

NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE

Institutt for grønnsakdyrking

Boks 22, 1432 Ås-NLH

Stensiltrykk nr. 95

ISBN 82-576-5567-8

KALSIUM SOM PLANTENÆRING MED SÆRLIG VEKT PÅ Ca-BALANSEN
I ENKELTE GRØNNSAKER

En litteraturoversikt

av

Haakon Sønju

NLH 1977

NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE
Institutt for grønnsakdyrking
Boks 22, 1432 Ås-NLH
Stensiltrykk nr. 95.
ISBN 82-576-5567-8

KALSIUM SOM PLANTENÆRING MED SÆRLIG VEKT PÅ Ca-BALANSEN
I ENKELTE GRØNNSAKER

En litteraturoversikt

av

Haakon Sønju

NLH 1977

INNHOOLD

	Side
INNLEDNING	1
LITT Ca-KJEMI	2
Ca I JORDA	3
Kunstig tilføring	6
Ca OG PLANTENES REAKSJON PÅ UBALANSE	8
Tomat	9
Paprika	9
Agurk	10
Salat	10
Selleri	10
Gulrot	11
Bønner	11
Kinakål	12
Hodekål	12
Rosenkål	12
Blomkål	13
FAKTORER SOM PÅVIRKER OPPTAK AV Ca	13
Fuktighet og vannbalanse	14
Konsentrasjon	17
Ca - N	19
Ca - P	20
Ca - K	21
Ca - Mg	23
Ca - Na	24
Ca - B	25
Ca og chelater	26
Ca - Zn	26
Ca og andre elementer	27
Ca og pH	27
Tilføring av ulike kjemikalier	28
Temperatur	29
Sykdommer, virus, nematoder	30

	Side
Ca-INNHOLD OG FUNKSJON I PLANTENE	31
DISKUSJON	37
SAMMENDRAG	38
LITTERATUR	40

Haakon Sønju

KALSIUM SOM PLANTENÆRING MED SÆRLIG
VEKT PÅ Ca-BALANSEN I ENKELTE GRØNNSAKER

INNLEDNING

En vet at alt i de tidligste tider har menneskene vært opptatt av plantenes vekst og næringsopptak. Fra oldtidens kultursamfunn omkring Middelhavet, kjenner en forfattere som skrev tildels omfattende verker om emnet. Det er her nok å nevne Columella som i årene like etter Kr. fødsel skrev et omfattende verk med tittelen "De re rustica".

Det har opp gjennom tidene naturlig nok versert mange teorier og filosofier omkring næringsemnene og opptaksmekanismer. Som oftest var disse kommet fram ved praktiske erfaringer og tildels nøyaktige observasjoner. Disse kunne således ha verdi for gjødslingspraksis selv om ikke årsaksammenhengen var forstått. Fordi denne vitenskapen også ble knyttet til øvrig naturfilosofi og fordi sammenhengene tildels ble grunnet på overtro og spekulasjon og ikke eksakt viten var det klart at man hadde grobunn for tildels sprikende teorier om mangt og meget. Uten å gå for meget inn på de historiske sekvenser for forståelsen av næringsopptak, vil det være riktig å nevne et par teorier som fikk mange tilhengere. Humusteorien, i første rekke beskrevet av tyskeren Albrecht D. Thaer (1752 - 1828) gikk ut på at humusstoffene er plantenes viktigste og egentlige næringskilde og at mineralstoffene bare spiller en rolle som omsetter av humusstoffene. En tenker seg at næringen derved blir tatt opp i ferdig tilstand og brukt uten videre omdanning i planten. Fra omkring 1600 og framover ble mineralteorien etterhvert utviklet. Denne går ut på at plantenes næring var vann, mineralstoffer og karbondioksyd. Dette hadde forbindelse med naturvitenskapenes framvekst og bruken av disse til å kaste lys over naturproblemene.

Justus von Liebig's (1803 - 1873) store arbeide fra 1840: "Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie" sammenfatter det som var kjent om plantenes mineralopptak og utvider denne forestillingsverden. Selvom vi i dag er kommet et betydelig skritt videre i forståelsen av plantenes

næringsopptak enn den Liebig hadde, må en uten overdrivelse kunne si at hans arbeide er grunnleggende for gjødslingslæren også i vår tid.

Forskerne har idag adgang til meget avansert utstyr, f.eks. gasskromatografer, massespektrometer osv. som gjør det mulig å foreta registreringer og analyser nøyaktig og svært spesifikt. Man gis derved muligheten for å kunne studere plantenes næringsmekanismer mer i detalj. Resultatet er at man stadig har funnet nye stoffer som er nødvendig for en normal planteutvikling. I dag har man funnet over 60 forskjellige grunnstoffer i plantene og alle foreligger i forskjellige mengder, alt etter hvilke stoffer og planter man har med å gjøre.

Bare endel av disse 60 stoffene regnes til nå som essensielle for plantene. Noen av disse skiller seg imidlertid ut ved at de tas opp i større mengder enn andre. For disse angis innholdet i plantene som prosent av plantetørrstoffet mens de resterende angis i ppm av tørrstoffet. Disse to grupper av stoffer kaller man henholdsvis makro- og mikronæringsstoffer. Idag regnes gjerne C, O, H, N, P, K, Ca, S, Mg til førstnevnte gruppe, mens Mn, B, Cu, Zn, Fe, Mo, Cl til den andre. Vi skal her se litt nærmere på et av makrostoffene, nemlig Ca.

LITT Ca-KJEMI

Ca med atomnummer 20 og atomvekt 40,0 regnes som et jordalkalimetall og er plassert i annen hovedgruppe av Det periodiske system. Gruppenavnet skulle indikere at stoffet regnes til metallene og at de i sin naturlige opptreden har basisk karakter. Ca er etter sin klassifisering som metall meget lite elektro-negativt, og gir etter sin positive karakter fra seg elektroner for selv å bli et kation. Ca's ioniseringsenergi er lav og ligger på 1145 KJ/Mol. Ca danner toverdige ioner.

I rent metallisk Ca er atomene i det faste stoffet bundet sammen med metallbindinger (ionbindinger) til et "uendelig" molekyl. Metallbindingene sett i forhold til kovalente bindinger, karakteriseres ved at de fører til forholdsvis høye smeltepunkt og kokepunkt, og at løseligheten i polare væsker (vann) er høy. Som metall har likevel Ca et lavt smeltepunkt, 803°C.

Særegnet er det også at metallene har meget god elektrisk ledningsevne og at denne evnen avtar ved økende temperatur. Disse egenskapene er knyttet direkte til metallbindingens karakter, idet atomene er trengt sterkt sammen og deres omkringsvevende elektroner i noen grad vil gå om hverandre og ha en tildels fri bevegelighet. Som metall vil Ca også ha høy lysrefleksjon, bli mørkere ved pulverisering (flere bølgelengder fanges inn) og være bøy-, strekk- og valsbart. Ca har en tetthet på $1,55 \text{ g/cm}^3$. Stoffet reagerer lett både med luft og vann og det dannes da henholdsvis CaO og Ca(OH)_2 . Ca har da også meget lavt elektrodepotensial - 2,87 ved 25°C . Dette gjør at stoffet nettopp kan ta hydrogenets plass i egnede forbindelser som vann, syrer osv.

