pH z 5 do 7.

Mehlich i Coleman [45] wykazali doświadczalnie, że różne koloidy przy tym samym wysyceniu kationami zasadowymi kompleksu sorpcyjnego wykazują bardzo zróżnicowane pH. Z dalszych badań Mehlicha [44] wynika, że przy 25% wysyceniu koloidów wapniem, pH poszczególnych koloidów jest różne, np. kaolinitu wynosi 5,3, w glebie murszowej 4,8, w illicie 3,9, zaś w montmorylonicie 3,8.

Bender i Eisenmenger [11] badali w doświadczeniach wazonowych pobieranie wapnia przez 8 różnych roślin przy pH 4,4 i 7,3. W kombinacji, w której dodali  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  w celu podniesienia pH stwierdzili wzrost zawartości popiołu i wapnia w roślinach. Wyniki dotyczące zawartości wapnia w roślinach zależnie od pH gleby przedstawiono w tabeli 1.

Tabela

*Procentowa zawartość wapnia w roślinach przy różnym odczynie gleby*

Nazwa rośliny	Gleba kwaśna	Gleba zasadowa
Jęczmień	0,23	0,82
Pszenica	0,27	0,50
Owies	0,21	0,78
Koniczyna czerwona	1,27	1,97
Orzech ziemny	0,77	2,51
Wiechlina	0,36	1,00
Tymotka	0,25	0,96
Pomidory	0,43	1,96

Z danych przytoczonych w tabeli wynika, że zawartość wapnia w roślinach rosnących na glebie zasadowej w porównaniu z glebą kwaśną wzrosła od 1,5 do 4,5 raza. Iljin [35] stwierdził także wzrost zawartości wapnia od 2 do 7 razy w roślinach rosnących na glebach węglanowych w porównaniu z roślinami pochodzącymi z gleb kwaśnych.

### Wpływ boru

Brenchley i Warington [12] w doświadczeniach z wyką stwierdzili zależność między pobieraniem przez rośliny wapnia a zawartością w glebie boru. Rośliny na kombinacji bez boru i nawożone małą dawką  $\text{CaSO}_4$  (0,025 g/l) rozwijały się bardzo słabo i wykazywały symptomy niedoboru wapnia. Po zastosowaniu nawożenia borem wzrost roślin i pobieranie przez nie wapnia były znacznie lepsze [75]. Minarik i Shive [49] otrzymali podobne wyniki w doświadczeniu z soją w kulturach piaskowych. Wyniki te świadczą o wpływie boru na pobieranie wapnia przez rośliny, a tym samym i na procentową zawartość tego składnika w roślinach.

W doświadczeniach z bawełną Holley i Dulin [34], z brzoskwiniami Morris [50] oraz z lnem Talibbli [73] nie stwierdzili wpływu boru na zawartość wapnia w tych roślinach. Marsh i Shive [41] w doświadczeniu z kukurydzą nie wypowiedzieli się jasno co do zależności między ilością boru w glebie a pobieraniem wapnia przez rośliny. Z ich doświadczeń wynika, że zawartość wapnia w pędach nie zależała od ilości dodanego do gleby boru.

Jones i Scarseth [37] prowadzili doświadczenia z lucerną, owsem oraz tytoniem i zaobserwowali optymalny rozwój tych roślin tylko w wypadku właściwej równowagi w glebie między wapniem i borem. Badania te, tak jak i badania Cooka, Millara, Muhra [51], Drake'a, Seilinga i Scarsetha [25], wskazują, że przy pobieraniu przez rośliny wapnia duże znaczenie ma stosunek Ca:B; np. dla optymalnego rozwoju buraków cukrowych stosunek ten powinien wynosić 100, dla soi 500, dla tytoniu 1500.

Natomiast wyniki doświadczeń Reeve i Shive [62] z pomidorami w kulturach piaskowych nawożonych wapniem i borem mogą świadczyć o braku wpływu boru na zawartość wapnia w roślinach. Większą zawartość wapnia stwierdzili oni w roślinach rosnących na kombinacjach wapnowanych.

