

# KALSIUM EN MAGNESIUM IN DIE PLANT\*

N GROBBELAAR, Universiteit van Pretoria

## Inleiding

Dit word algemeen aanvaar dat kalsium en magnesium vir meeste plantsoorte dien as noodsaaklike makro-minerale voedingselemente en gevolglik word — relatief gesproke — hoë konsentrasies van die soute van hierdie element (0,005 M Ca; 0,002 M Mg) in meeste moderne voedingsoplossings gebruik. Wallace et al (1966) het egter gevind dat in die geval van tenminste sekere hoër plantsoorte dit nie werklik gesê kan word dat groot hoeveelhede kalsium en magnesium onontbeerlik vir normale groei is nie. Kalsium veral, word net werklik in spoorhoeveelhede benodig. Hulle het bv gevind dat stambone heeltemal goed presteer as die kalsiumkonsentrasie van hul blare slegs 210 dpm (0,021 persent) en van hul wortels 350 dpm op 'n droë massa basis was. Vir bone wat normaalweg in 'n vrugbare grond gekweek word, is die kalsiumkonsentrasie van die blare maklik 70 keer hoër. Tabak- en mielieplante het ook goed presteer in voedingsoplossings wat arm was aan kalsium.

Ten einde die plante te kry om goed in kalsiumarme voedingsoplossings te presteer, was dit nodig om die konsentrasie van sekere ander katione in die voedingsoplossing, soos bv magnesium, koper en yster, ook te verlaag om te voorkom dat laasgenoemde elemente toksies optree.

## Kalsium

### Funksie in die plant

Meeste van die kalsium wat in hoër plante voorkom, is skynbaar geassosieer met die selwande van die plant se blare waarin dit veral as die baie onoplosbare kalsiumpektaat van die middellamella voorkom. Die funksie van kalsiumpektaat is skynbaar hoofsaaklik om naasliggende plantselle aan mekaar te heg. Deurdad kalsium divalent is, kan dit met twee karboksielsuurgroepe — een van elk van twee pektienmolekule verbind en sodoende 'n kruisbinding skep wat die twee molekule verbind. Hoe hoër die persentasie kruiskoppeling tussen die makromolekule, hoe sterker tree die pektien as 'n bindstof op en hoe minder is die plantselle rekbaar. In teenstelling met fosfor en kalium bevat ou blare gewoonlik meer kalsium as jong blare. As hoër plante groot hoeveelhede kalsium benodig, hoofsaaklik om selle aan mekaar te bind, is dit logies dat sekere laer plante soos bakterieë en eensellige fungi en alge geen of weinig kalsium benodig vir normale groei.

Die vroeë agteruitgang van die groeipunte van stingels en wortels agv 'n kalsiumgebrek, het moontlik ook deels te make met die onvermoë van delende selle om 'n normale selplaat te vorm waardeur meerkernige selle ontstaan.

Groot hoeveelhede kalsium word ook in die vakuole van selle aangetref, meestal as kristalle van die onoplosbare kalsium oksalaat. Soliede neerslae van hierdie sout en tot 'n mindere mate van kalsiumkarbonaat en soms waarskynlik ook van kalsiumsulfaat en -fosfaat kom soms langs vaatweefsels in blare voor. Aangesien baie kalsiumverbindinge relatief onoplosbaar is, word dit algemeen aanvaar dat die rol van hoë kalsiumkonsentrasies in die plant grootliks gesoek moet word in die detoksifikasie wat dit beworkstellig deur sekere ongewenste stowwe te presipiteer. In party gevalle is party navorsers egter van opinie dat die teenoorgestelde meer waarskynlik is. So bv word aangevoer dat die produksie van oksaalsuur deur die plant 'n kalsiumdetoksifikasie proses is. In die lig van Wallace et al se bevindings wil dit voorkom asof daar heelwat ondersteuning vir hierdie sienswyse kan wees.