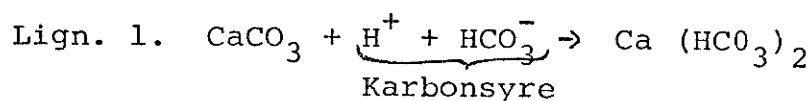
Ca I JORDA

Grunnstoffet utgjør ca. 3,4 vektprosent av jordskorpen (16 km dybde) og forekommer naturlig nok, etter sin reaktive evne, ikke fritt i naturen, men som bestanddel av forskjellige forbindelser. De mest vanlige forbindelsene er karbonater (kalkstein, marmor, kritt (CaCO_3) og dolomitt ($\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$)) sulfater (anhydritt (CaSO_4) og gips ($\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$)) fosfater (fosforitt ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) og apatitt ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}(\text{Cl}_1\text{F})_2$)). I bergartene er kalsium særlig bundet i plagioklasfeltspat og endel i andre silikater f.eks. asbest ($\text{CaMg}_3(\text{SiO}_3)_4$).

Ved dannelse av mineraljord kommer materialet fra berggrunnen. Etter oppbygging og innhold av forskjellige mineraler har fjellgrunnen forskjellig motstand mot nedbryting. Det viser seg at bergarter som har vært opphav til sedimentærjordartene særlig har innholdt betydelige mengder Ca. Det er derfor ikke uventet at man finner rik tilgang på utbyttbart Ca i leirjordområdene. Rendsina eller humuskarbonatjordsmonn som er betegnelse på grunt Ca-rikt jordsmonn over kalkrik berggrunn er lite utbredt i Norge. De fleste steder opptrer sure bergarter, kvartsfornbindelser. Jordsmonn oppstått fra disse, inneholder mindre Ca. Enkelte steder langs vestkysten og under den marine grense på Østlandet finner en mindre områder med særlig kalkrik jord. Disse jordsmonntypene inneholder mye CaCO_3 i det de i stor grad består av skallrester av forskjellige sjødyr.

Ca er viktig bl.a. ved at det fremmer god struktur i jorda. For leirjordstypene er det nødvendig med Ca for å danne dobbelt kornstruktur, noe som er med på å sikre god vann- og lufttilgang til eventuelle planterøtter.

Ca er hovedsaklig å finne i mineraler. Tilgjengeligheten for plantene avhenger i alle tilfeller av hvor lett grunnstoffet lar seg frigjøre fra forbindelsen. Silikatene regnes for å være vanskelige å bryte ned, dernest kommer fosfatforbindelsene der sekundært Ca-fosfat (CaHPO_4) er lettest og apatitt vanskeligst å bryte ned. Karbonatene regnes i denne sammenheng å være lett nedbrytbare. Lav pH virker til å fremme frigivningen av Ca fra karbonatene og fosfatene. Mikroorganismene i jorda kan ved sin metabolisme, (danning av organiske syrer, ånding osv.) være med på å senke pH. Stiger CO_2 -konsentrasjonen i jordlufta, vil en lett få frigjort kalsium i form av $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ via en hydrolyse:

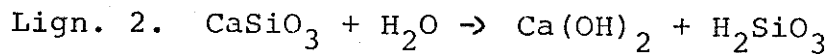


Tabell 1 gir en oversikt over hvordan pH og oppløst Ca i jordvæsken er påvirket av CO_2 -konsentrasjonen i jordlufta over væsken.

Tabell 1. Sambandet mellom pH, CO_2 og oppløsning av Ca i jordvæsken.

CO_2 i lufta over vannet vol %	CO_2 oppløs- ningens pH	I mettet oppløsning		
		CaCO_3 g/l	Ca mg/l	pH
0,03	5,72	0,063	25	8,4
0,3	5,22	0,138	55	7,8
1,0	4,95	0,211	84	7,5
100,0	3,95	1,058	423	6,1

Nedbryting av Ca-silikatmineralene f.eks. et pyroksen, kan også sees som resultat av en hydrolyse.



Vi har i de to ligningene tatt for oss dannelsen av to Ca forbindelser som er lett bevegelige i jordvannet. I slik form vil Ca være lett tilgjengelig for plantene, men samtidig vil det være fare for at Ca vaskes ut, især i et humid klima. Er systemet med oppløste/uoppløste ioner i jordvæsken i likevekt, vil en slik fjerning av ioner resultere i ny frigivning fra den uoppløselige fraksjonen av mineraler i jorda slik at en viss stabilitet opprettholdes. Utvaskingen av ionene er også avhengig av hvilke kjemisk evne jorda har til å holde på ionene i oppløst form. Vanligvis kan en regne at det er fire forskjellige mekanismer som fungerer ved ionebinding.

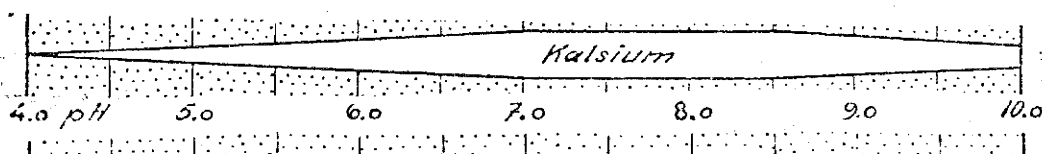
1. Binding til uorganiske og organiske partikler.
2. Absorpsjon i nye faste faser som utvikles (f.eks. jernoksyd) uten selv å være hovedbestanddel.
3. Felling med andre jordkomponenter til ny fase.
4. Opptak i biologisk system.

Utenom punkt 4 er alle enten ionebyttereaksjoner eller fellingsprosesser. Da de fleste jordpartiklene er negativt ladet, vil forholdene være tilstede for kationbinding, f.eks. Ca^{2+} . I leirjord er kationombyttingskapasiteten ekstra stor, (vanligvis Ca 30 me/100g jord) på grunn av høyt innhold av sjiktgittermineralene illitt, kloritt og vermiculitt. Binding til humuspartikler skjer gjerne ved at Ca^{2+} tar plassen til H i humussyrene (R-COOH) og fenolene (OH gruppen).

En har også funnet at pH virker på ombyttingskapasiteten idet økende pH gir økende kapasitet. Dog vil en $\text{pH} > 8,5$ ofte gi karbonatutfelling. I svakt sur eller svakt alkalisk jord får vi heller en Ca-fosfatfelling. Generelt vil løsligheten av Ca øke ved tilstedeværelse av andre ioner. Bindingsstyrke, fortrengingsevne og fellingseffekt på jordkolloider for de forskjellige ionene, følger stort sett ionevekt og ladning, idet økende vekt og ladning øker effekten (eks. $\text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$).

En bruker hovedsaklig kalsiumionet i svak til middels sterk konsentrasjon ved felling- og ionebytting-prøver av jord.

Ved sur jordreaksjon ser det ut som Ca er mindre tilgjengelig for plantene.



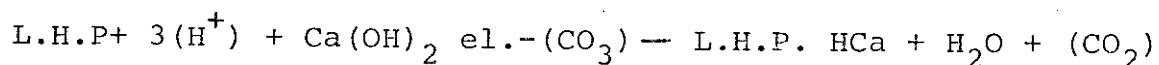
Jordreaksjonens innvirkning på tilgjengeligheten av Ca.