Brennan i Shive [13], przeprowadzając doświadczenie z pomidorami w kulturach wodnych stwierdzili podobną zależność. Oprócz tego zawartość wapnia w liściach dolnych łodyg, nawet przy różnych dawkach wapnia, była większa niż w liściach górnych. Świadczy to o nieprzemieszczaniu się wapnia z jednej części rośliny do drugiej. Na ogół jednak uważa się, że współdziałanie wapnia z borem odgrywa ważną rolę w metabolizmie roślin. Zachwianie tej równowagi ujemnie wpływa na wzrost roślin.

Z przytoczonych wyników doświadczeń można wyciągnąć wniosek, iż między poszczególnymi autorami istnieją rozbieżności. Jedni stwierdzili wzrost zawartości wapnia w roślinach pod wpływem wzrostu dawek bo-

ru, inni zaś tej zależności nie zaobserwowali. Zagadnienie to nie jest jeszcze wyjaśnione i wymaga dalszych badań.

### *Wpływ manganu*

Swanback [71] badał wpływ manganu na pobieranie wapnia przez tytoń. Doświadczenie prowadził w kulturach wodnych z różną ilością Ca i Mn. Okazało się, że zawartość suchej masy tytoniu była na kombinacji z małą dawką wapnia 6,5 raza większa w porównaniu z kombinacją, która zawierała taką samą ilość wapnia oraz 0,0054 milimola Mn/l. Przy wyższej dawce wapnia i tej samej ilości manganu odnotowano tylko 3,5-krotny wzrost suchej masy tytoniu. Świadczy to o tym, że przy małym stężeniu wapnia w roztworze mangan wpływa ujemnie na pobieranie kationów Ca przez rośliny. Z kolei ilość wapnia niedostateczna dla optymalnego rozwoju roślin powoduje zmniejszenie się suchej masy. W przypadku dużej ilości wapnia w roztworze antagonistyczne działanie manganu w stosunku do pobierania wapnia przez rośliny jest mniejsze.

### *Wpływ światła*

Wpływ światła na pobieranie składników pokarmowych, ich przemieszczanie czy metabolizm jest pośredni a nie bezpośredni. Pośrednie oddziaływanie światła na rozwój roślin jest duże, np. przy wzroście temperatury rośliny pochłaniają więcej światła, co wpływa z kolei na szybkość zachodzących reakcji, takich jak fotosynteza, fotoperiodyzm, synteza chlorofilu itd. [78]. Wskutek sorpcji promieni słonecznych przez rośliny i powierzchnię gleb temperaura przyziemnych warstw powietrza jest wyższa niż temperatura warstw wyższych. Oddziałuje to na szybkość transpiracji, a tym samym na wzrost i pobieranie składników pokarmowych przez rośliny.

Badania Wirghta [79] i innych wykazały, że pobieranie makroskładników koreluje z szybkością transpiracji, natomiast nie stwierdzono współzależności między ilością makroskładników w glebie a pobieraniem wody przez rośliny. Freeland [28] w swych badaniach stwierdził jedynie dodatnią korelację między szybkością transpiracji a pobieraniem potasu i fosforu.

Nightingale [55], badając skład chemiczny pomidorów rosnących w kulturach piaskowych, wykazał, że warzywa na kombinacjach bez wapnia i zaciemniane zawierały większe ilości wapnia w postaci niezwiązanej. Niezwiązany wapń wpływał na wzrost nowych łodyg i pobieranie



azotanów. W przypadku dodania wapnia i naświetlania rośliny reagowały odwrotnie.

Hibbard i Grigsby [32], drogą fotosyntezy i przemieszczania produktów, badali zależność między światłem a pobieraniem wapnia. Fotosynteza i przemieszczanie produktów odbywała się w roślinach przy niedoborze wszystkich składników, jednak pobieranie wapnia było większe w obecności światła.