Afgesien van bogenoemde funksies van kalsium in die plant is daar verskeie ander funksies, maar nie een van hulle kan die noodsaaklikheid van groot hoeveelhede kalsium verklaar nie. Vir hierdie funksies sal spoorhoeveelhede kalsium voldoende wees. So bv is dit welbekend dat kalsium in lae konsentrasies antagonisties optree teen die opname van veral kalium en natrium. As bv 'n saailing se wortels van 'n verdunde KCl-oplossing voorsien word, sal die plant spoedig toksiese simptome openbaar wat voorkom kan word deur 'n klein hoeveelheid  $\text{CaCl}_2$  by die KCl-oplossing te voeg. Trouens die kalsiumgebreksimptome wat 'n mens in waterkulture by plante kan opwek deur hulle in 'n volledige voedingsoplossing te kweek waaruit slegs kalsium weggelaat is, word dikwels toegeskryf aan 'n gevolglike kaliumtoksisiteit eerder as 'n direkte kalsiumgebrek in die plant. Dit is 'n feit dat kalsium in 'n delikate balans verkeer met kalium, magnesium en boor. Enige wanbalans in die verhouding van hierdie elemente jeens elkaar lei tot afwykende plantgedrag. Hierdie invloed van kalsium op die instandhouding van die differensieel deurlaatbaarheids-eienskappe van protoplasmamembrane is nog nooit bevredigend verklaar nie.

So ook kan ten minste sekere spesies skynbaar nie nitraat in die afwesigheid van kalsium opneem of assimileer nie. Aangesien die stikstofgebrek van sulke plante deur die voorsiening van ureum opgehef kan word, wil dit voorkom asof kalsium in katalitiese rol tydens nitraatreduksie by sulke plantsoorte vervul. Daar is weinig reaksies in plante bekend waarin kalsium as 'n ko-ensiem optree. Een so 'n uitsonderlike geval is die ensiem  $\alpha$ -amilase waarvoor kalsiumione as 'n aktiveerder optree. Hierdie katalitiese funksie van kalsium verklaar moontlik waarom stysel geneig is om tot 'n groot mate in die blare van plante op te hoop as die plante 'n gebrek aan kalsium ondervind. Kalsium tree ook as aktiveerder van die ensiem fosfolipase op.

\*Referaat gelewer tydens MVSA simposium oor Kalk in die Landbou, 20/3/75, Pretoria.

## Magnesium

Daar is 'n baie goeie korrelasie tussen die voorkoms van chromosoomafwykings en 'n akute kalsiumgebrek. Trouens dit word algemeen aanvaar dat baie lae konsentrasies kalsium noodsaaklik is vir normale kerndeling alhoewel dit nie duidelik is of hierdie rol van kalsium in die behoorlike funksionering van die kernspoel of die dissosiasie van die chromosome se nukleïensuurmolekule gesoek moet word nie. Kalsium vervul skynbaar ook in lae konsentrasies 'n noodsaaklike funksie tydens die normale vermeerdering van mitochondria. Daar word ook dikwels beweer dat kalsium op een of ander onbekende wyse soos boor, noodsaaklik is vir normale koolhidraatvervoer in die floem.

Nadat kalsium deur 'n lewende sel uit die xileem opgeneem is, kan dit later feitlik nie na ander weefsels of organe in die plant vervoer word nie. Dit is om dié rede dat die simptome van 'n kalsiumgebrek by plante gewoonlik eerste in die jong dele van plante ontstaan. Die stingels en wortelgroeipunte sterf af terwyl die jong blare misvorm is. In dié verband is dit interessant om daarop te wys dat by sekere plantsoorte, bv klawers, die opvallendste simptome van 'n kalsiumgebrek 'n skielike lokale ineenstorting van die plant se blaarstele is — asof dit lokaal met 'n vlam verskroei is, sodat die heeltemal turgessente blaarskyf afhang ipv regop gedra word.