Dette forklares med at hydrogenioner legger beslag på jordas kationombyttingskapasitet og likeledes virker konkurrerende med metallkationene i rotas opptaksmekanisme. Flere forskere hevder at Ca bør utgjøre mellom 50 - 80% av ionene som metter jordabsorpsjonssystemet for at jordstruktur og Ca tilgang for plantene skal være god. En bør imidlertid huske på at det er det egentlige mengdeforhold mellom metallionene og hydrogenioner i leire og humuskolloidkomplekset det kommer an på.

Kunstig tilføring

I humid klima og til jordarter som fra opprinnelsen er fattig på Ca, vil kunstig tilføring av kalk være nødvendig. Almeida U.A. et al. (1973) fant i sitt lysimetrieforsøk på brunjord i Portugal, at mellom 94 og 97% av Ca-tapet fra jorda, skyldtes utvasking via drensvannet. Bare 6,2% av det totale Ca-tapet skyldtes fjerning med avlingen.

Man bruker uttrykket kalking og mener med det tilføring av basiske kalsiumforbindelser til jorda eller vekstmediet. Forbindelsene kan være kalsiumkarbonat i kalksteinsmel, skjellsand, mergel eller kalsiumoksyd i brent kalk og hydroksyd i lesket kalk. I praksis vil tilføring av slike Ca-forbindelser ha til hensikt å virke som jordforbedringsmiddel og i mindre grad som næringsemne for plantene. Ca går som tidligere nevnt inn i forskjellige jordpartikler på H^+ plass.



(L.H.P. = leire og/eller humuspartikkel).

Det hevdes at kalking innen normale pH områder spiller en større indirekte enn direkte rolle ved sin innvirkning på jordas totale næringshusholdning.

Finhetsgraden av det tilførte kalkingsmidlet, liksom den kjemiske forbindelsen er av betydning for hvor sterkt og hurtig det vil virke. Finmaling øker virkningsgraden, men teknisk vil dette by på vansker for spredning idet man på større arealer gjerne benytter seg av sentrifugalspredere. Granulering er i den senere tid kommet på tale for endel kalkingsmidler. Et lettoppløselig kalkingsmiddel som $\text{Ca}(\text{OH})_2$ vil gi en rask reaksjon ved tilføring. For å redusere transport og spredningsutgifter - nyttes ofte CaO , brent kalk, som ved tilgang på vann lett går over til $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Disse forhold spiller selvsagt mindre rolle der det er snakk om små arealer og små kvanta, f.eks. dyrkingsmedia i veksthus. Til torv brukes vanligvis ca. 5 kg kalkdolomitt/m³. Günther et al. (1972) gjorde forsøk med partikkelstørrelsen av CaCO_3 tilsatt torv hvor man dyrket tomat. En partikkelstørrelse mellom 0,2 - 0,5 mm hadde en tildels svak og bare gradvis virkning. Korn som var større enn 0,5 mm ga så godt som ingen utslag i de to månedene forsøket pågikk. Det er derfor blitt anbefalt at kalk brukt til torv bør ha en finhet < 0,2 mm og at 80 - 90% av partiklene er mindre enn 0,1 mm i diameter.

Ved tilføring av Ca som næringsstoff i begrensede vekstmedia er det også blitt gjort forsøk med chelatering. Det brukes organiske stoffer, f.eks. EDTA, som binder metaller fast til seg, men på en slik måte at forbindelsen likevel kan være vannløselig. Vanligvis brukes chelatene til å verne forskjellige mikronæringsstoffer mot felling i kalkrike gjødselblandinger.

Ca-forbindelsen tilføres bladverket som førstehjelp ved mangelsymptomer, særlig i fruktdyrkingen. Det er da vanlig å sprøyte ut en vannløsning av CaCl_2 eller $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Disse stoffene er lett løselige i vann. Det er nødvendig å sprøyte flere ganger gjennom sesongen for å få virkning.

En skal ikke se bort fra at de Ca-mengdene som tilføres plantene ved gjødsling har en vesentlig betydning. Av de kalsiumholdige gjødselslagene kan nevnes superfosfat $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}]$, kalksalpeter $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ med ca. 5% $\text{NH}_4\text{NO}_3]$, calciumsyanamid $[\text{CaCN}_2]$. Foruten disse inneholder fullgjødselslagene alltid Ca i mengder fra 1,5 til 3%.

Ca OG PLANTENES REAKSJON PÅ UBALANSE

I den senere tid etter at mineralteorien er blitt alminnelig anerkjent har man gått nærmere inn på å studere de enkelte næringsstoffenes funksjoner i plantene. Den virkelig store aktiviteten på området fikk vi fra 1930 og fremover. Man interesserte seg nå mer for faktorer som førte til mangel, eventuelt overskudd av de enkelte stoffene. Spesielt gjaldt dette mikronæringsstoffene i plantene. Man snakker i denne forbindelse om mangelsykdommer eller forgiftning.

Økning av avlingsstørrelsene, forandring av dyrkingsmetoder, nye kultivarer og høyere krav til kvalitet på produktene, har bare vært med på å øke kravet til mer presis viten og praksis i forbindelse med gjødslingsspørsmål. Her som på så mange andre områder viser det seg at jo lenger man beveger seg mot grensen av yteevnen dess større er sjansene for at det skal oppstå problemer.

Produksjon av grønnsaker har generelt en mer intensiv karakter enn andre planteproduksjoner i landbruket. Kulturene kjenne-tegnes ved rask vekst og stor produksjon av plantemasse. Til dette kreves lett tilgjengelig og tildels store mengder næring. Dirigerte næringstilskudd er derfor nødvendig. Fordi husdyrhold har gått ned og arbeidsutgiftene opp i den senere tid, er følgende blitt at man nå nesten uten unntak benytter seg av handelsgjødsel der næringsstoffene foreligger i konsentrert og lett tilgjengelig form. Med Liebig's minimumslov i tankene innser man imidlertid at sjansene for feil mineralbalanse er blitt større. Skader som man i den senere tid har observert som feil ved Ca-balansen, regner man med har sammenheng med bruk av høykonsentrert og surtvirkende gjødsel. En bør være klar over at en rekke faktorer er medvirkende til at det oppstår en

slik feil balanse. Å finne ut av årsakene er forskernes oppgave. Noe er alt klarlagt, en del står det fortsatt strid om og atter annet har man ennå liten kjennskap til. Synlige tegn på misvekst er det som oftest en smal sak å kunne beskrive. Problemene melder seg først når man skal finne årsakene. La meg referere noen symptomer man tilskriver Ca-mangel.

For noen grønnsaker er Ca-mangel av større økonomisk betydning enn hos andre, idet skaden opptrer enten bare eller i størst grad i det salgbare produktet. Et typisk eksempel er griffelråte hos tomat. Dette er ingen egentlig råte, så navnet er noe misvisende. Skaden ytrer seg som et tørt og mørkt innsunket parti på fruktens griffelende. Partiet er vel avgrenset fra det omkringliggende vev. Forstadiet til skaden er ofte en indre nekrose som man vanskelig kan oppdage utenfra. Det har gjennom tidene versert mange teorier om årsakene, og sykdommen har vært beskrevet alt så tidlig som i 1880-årene.