Stewart i Arthur [69] prowadzili doświadczenia latem nad pomidorami rosnącymi na zewnątrz i wewnątrz szklarni oraz pod przykryciem. Zaobserwowali oni zmniejszenie się ilości wapnia w roślinach wraz ze spadkiem intensywności światła. Arens [3] odnotował większą zawartość wapnia w liściach drzew nocą niż w czasie dnia. Według Arensa, w ciągu dnia pewna część wapnia bierze udział w przemieszczaniu związków, natomiast podczas nocy wapń ten gromadzony jest z powrotem w liściach i dlatego nocą jest go więcej.

### *Wpływ temperatury gleby*

Bezpośrednich dowodów dotyczących wpływu temperatury gleby na skład chemiczny roślin jest mało. Wielu badaczy twierdzi, że przy niższej temperaturze pobieranie soli przez rośliny jest mniejsze, a tym samym i wapnia. Trudności w zbadaniu wpływu temperatury na pobieranie wapnia wynikają stąd, że cały szereg procesów życiowych rośliny zachodzi jednocześnie, np. pobieranie i przemieszczanie składników. Carter i Hopper [15] w doświadczeniu swym stwierdzili wpływ temperatury na pobieranie wapnia przez soję. Nasiona soi pochodzące ze stanów południowych, gdzie temperatura jest wyższa, zawierały więcej wapnia.

### *Wpływ wilgotności gleby*

W warunkach polowych niedostateczna ilość wody w glebie jest jednym z decydujących czynników ograniczających wzrost roślin i aktywność pobierania jonów. Z przeprowadzonych przez wielu badaczy doświadczeń wynika, że zmniejszenie uwilgotnienia gleby prowadzi do zmniejszenia zawartości w roślinach azotu i potasu; w przypadku wapnia, fosforu i magnezu zależność ta układała się różnie [31]. Zgodnie z badaniami Goralskiego [30] w doświadczeniach wazonowych z  $\text{CaCO}_3$  zawartość wapnia w materiale roślinnym wzrastała silniej przy większym uwilgotnieniu niż przy mniejszym.

Janes [36] w swych badaniach nie stwierdził wpływu uwilgotnienia gleby na zawartość wapnia w roślinach. Z doświadczeń jego wynika, że wpływ uwilgotnienia gleby na pobieranie wapnia jest modulowany przez inne czynniki wzrostu roślin. Lawton [39] w doświadczeniu na dwóch różnych glebach także nie stwierdził zależności między pobieraniem przez rośliny wapnia a uwilgotnieniem gleby. Z doświadczenia Cartmilla [14] wynika, że zawartość wapnia w trawach przy mniejszym uwilgotnieniu gleby była wyższa niż przy większym uwilgotnieniu.

Daniel i Harper [21] na dużej ilości próbek traw w stanie Oklahoma stwierdzili mniejszą zawartość wapnia w latach o większej ilości opadów niż suchszych. W przypadku fosforu ta zależność układała się odwrotnie. Z doświadczeń Darkisa [22] wynika, że nasilenie opadów wpłynęło na wzrost w tytoniu zawartości potasu, fosforu i cukrów, natomiast zmniejszenie ilości opadów spowodowało wzrost ilości wapnia, nikotyny, kwasów organicznych, żelaza, glinu, chloru i siarki.

### *Wpływ przewietrzania gleby*

Badań dotyczących wpływu przewietrzania gleby na przyswajalność składników pokarmowych jest niewiele. Większość z nich została przeprowadzona w kulturach wodnych, głównie z obciętych systemem korzeniowym. Arnon i Hoagland [4], którzy prowadzili doświadczenia nad pomidorami w kulturach wodnych z różną ilością tlenu, stwierdzili, że w wypadku większego napowietrzania środowiska wodnego rośliny zawierały 1,5 raza więcej wapnia, magnezu i fosforu w porównaniu z roślinami rosnącymi w nie napowietrzanych kulturach wodnych.