Deur verskillende segmente van 'n blom se stamper op 'n agarplaat te sit en telkens stuifmeelkorrels om die stampersegment te strooi, het Molisch reeds aan die einde van die vorige eeu bewys dat een of meer stowwe vanuit die stampersegmente in die agar diffundeer wat dan die stuifmeelbuis stimuleer om in die rigting van die stampersegmente te groei. Sedertdien is stuifmeel van meer as 100 spesies so getoets. Dit is bevind dat in meeste gevalle die stuifmeelbuis positief chemotropies reageer op die stampersegment; of die stampersegment tot dieselfde spesies as die stuifmeel behoort of nie. Machlis en sy medewerkers het onlangs bevind dat hierdie onspesifieke, hittebestande en dialiseerbare stof inderdaad kalsiumione is. In die geval van minstens die leuebakkie (*Antirrhinum majus*) het hulle vasgestel dat die kalsiumkonsentrasie van die stamper toeneem vanaf die stempel tot die saadknop en dus waarskynlik 'n belangrike rol speel om te verseker dat stuifmeelbuis na die saadknop gelok word teneinde bevrugting te verseker. Dit moet egter vermeld word dat Rosen meer onlangs gevind het dat die stuifmeelbuis van sekere lelies ongevoelig is vir kalsium maar positief chemotropies reageer jeens ander verbindings wat waarskynlik organies van aard is. In hierdie geval was dit verder gevind dat die chemotropiese invloed nie op 'n inter-genetiese vlak funksioneer nie en dus baie meer spesifiek is as die kalsiuminvloed by ander spesies.

Die mees opvallende funksie van magnesium is seker dat dit 'n onmisbare bestanddeel van die chlorofille uit maak. Die funksie van die chlorofille as die hoof absorbeërs van ligenergie vir fotosintese is so welbekend dat daar nie hier verder daarvoor uitgebrei hoef te word nie. Soos 'n mens dan ook kan verwag, is 'n groot persentasie van die magnesium van hoër plante geassosieer met chlorofilbevattende organe — hoofsaaklik die blare. Die chlorofillose organe (bv die wortels) benodig egter ook magnesium vir normale groei soos blyk uit die voedingsvereistes van geïsoleerde wortels en chlorofillose laer plante soos die fungi en bakterieë wat ook magnesium benodig. Hieruit is dit duidelik dat magnesium ook ander noodsaaklike funksies vervul. Een so 'n funksie is dié van ensiemaktiveerder. Dit is opvallend dat meeste van die talle energie-oordrag reaksies waarby ATP betrokke is, magnesiumione as kofaktor benodig. Sulke reaksies kom in die respirasieproses, fotosintese, nukleïensuursintese, proteïensintese, ens voor. In baie gevalle is die vereiste vir magnesiumione baie spesifiek alhoewel ander divalente katione (veral mangaanione) in sekere gevalle die funksie van magnesiumione kan oorneem. Dit word algemeen aanvaar dat magnesiumione in sulke reaksies met twee naasliggende fosfaatgroepe van bv ATP verbind om 'n brug oor die pirofosfaatbinding te vorm. Sodoende word die pirofosfaatbinding verswak (geaktiveer) en die verbreking van die pirofosfaatbinding vergemaklik. Daar bestaan ook die moontlikheid dat die magnesium verder met die ensiemproteïen mag koppel om sodoende tegelykertyd 'n brug tussen ATP en die ensiemproteïen te vorm. Daar is ook sprake dat magnesiumione in sekere gevalle op 'n indirekte wyse as ensiemaktiveerders optree deurdat dit met ensiemhibeerders verbind en laasgenoemde stowwe op dié wyse oneffektief maak.

Daar is verder baie bewyse dat magnesiumione, op 'n wyse wat ons nog nie behoorlik verstaan nie, 'n spesifieke rol speel in die handhawing van die funksionele doeltreffendheid van protoplasmamembrane en sekere selorganelle. So bv sal ribosome, wat 'n baie belangrike funksie in proteïensintese vervul en saamgestel is uit subeenhede, in die afwesigheid van magnesiumione in talle subeenhede fragmenteer en sodoende hul vermoë verloor om proteïensintese uit te voer.

In teenstelling met kalsium, word magnesium geredelik sekondêr in plante vervoer. Agv die mobiliteit van magnesium in die plant en die groter "trekkrag" wat jong weefsels, relatief tot ouer weefsels, vir die element het, kom die simptome van 'n magnesiumtekort gewoonlik eerste in die ouer blare tot uiting as kenmerkende tussenaarse chlorotiese kolle.