Først i 1942 framsatte Lyon et al. teorien om at kalsiummangel var den egentlige årsak til den beskrevne skaden. Undersøkelser viste at Ca-innholdet i griffelenden av fruktene var ekstremt lavt i forhold til det i normale frukter. Forhold som lav pH, høy saltkonsentrasjon, ugunstige fuktighetsforhold osv., var alle faktorer som syntes å ha innvirkning på kalsiumtransporten/-forsyningen hos planten.

Ca-mangel viser seg i praktisk dyrking sjeldnere og i langt svakere grad på tomatplantens vegetative deler. I forsøk har man imidlertid fått frem karakteristiske symptomer. Disse går ut på at det oppstår bladrandnekrose på yngre blad. Bladene får også en fiolett farge. Bladene blir etter hvert deformerte og krøller seg. Ved sterk mangel vil vekstpunktet dø, og det vil oppstå klorose og spredte nekroser mellom nervene også på eldre blad. Særlig kortvokste planter er også vanlig reaksjon. Røttene fra tomatplanter utsatt for kalsiummangel er oftest korte, forgrenede, brune og virker i det hele lite trivelige.

Paprika hører liksom tomat til Solanacea. Det var nærliggende å anta at griffelråten som kunne oppstå i denne kulturen hadde

noe av samme årsakene som hos tomat.

Råten opptrer hos paprika på eller i nærheten av fruktens griffelende. Den angriper både fullt utviklede og ikke fullt utviklede frukter. Råten viser seg som nedsunkne lysbrune flekker. Vevet i området er i begynnelsen mykt, men etter en tid vil det normalt tørke ut og bli hardt. Skaden kan utvikle seg raskt. Ved ugunstige forhold kan ca. halvparten av fruktenden være skadet i løpet av et par dager. Oppstår skaden på frukter som ikke er fullt utviklede kan det resultere i fruktfall. Hos frukter som angripes først etter å ha nådd full utvikling, vil det som regel skje en normal modning av det uberørte vevet. På de vegetative delene hos paprika vil Ca-mangel ytre seg som dvergvekst, avblekning og oppbøyning av bladkantene på de yngste bladene.

Symptomene hos agurk ytrer seg særlig på vegetativt vev og liksom hos tomat på unge organer. Gule eller gul-brune bladkanter med grønne og friske hovednerver opptrer først. Senere vil bladkantene, som er mer enn normalt tannete, bøye seg ned. Ny vekst som eventuelt utvikles, vil være slapp og sideknopper vil ofte ikke bli utviklet. Plantene vil få korte internodier. Ved ekstrem mangel vil vekstpunktet og blad dø helt ut.

Salat vil ved kalsiummangel bli meget kortvokst med bladene voksende flatt ut, som en rosett, uten særlig evne til å danne hode. De yngste bladene, hjertebladene, er mest utsatt. Disse får gjerne et mer mørkegrønt og blankt utseende samtidig som bladene blir spesielt buklete. Brune og grå nekroser utvikles på bladplaten mellom buklete. Svakere symptomer på noe eldre blad, men disse får ofte bladkantskader.

Hos selleri vil det utvikles brune og visne partier i hjertebladene som sekundært ofte angripes av bløtbakterioser, *Bacillus carotovorus*. Dette vil medføre en slimete og bløt råtning. Skaden oppstår helst ved sterk gjødsling på kalkfattig jord. Klimatiske forhold som fører til vannstress fremmer også symptomene. Den første beskrivelsen av sykdommen ble gjort alt i 1897. (Anonym, 1933) Etter den tid har mange fors-

kere periodevis studert problemet hovedsaklig med det resultat at sykdommen måtte være fysiologisk betinget. Dette synes logisk idet det er funnet forholdsvis mindre kalsium i hjertebladene hos selleri angrepet av hjerteråte enn i tilsvarende blad på friske selleriplanter. Jevnlige tilførsler av Ca-oppløsninger til hjertebladene har likeledes hindret eller kurert opptreden av hjerteråte.

Selleri er en vekst som krever mer gjødsel enn de fleste andre grønnsaker. Dette kombinert med at veksten er rask, gjør at det er et stort Ca-behov pr. tidsenhet. Dette forklarer også hvorfor store planter i et hold er mer utsatt enn små planter.

Sykdommen cavity spot på gulrot har siden publikasjoner av Maynard et al. i 1961 vært sett på som en reaksjon på feil Ca-balanse i rota. Senere undersøkelser gjort av andre forskere har imidlertid vist at sammenhengen ikke er så entydig. Det hevdes derfor at cavity spot fortsatt er et uløst problem.

Sykdommen som særlig forekommer i England, Scotland og Danmark, ytrer seg ved at det dannes nedsenkede flekker som følge av hulrom under rotas epidermis. Disse små gropene er som regel elliptiske med den lengste akse på tvers av gulrota. Gropene vokser i takt med rotas vekst og epidermis vil etter en stund briste og etterlate en takkete brem langs kanten av gropa. I bunnen vil normalt dannes sårkork og dybden blir da sjelden over to-tre millimeter. Muligheter for infeksjon med sopp og bakterier kan gjøre at skadene blir atskillig mer alvorlige. Gropene kan opptre hvor som helst på rotas overflate, men angrepene ser hovedsakelig ut til å være knyttet til siderøttens rotlinjer (Jensen 1973). Symptomene opptrer når det prosentvise Ca-innhold av gulrotas tørrstoff er mindre enn 0,25.

Hypokotyl nekrose på bønner (*Phaseolus vulgaris* L) er en fysiologisk forstyrrelse som kan inntre 2-4 døgn etter starten på spiringen i kunstig medium (sand, vermikulitt osv.) og ved en temperatur fra 25 til 30°C. Symptomene viser seg ved at et lite parti av hypokotylen, ca. ½ cm under kotyledonen er

gjennomskinnelig. Under veksten vil det dannes små dråper på partiet. Etter en tid bryter vevet sammen og antar en mørk farge. Ofte vil primærroten falle fullstendig av og adventivrøtter bli dannet over det berørte området.

Problemet med hypocotyl nekrose har først og fremst vist seg ved spireprøving i kunstige media, men det har også vært observert tilfeller ute på friland der jorda har hatt et lavt Ca-innhold. Ved praktiske spireprøver unngår man symptomene ved å sette til ganske små mengder 10 mg/l av et Ca-salt f.eks. CaSO_4 eller $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, til spiremediet (Shannon et al. 1967). Sortene har forskjellig mottagelighet. De mottagelige og de ikke mottagelige kan ha likt Ca-innhold i frøene, men de sistnevnte har gjerne et høyere innhold av Mg og K. Hos voksne bønneplanter vil Ca-mangel medføre at toppene av plantene blir misdannet, unge stengler og bladskaft visner, blad nær skuddspissene vil utvikles dårlig og skuddspissene vil tilslutt dø. Dvergvekst og tidlig bladfall er også oppgitt som symptom.