Z doświadczeń Pepkowitza i Shive'a [58] wynika, że pobieranie wapnia i fosforu przez rośliny zależy od ilości rozpuszczonego tlenu w roztworze glebowym, natomiast ilość tlenu nie wpływała na pobieranie potasu. Chang i Loomis [16] zaobserwowali wzrost zawartości potasu w roślinie wraz z intensywnością przewietrzania gleby. Lawton [39] w doświadczeniu z kukurydzą na glebie gliniastej wykazał, że przewietrzanie gleby wywiera wpływ na pobieranie składników pokarmowych. Według niego kolejność pobierania składników przez rośliny w zależności od przewietrzania gleby układa się następująco:  $K > Ca > Mg > N > P$ . Podobne wyniki otrzymał w warunkach polowych przy nadmiernym uwilgotnieniu gleby i zmniejszeniu jej porowatości przez ubicie.

### Podsumowanie

Na podstawie badań przytoczonych w literaturze nasuwają się następujące uwagi.

1. Wapń jest składnikiem pokarmowym, który nie ulega przemieszczaniu z jednej części rośliny do drugiej. W związku z tym rośliny do budowy swych nowych organów muszą pobierać wapń z roztworu glebowego.

2. W okresie rozwoju niektórych roślin zawartość wapnia w przeliczeniu na suchą masę może ulegać zmniejszeniu lub zwiększeniu.

3. Na ogół liście zewnętrzne roślin zawierają więcej wapnia w porównaniu z liśćmi wewnętrznymi.

4. Wapnowanie w niektórych warunkach glebowych wpływa na zwiększenie wapnia w roślinach. Zmiany te w wielu przypadkach są niewielkie i nie mają większego znaczenia praktycznego.

5. Wzrastające dawki nawożenia potasowego, magnezowego, fosforowego i siarkowego wpłynęły na zmniejszenie pobierania wapnia przez rośliny.

6. W roślinach rosnących na glebach, które w swym składzie mineralnym zawierały przewagę kaolinitu, stwierdzono większe ilości wapnia w porównaniu z roślinami rosnącymi na glebach z przewagą montmorylonitu.

7. Pobieranie wapnia przez rośliny zwiększało się wraz ze wzrostem wysycenia kompleksu sorpcyjnego wapniem. Dla montmorylonitu stopień wysycenia wapniem powinien być wyższy niż dla kaolinitu. Optymalny stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego wapniem jest dla różnych roślin odmienny.

8. Na podstawie wielu doświadczeń można wnioskować o wzajemnej korelacji w pobieraniu boru i wapnia przez rośliny.

9. Przy niskiej zawartości wapnia w roztworze glebowym — dodanie manganu wpływa ujemnie na pobieranie wapnia.

10. Z wielu doświadczeń wynika, że światło wpływa pośrednio na pobieranie wapnia przez rośliny.

11. Z przytoczonych danych w literaturze trudno jest wyciągać wnioski dotyczące wpływu temperatury na pobieranie wapnia przez rośliny.

12. Zawartość wapnia w roślinach była na ogół większa w latach o mniejszych niż większych ilościach opadów.

13. Przewietrzanie gleb w większości przypadków wpływało na zwiększenie pobierania wapnia, a tym samym i na jego procentową zawartość w roślinach.