Symptomene i kinakål arter seg litt forskjellig alt etter ved hvilket utviklingsstadium mangelen inntreffer. Skader som oppstår før det er dannet hode viser seg ved at kanter og spisser av grønne blad blir vasstrukne og gjennomskinnelige. Disse vevdelene vil etter en tid bryte sammen og tørke ut og tilslutt se ut som hvite bånd. Etter hodedanning vil kantene på de blader som danner hode, bli vannfylte og gjennomskinnelige. På grunn av høy fuktighet i hodet vil det berørte vevet bli lysebrunt og gjerne utsettes for sekundærskade i form av bakterieråte. Bladkantråting "Fuchigusare" har de samme symptomene. Begge problemene kan imidlertid kontrolleres ved sprøyting med et oppløselig Ca-salt. Av dette har man antatt at bladkantråting har sin årsak i Ca-mangel.

Indre råte finnes også hos hodekål og rosenkål og arter seg omtrent som tilsvarende råte i kinakål. Skadesymptomene starter ved en utdøing av bladrandnervene i en bestemt blad-sone i midten av kålhodet. Slik indre råte er en vanskelig defekt fordi skaden oppdages først hos konsumentene.

Blomkål viser naturlig nok andre symptomer. Ca-skader på denne kulturen skaper ikke vansker i omsetningen idet blomkålen viser tydelige ytre symptomer ved glassaktige, og etter en tid litt brynlige flekker i hodet. Det er funnet at dette vevet i motsetning til glassaktig vev hos f.eks. salat, inneholder mer tørrstoff enn det normale vevet i blomkålhodet. Ved undersøkelser med mikroskop fant man at utviklingen av skaden først viser seg som brunfarging av celler omtrent 1 cm under hodeoverflaten. De glassaktige flekkene i hodet utvikles gjerne i forbindelse med bladrandnekrose på de yngste blomkålbladene. Nekrosen har utseendemessig mye tilfelles med bladkantskade på hodesalat. Nervene i nærheten av bladkanten vil dø og omkringliggende vev vil etter en tid tørke ut. Siden vil en videre utvikling føre til misdannelse av hele bladet.

FAKTORER SOM PÅVIRKER OPPTAK AV Ca

Selvom det i det foregående kan synes at plantene ofte reagerer tildels forskjellig på feil Ca-balanse er det likevel mulig å merke seg visse fellestrekk. En må kunne si at skadene generelt vil vise seg ved at meristematisk vev, vekstpunkt og i det hele tatt ungt vev bryter sammen. En vil nok derfor også finne endel fellestrekk ved årsakene til Ca-mangel hos plantene. På den annen side må man utfra særegne planteanatomiske trekk behandle enkelte plantetyper spesielt.

Lav jordfuktighet har lenge blitt sett på som en av de viktigste faktorene for utvikling av griffelrâte i tomat. (Stuckey, H.P. og J.C. Temple 1911). G.J. Stout viste i 1934 at overdreven vanning også kunne frambringe griffelrâte. Han mente at årsaken til dette måtte være at planten ikke greide å ta opp nok vann på grunn av for lite gjennomlufting av jorda. Tilsvarende forhold ble lagt til grunn for utvikling av bladskader hos salat og hjerterâte hos selleri.

Vannbalansens innvirkninger på utvikling av skadene er vanskelig å si noe endelig sikkert om, fordi det er mange samspill mellom jordfuktighet og andre faktorer som tildels er ukontrollerbare eller tildels kan være ukjente. Det er imidlertid

viktig at man alltid prøver å se vannbalansen som et resultat av en rekke enkeltfaktorer.

Fuktighet og vannbalanse

H. Krug, H.J. Wiebe og A. Jungk publiserte i 1972 en større artikkel om Calciummangel hos blomkål ved konstante klimabetingelser. Denne undersøkelsen viste at til tross for relativt rik tilgang på lett tilgjengelig Ca i jorda kunne det oppstå mangelsymptomer på bladene dersom planten vokste ved konstant høy luftfuktighet. Dette knyttet man sammen med forhold ved Ca-transporten i planten. Ved høy luftfuktighet vil transpirasjonen være betraktelig redusert og med den, tilførsel av eventuelt Ca-rik næringsoppløsning fra røttene. Dyrket man plantene ved lav luftfuktighet reduserte man skaden på bladverket.

Utvikling av glassaktige flekker i hodet fikk man imidlertid under begge forhold. Noe av forklaringen på dette mente man lå i at blomkålhodet på grunn av sin utforming, blant annet liten overflate i forhold til volum, hadde liten transpirasjon. En senking av luftfuktigheten ville vannbalansmessig således ikke virke på samme måten på hodet som på bladene. Et annet forhold var at blomkålhodet fordi det ikke inneholder klorofyll, tilføres assimilater fra bladene. Skjer innlagringen raskt under eller etter stor fotosynteseaktivitet, vil kålhodet få en vesentlig del av sitt vannbehov dekket med det vannet som er transportmiddel for assimilatenes. Disse går gjennom silrørene. Vann som går via silrørene er fattig på Ca (Tammes og Die 1964). Vanligvis er heller ikke Ca løst lagret i noe plantevev. En transport fra vev med overskudd til vev med underskudd skjer derfor omtrent ikke.

Når blomkål under normale forhold likevel unngår de beskrevne symptomer, forklares det med en vekslende svelling og krymping av planteorganene betinget av døgnlige klimaforandringer. La oss tenke oss situasjonen for en plante under gode vekstvilkår.

Om morgenen vil planten være saftspent på grunn av liten transpirasjon og god tilgang på jordvann. Utover dagen til temp-

eraturen stige, transpirasjonen øke og kanskje bli så stor at røttene ikke klarer å forsyne planten med tilstrekkelig mengder vann. Siden fordampningen hovedsaklig skjer via bladene vil disse ta vann fra andre organer av planten, deriblant også selve blomkålhodet. På denne måten får vi en skrumping. Når temperaturen så synker mot kvelden vil alle planteorganene som gjennom dagen er blitt tappet for vann, fylle opp cellene med mineralrikt vann fra rota (via xylem).

For å bedre tilførselen av Ca har man anbefalt å gi bare måtelig med N-gjødsel og dersom man har anledning (f.eks. ved dyrking i regulert klima) sikre plantene en høy transpirasjon om dagen. Periodisk veksling i jordas vannpotensial kan også virke gunstig inn.

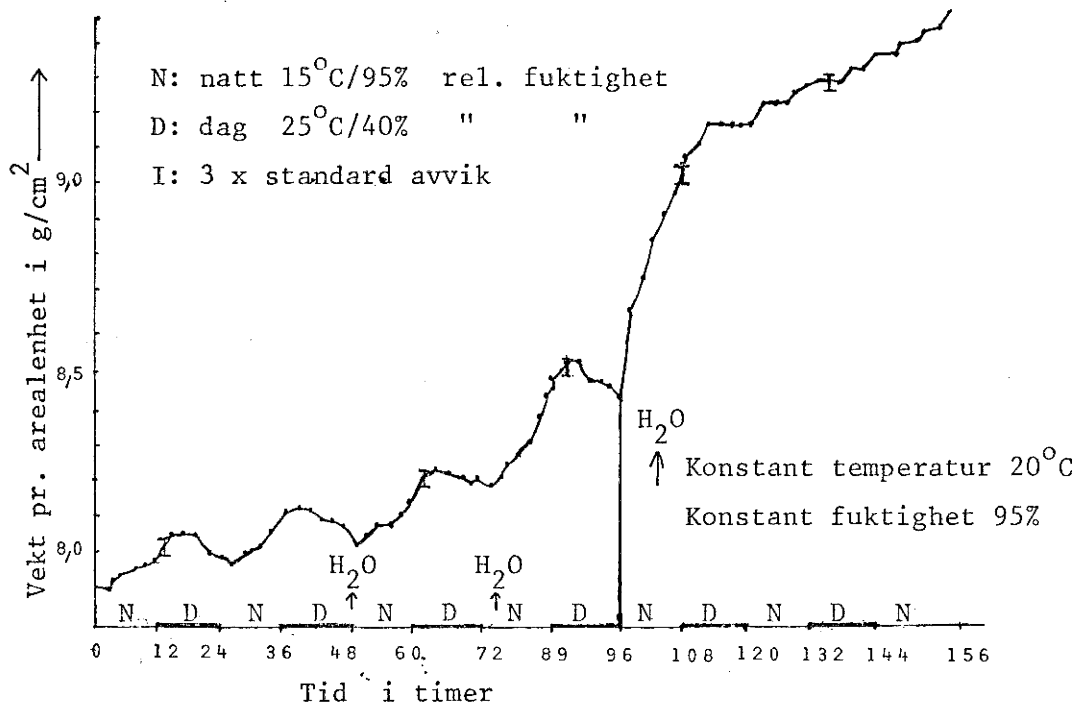
I tiden etter disse første forsøkene med blomkål er det utført endel andre forsøk med tanke på å undersøke om tilsvarende mekanismer er i virksomhet hos andre planteslag.

I 1974 utførte Wiebe et al. således et forsøk med hvitkål for å undersøke om opptreden av indre bladnekrose ble hindret ved svingninger i transpirasjonsintensiteten. Mens man i forsøket med blomkål benyttet seg av en mekanisk innretning for kontinuerlig registrering av skrumpingen og svellingen av blomkålhodet, ble det i forsøket med hodekål brukt gammaabsorpsjon. Dette fordi en mekanisk registrering ble funnet lite passende til måling av masseforandringer i et organ som består av mange blad.

En γ -strålekilde og en scintillation detector ble plassert med en avstand på 15 cm. I mellom plasserte man kålhodet, som hadde en hodediameter på 11 cm. Forsøket ble utført i klimakammer og temperatur, lys og luftfuktighet ble regulert i samsvar med tilnærmet naturlige variasjoner (Natt: 15°C, mørkt, RF: 95%, dag: 25°C 25° klx, RF: 40%). Målingen ble foretatt i 4 dager. Ved begynnelsen av 3dje og 4de natt ble jorda tilført en viss mengde vann (250 ml). Fra den 5te natten ble temperaturen (20°C) og RF holdt konstant, samtidig som jorda ble gitt vann til den inneholdt den mengde den hadde kapasitet

for. Figuren viser veksten i perioden målt med Am 241 γ -stråler.

Figur 2 Kurve av hodekål under daglig klimatisk variasjon. Måling ved absorpsjon av Am 241 γ -stråler.



Kernteknik 16. 1974. No. 12.

Forsøket med hodekål som ble utført både i klimakammer og på friland viste ellers at indre bladrandskade forekom i meget stor grad ved konstant 95% RF og i nesten like stor ved konstant 40% RF. Vesentlig svakere ble opptredenen ved å veksle den relative luftfuktigheten fra 40% om dagen til 95% om natten.

I frilandsforsøket hvor man prøvde 1. vanning, 2. fukting av plantene for å redusere transpirasjon og 3. uten vanning, fikk man størst skade ved fuktingen og minst skade uten vanning.

Konklusjonen gikk ut på at tilførselen av Ca til kålhodet blir forbedret ved døgnlig variasjon av plantens vannpotensial som igjen vil føre til døgnlig svelling og krymping av hodet.

Uziak (1972) undersøkte i et forsøk med salat hvordan Ca-opptaket avhang av fuktigheten i vekstmediet. I et sandkultur-forsøk hvor han holdt fuktigheten på mellom 25 og 80% av feltkapasiteten, viste det seg at opptaket var størst ved de lavere fuktighetsgrader.

Boon (1971) gjorde et forsøk med tomat for å finne ut virkningen av tørkeperioder på mineralsammensetningen av blad og frukter og utvikling av sykdom i forbindelse med K og Ca-gjødsling. Tomatene ble dyrket i pletter med sand eller torv som inneholdt forskjellige K/Ca-forhold. En tørkeperiode på 10-12 dager senket Ca og øket K-innholdet i bladene. Senkingen av Ca var imidlertid mindre enn tilsvarende økning av K. I fruktene ble både Ca og K-innholdet redusert ved tørke, men senkingen var størst for Ca. Forholdet K/Ca økte og var særlig framtrædende i de mindre fruktene.

En viss direkte virkning på Ca-innholdet i plantene har mengden av transpirasjonsvann planten gir fra seg idet undersøkelser av Gekhaev og Ostrikov (1974) viser at dette inneholder mange ioner. Undersøkelsene omfattet flere planteslag, deriblant kål, løk, tomat og agurk, tilsammen ble det funnet 8 forskjellige ioner, både anioner og kationer og blant disse Ca^{2+} . Videre ble det slått fast at iontapet var omkring 3 ganger større om dagen enn om natten.

Konsentrasjon

Goor (1974) dyrket tomatplanter i en næringsløsning som normalt skulle gi svake symptomer på Ca-mangel og der forholdet K/Ca var 60/30. Ved å øke det osmotiske potensialet i løsningen med tilsetning av polyetylen glycol øket man tilfellene av griffelrøte og fikk dertil bleking av bladene i toppen av planten. Selv om man ikke fant noen direkte sammenheng mellom vannstress og disse skadene, var det tydelig at økningen av løsningens osmotiske potensial hindret opptaket av de fleste ioner med unntak av Mg, dessuten øket forholdet Mg+K/Ca når det gjaldt opptak. K/Ca-innhold i bladene økte også. Dette førte til et relativt lavere innhold av Ca i

plantevevet. Robbins (1937) fant også at en økning av den osmotiske konsentrasjonen i en næringsløsning førte til utvikling av griffelrâte. Planter som ble dyrket i en oppløsning som hadde et osmotisk potensial omkring 0,08 atm utviklet ikke frukter med griffelrâte, mens omkring 80% av fruktene fra planter dyrket i oppløsning med konsentrasjon tilsvarende 1,7 atm var skadet. Hori et al. (1960) fant ved siden av endel andre faktorer, at høy saltkonsentrasjon var med på å senke Ca-opptaket hos plantene (kål) og at denne senkningen var grunnlaget for kalsiummangelen som oppsto. Samme resultat har Geraldson kommet til i sine forsøk utført noe senere, 1967. Han viste videre at tilføring av gjødselslag som inneholdt forholdsvis store mengder løselig K, NH_4 , Na og Mg i forhold til løselig Ca, senket forholdet Ca/totalt løselige salter i jordvannet. Ca ble også mindre tilgjengelig dersom løsningskonsentrasjonen ble øket, selvom vi samtidig passet på å holde forholdet Ca/totalt oppløselig salt konstant. I forbindelse med sykdomsfremkalling ved å øke saltkonsentrasjonen viste de tilsatte ionene K, NH_4 , Na og Mg forskjellig evne til å nedsette Ca-opptaket. Dette ga forskjellig Ca-innhold i bladene og forskjellig angrepsgrad av griffelrâte. Rangeringen ble som følger:

$\text{NH}_4 > \text{K} > \text{Mg} > \text{Na}$.