## LITERATURA

1. Akhromeiko A.I.: Bull. Acad. Sci. URSS. Ser. Biol. 1055—110, 1939.
2. Allaway W.H.: Soil Sci. 59, 207—217, 1945.
3. Arens K.: Jarhb. wiss. Botan. 88, 169—175, 1939.
4. Arnon D.I., Hoagland D.R.: Soil Sci. 50, 463—485, 1940.
5. Arnon D.I., Johnson C.M.: Plant Physiol. 1, 525—539, 1942.
6. Ayres A.: Repts. Assoc. Haw. Sug. Tech. 15, 29—41, 1936.
7. Bear F.E.: Land 7, 378, 1948.
8. Bear F.E., Wallace A.: New Jersey Agr. Expt. Sta. Bull. 648, 1950.
9. Beeson K.C.: Sci. in Farming, Yearbook of Agr. 485—498, 1948.
10. Beeson K.C.: Nutrition Rev. 7, 353, 1949.
11. Bender W.H., Eisenmenger W.S.: Soil Sci. 52, 297—307, 1941.
12. Brenchley W.E., Warrington K.: Ann. Bot. Lond. 41, 167—187, 1927.
13. Brennan E.G., Shive J.W.: Soil Sci. 66, 65—75, 1948.
14. Cartmill W.J.: Queensland J. Agr. 1, 1—31, 1944.
15. Cartter J.L., Hopper T. H.: U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. 787, 66, 1942.
16. Chang H.T., Loomis W.E.: Plant Physiol. 20, 221—232, 1945.
17. Collins E.R., Rigler N.E.: Soil. Sci. 44, 217—229, 1937.
18. Cooper H.P., Paden W.R., Garman W.H., Page N.R.: Soil. Sci. 65, 75—96, 1948.
19. Cowell S.J.: Biochem. J. 26, 1422—1423, 1932.
20. Curtis O.F., Clark D.G.: McGraw-Hill Book Co. In. 752, 1950.
21. Daniel H.A., Harper H.J.: J. Am. Soc. Agron. 26, 986—992, 1934.
22. Darkis F.R., Dixon L.F., Wolf F.A., Gross P.M.: Ind. Eng. Chem. 29, 1030—1039, 1937.
23. Deleano N.T., Andreesen M.I.: Beitr. z. Biol. der Pflanz. 19, 249—286, 1932.
24. Deturk E.F.: Ind. Eng. Chem. 33, 648—653, 1941.
25. Drake M., Seiling D.H., Scarseth G.D.: J. Am. Soc. Agron. 33, 454—462, 1941.
26. Eheart J.F., Pratt A.D.: Va. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 81, 1942.
27. Evans H.: Sugar Cane Res. Sta. Mauritius, Bull. 7, 36, 1935.
28. Freeland R.O.: Am. J. Botany 24, 373—374, 1937.
29. Gawrońska-Kulesza A.: Roczn., Nauk Roln. T. 92-A. z. 4, 575—593, 1969.
30. Goralski J.: Roczn. Nauk Roln. T. 83-A, z. 1, 112—147, 1960.
31. Greaves J.E., Nelson D.H.: J. Agr. Res. 31, 183—191, 1935.
32. Hibbard H.P., Grigsby B.H.: Michigan Expt. Sta. Tech. Bull. 141—39, 1934.
33. Hjorth-Hansen S.: Biochem. Ztschr. 235, 359—366, 1931.
34. Holley K.T., Dulin T.G.: Ga. Agr. Expt. Sta. Bull. 197, 1937.
35. Iljin W.S.: Russ. Assoc. Sci. Res. 7, 8, 1938.