Tanaka, Tadano og Yamada (1973) prøvde nitten forskjellige kulturplanter, deriblant kål, salat, gulrot, redikk, selleri, persille, tomat, erter, bønner, eggplante og rød pepper ved forskjellige konsentrasjoner (2,80 og 100 ppm) av Ca i dyrkingsløsningen. Plantene ble etter forsøket analysert for Ca, Mg, K og Na, og følgende gruppering ble gjort etter deres økende evne til å ta opp Ca, erter > bønner > tomat, eggplante, rød pepper > salat > selleri, persille > redikk > kål. Artene som har stor evne til å skille ut Ca fra løsningen har vanligvis en stor evne til også å skille ut Na. De vekstene som har minst Ca-opptak har gjerne større evne til å skille ut K. Ved videre prøving fikk disse forskerne utviklet Ca-mangelsymptomer hos tomat og kål ved et Ca-innhold i oppløsningen på henholdsvis 6 og 10 ppm. Analyser av voksende blad med mangel-

symptomer viste at både tomat og kål inneholdt ca. 0,13% Ca. Mange forsøk viser at en vanskelig kan plukke ut bare et av næringsstoffene og behandle og undersøke dette separat fra de andre og derved finne ut noe almengyldig. I det følgende vil jeg for å få et visst system samtidig som jeg vil prøve å nevne flest mulige undersøkelser behandle Ca-samspill med enkeltfaktorer ganske røft. En grundig forståelse av resultatene vil kreve at man setter seg inn i de andre faktorenes stilling i hvert enkelt forsøk og dette finnes forhåpentligvis i originallitteraturen.

Ca - N

N er vanligvis det mest virksomme næringsstoff når det gjelder vegetativ vekst. Ved utvikling av frukter, generativ fase, vil Ca-kravet i disse organene være særlig stort, spesielt i begynnelsen. En ekstra stor N-tilførsel med stor vegetativ vekst som følge, vil gjøre at de nye vegetative skuddene kommer i et særlig skarpt konkurransemessig forhold til fruktene om tilgjengelig Ca. Den vegetative veksten kan i enkelte tilfeller alene medføre så store Ca-krav at planten ikke kan dekke det ved opptak fra jordvannet. Et annet forhold er at øket gjødsling generelt også med N, vil redusere rotveksten og således redusere det volum hvorfra planten kan ta Ca.

Flere forsøk er blitt utført for å undersøke om forskjellige former av N virker ulikt på Ca-opptaket. Tones de Claasen og Wilcox (1974) dyrket tomater ved forskjellige nivåer av Mg og Ca og tilførte N som NO_3 og NH_4 . De fant at NH_4 -N øket opptaket av P, men senket Ca og Mg-opptaket. Dessuten ble Ca-opptaket redusert ved øket Mg-konsentrasjon under nærvær av NO_3 , men ikke NH_4 . Tilsvarende virket en økning av Ca-konsentrasjonen på Mg-opptaket. Opptaket av Ca ble imidlertid øket ved stigende konsentrasjon av ionet uavhengig av om det var NO_3 eller NH_4 som var tilstede.

I 1973 offentliggjorde Wilcox et. al en publikasjon som omhandlet blant annet hvordan ammonium reduserer Ca-innholdet i tomatplanter. Her skrives det at gjødsling med NH_4 -N til småplanter vanligvis resulterer i redusert vekst og redusert innhold av Ca i bladvevet. Gjødsling med en blanding av NH_4 og NO_3 resulterte i et Ca-innhold i bladene som lå mellom

de målte størrelsene hos planter som bare fikk enten NH_4 eller NO_3 . Dersom man tilførte NH_4 idet plantene utviklet frukter, fikk man rask utvikling av griffelrâte. Tilsvarende resultater kom Barke og Monary (1971) til i sine forsøk. De prøvde også å tilsette $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ til jorda for å senke pH. Dette reduserte nitrifikasjonen og forsterket angrepet av griffelrâte. Sommer og Metz (1974) fant ved undersøkelse av avling og mineralopptak hos kinakål, spinat, gulrot, salat og savoykål med hensyn på NH_4 eller NO_3 som N kilde at NH_4 nedsatte veksten tidlig i sesongen i forhold til NO_3 , men senere da plantene var eldre, ble veksten sterkest med NH_4 . Ammonium virket også i dette forsøket reduserende på opptaket av Ca i forhold til NO_3 -N. I et forsøk utført av Novais et al. (1974) med hvitløk, var Ca-innholdet i bladene uavhengig av gjødsling med $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ gitt i mengdene 0-100 kg/da.

Tilføring av NH_4 til jorda vil vanligvis medvirke til en raskere utvasking av Ca og en redusert tilgjengelighet for det som er igjen. NH_4 vil også direkte redusere Ca-opptaket ved sitt konkurranseforhold til dette ionet om opptak. NH_4 reduserer nitratreduktase aktiviteten i røttene under NO_3 opptak og gjør NH_4 til hoved-N-kilde. Da noen hevder at NH_4 reduserer opptak av vann kan dette også virke nedsettende på Ca-opptaket.

Ca - P

Generelle undersøkelser tydet på at Ca-opptaket hos planter kan være positivt påvirket av anioner (El-Leboudi et al. 1974). En slik sammenheng eksisterer mellom Ca og P (HPO_4^{--}). Sammenligner man egenskapene hos P med de hos Ca vil man skjønne at P vil kunne virke sammen med Ca de fleste steder i plantenes næringskjede. Helt fra frigjøringen i jorda til egenskapene som byggestener i fosfolipidene i cellemembranene har disse stoffene sammenfallende trekk. Underskudd på P vil ha en effekt på cellemembranene og gi symptomer som til en viss grad kan ligne Ca-mangel. Overdreven tilføring av P til jorda vil kunne binde Ca og således gjøre det inaktivt i plantenæringsmessig sammenheng.

Robson et al. (1970) fant at i næringsløsninger som inneholdt Ca og P konsentrasjoner som er vanlig i jord, ville en økning av Ca øke opptaket av P. Størst utslag fikk man ved de laveste konsentrasjonene av P, og utslaget varierte også etter hvilken planteart man dyrket. Forbehandling av plantene med forskjellige konsentrasjoner av Ca, influerte ikke på P-opptaket. Ved å transportere plantene til oppløsninger som inneholdt forskjellige konsentrasjoner Ca, fikk man imidlertid en umiddelbar økning av P-opptaket. Det ble antatt av Ca øket P-opptaket direkte ved å fjerne negative ladninger på rotoverflaten og ved det, øke muligheten for P-opptak. Franklin (1969) fant i sitt forsøk med bl.a. soyabønner de samme mekanismer, men observerte i tillegg at forbehandling av røttene med Ca, fremmet opptak av P og at denne effekten ble motvirket ved tilsetning av K. Dette er ikke noe enestående eksempel på at undersøkelser i forbindelse med Ca- og P-opptak viser noe forskjellig resultater. Dette vil selvfølgelig virke inn på forståelsen av samspillet.