36. Janes B.E.: Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 51, 457—462, 1948.
37. Jones H.E., Scarseth G.D.: Soil. Sci. 56, 15—24, 1944.
38. Kępką M.: Polish J. Soil Sci. Vol. 2, nr 2, 153—161, 1969.
39. Lawton K.: Soil Sci. Soc. Am. Proc. 10, 263—268, 1945.
40. Ligon W.S.: Mich. Agr. Expt. Sta. Tech. Bull. 147, 51, 1935.
41. Marsh R.P., Shive J.W.: Soil Sci. 51, 141—151, 1941.
42. Marshall C.E.: Soil Sci. 65, 57—68, 1948.
43. Marshall C.E., Ayres A.D.: Soil Sci. Soc. Am. Proc. 11, 171—174, 1946.
44. Mehlich A.: Soil Sci. Soc. Am. Proc. 6, 150—156, 1941.
45. Mehlich A., Coleman N.T.: Adv. in Agron. 4, 67—99, 1952.
46. Mehlich A., Colwell W.E.: Soil Sci. Soc. Am. Proc. 8, 179—184, 1943.
47. Mehlich A., Colwell W.E.: Soil Soc. 61, 369—374, 1946.
48. Mercik St.: Roczn. Glebozn. T. XX, z. 2, 367—407, 1969.
49. Minarik C.E., Shive J.W.: Am. J. Bot. 26, 827—831, 1939.
50. Morris A.A.: J. Pom. Hort. Sci. 16, 167—181, 1938.
51. Muhr G.R.: Proc. Soil Sci. Soc. Am. 5, 220—226, 1940.
52. Naftel J.A.: Am. Soc. Agron. J. 29, 537—547, 1937.
53. Neller J.R.: Wash. Agr. Expt. Sta. Bull. 190, 47, 1945.
54. Nigntingale G.T.: Bot. Gaz. 98, 725—734, 1937.
55. Nightingale G.T., Addoms R.M., Robbins W.R., Schermerhorn L.G.: Plant Physiol. 6, 605—630, 1941.
56. Nowak M., Nazaruk M.: Wiadomości IMUZ, T. 7, z. 1, 201—220, 1967.
57. Peech M., Bradfield R.: Soil Sci. 65, 35—67, 1948.
58. Pepkowitz L.P., Shive J.W.: Soli Sci. 57, 143—154, 1944.
59. Phillis E., Mason T.G.: Ann. Bot. London 6, 437—442, 1942.
60. Price O.B.: Mich. Agr. Expt. Sta. Quart. Bull. 5, 158—159, 1943.
61. Ralska M., Gawęda H., Deskur J.: Roczn. Nauk Roln. T. 89-B, z. 4, 589—613, 1967.
62. Reeve E., Shive J.W.: Soli Sci. 57, 1—14, 1944.
63. Schachtschabel P.: Kolloidehem. Beihefte 51, 199—276, 1940.
64. Sheets O.: Miss. Agr. Expt. Sta. Bull. 407, 14, 1944.
65. Sheets O.A., Moore R.C., Zimmerly H.H.: J. Agr. Res. 68, 145—190, 1944.
66. Sherwood F.W., Halwerson J.O., Woodhouse W.W.: J. Am. Soc. Agron. 39, 841—858, 1947.
67. Sims G.T., Volk G.M.: Univ. of Fla. Agr. Expt. Sta. Bull. 438, 31, 1947.
68. Stale J.: Jahreb des Schweiz. 51, 418—430, 1947.
69. Stewart W.D., Arthur J.M.: Contrib. Boyce Thompson Inst. 9, 105—120, 1947.
70. Stiebelling H.K., Monroe D., Phipard E.F., Adelson S.F., Clark F.: U.S. Dept. of Agr. Misc. Publ. No 452, 1941.
71. Swanback T.R.: Plant Physiol. 14, 423—426, 1939.
72. Szukalski H., Zembaczyńska A.: Pamiętnik Puławski Prace IUNG z. 24, 149—159, 1967.

73. Tablibli G.A.: Z. Pflanzenernähr Düng. U. Bodenk. A. 39, 257—264, 1945.
74. Tyson J.: Mich. Sta. Tech. Bull. 108, 44, 1940.
75. Warington K.: Ann. Bot. London 48, 743—776, 1934.
76. Wiadrowska J.: Polish Agr. Forest Ann. 37, 307—331, 1936.
77. Wimer D.C.: Ill. Agr. Expt. Sta. Bull. 437, 173—272.
78. Withrow R.B.: Min. Nutrition of Plants. University of Wisconsin, Press 389—940, 1951.
79. Wright K.E.: Plant Physiol. 14, 171—176, 1939.