Ca - K

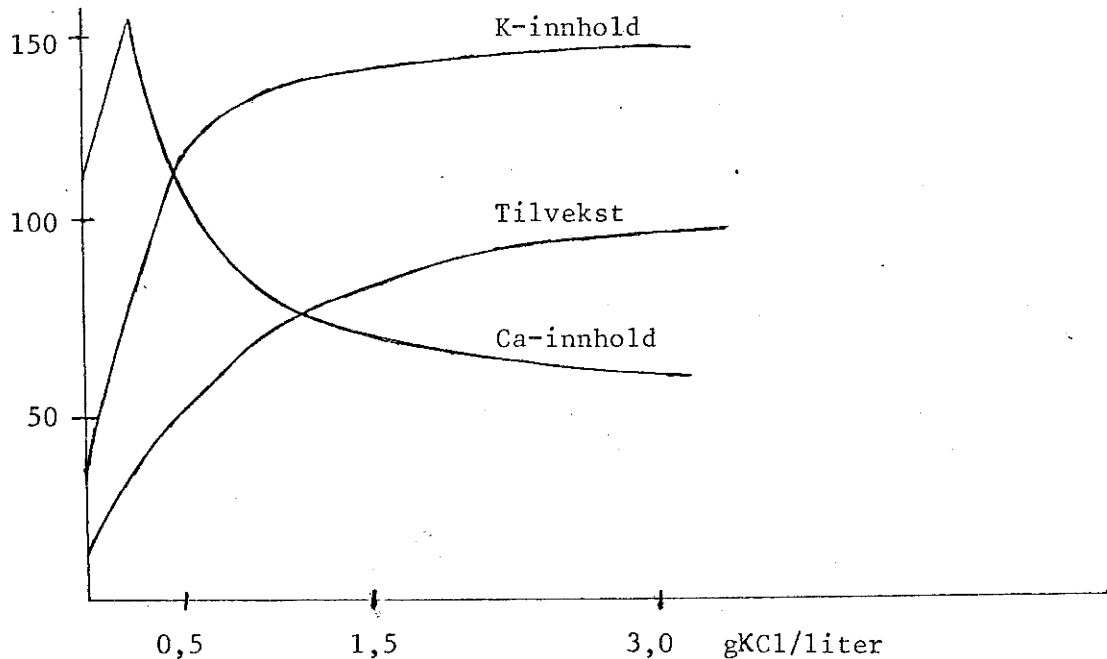
Det har ofte blitt trukket forbindelser mellom K/Ca-forholdet i plantevev og utvikling av skader som svarer til symptomene på Ca-mangel. Vanligvis finner man et høyere forhold i sykt enn i normalt vev. Dette skriver seg som oftest fra en nedgang i Ca-innholdet. (Faust og Shear, 1968). I et forsøk med potetplanter utført av Addiscott (1974) der han tilsatte K_2SO_4 til dyrkingsjorda, viste analyser av xylemsaften redusert innhold av Ca, enda K_2SO_4 hadde resultert i økt innhold av såvel Ca som Mg i jordvannet. Målinger viste også en lavere konsentrasjon av Ca i tørrstoffet av knollene. Claassen og Wilcox (1974) fant at øket K-tilførsel ved tilstedeværelse av NO_3-N ga reduksjon i innhold av Ca i maisvev. Variasjon av K ved NH_4-N ga ingen signifikante utslag på Ca-innholdet. Jacobson et al. (1961) hevder at under visse forhold vil Ca redusere H-ionets hemmende effekt på K-opptaket.

Ved å studere ionopptaket hos soyabønner fant man at plantene generelt tok opp mer Mg enn K fra en løsning der disse ionene

var tilstede i ekvivalent konsentrasjon (Leggett og Gilbert, 1967). Tilførsler av Ca snudde imidlertid opp ned på dette forholdet. Hooymans (1966) hevder at Ca gitt i ugunstig konsentrasjon reduserer K-opptaket særlig i begynnelsen. Senere nå det etter en tid har innstilt seg likevektige forhold vil Ca influere lite på opptaket. Han mente videre at om kalsiumet hadde positiv, negativ eller ingen effekt på K-opptaket, avhang av tidspunkt og konsentrasjon av K i løsningen. Fong (1973) fant at Ca-opptaket ble lite influert av plantenes tilgang på K uten ved spesiell mangel, da gikk både vannforbruk og vekst tilbake. Berry og Ulrich (1970) dyrket sukkerbete i næringsløsninger med forskjellige innhold av Ca og to nivåer av K (8,0 meg K/L og 0,5 meg K/L).

Ved den laveste K-konsentrasjonen fikk man K-mangel og sterkere utslag for Ca-mangel både ved normale og høye konsentrasjoner av dette ionet i forhold til de plantene som fikk 8,0 meg K/l. I alle forsøksleddene tok plantene opp tilstrekkelig Ca, men i leddene som utviklet mangel, fant man underskudd av Ca i det berørte vevet. Forskerne konkluderte med at planter som ikke fikk nok K, vanskelig kunne nyttiggjøre seg Ca og at samspillet K x Ca først og fremst gikk på fordeling av Ca inne i planten. Sheidecker (1968) konkluderte i et forsøk med et uforholdsmessig høyt K/Ca-forhold til tomat, at den relativt høye K-konsentrasjonen induiserte Ca-mangel og at det var fordelingen av Ca til de overjordiske deler og ikke opptaket av Ca som hadde sviktet. Han fant også at tilføring av K via bladstilkene og dermed heving av plantens K-innhold, virket hemmende på transporten av kalsiumet fra rota til vekstpunktene. Leggett og Gilbert (1969) fant at en økning av Ca-konsentrasjonen fra 10^{-4} M til 10^{-2} M i næringsløsningen virket lite inn på Ca-innholdet i røttene. Innholdet i skuddene ble derimot øket. En lignende effekt hadde også senking av løsningens K-konsentrasjon. I et vekstforsøk med havre i kvartssand fant man følgende ioneantagonisme mellom K og Ca.

Figur 3. Varierende mengde kaliumklorid i næringsløsningen



Ca - Mg

Radi et al. (1973) fant i et vannkulturforsøk med tomat, bønner m.fl. at K og Mg konsentrasjonen i løsningen, innvirket på opptaket og transport av K, Mg, Ca hos planten. En relativ endring av konsentrasjonen av disse ionene i planten vil medvirke til en nedsatt konsentrasjonsendring for de andre ionene. Et forsøk som gikk ut på å prøve hvilken stimulerende effekt Mg hadde på P og Ca-opptak og transport hos tomat. Demniesz (1971) viste at planter sulteforet på P, Ca, Mg og siden dyrket i Mg-fritt medium i 100 timer, bare hadde 1/6 av Ca og P-innholdet sammenlignet med sulteforede planter som siden ble dyrket i fullstendig næringsløsning. Leggett og Gilbert (1969) fant at man ved å øke en løsnings $MgCl_2$ -innhold fikk øket opptak av Mg og redusert opptak av K og Ca. Mg-opptaket ble hindret bare når både K og Ca var tilstede. Hver for seg hadde de ingen slik virkning. Leggett et al. mente en slik hindrende effekt måtte skyldes mekanismer som lå utenfor selve rotsystemet.

Proctor (1970) viste at dersom man tilførte Mg i så store mengder at det virket giftig på plantene kunne dette delvis motvirkes av Ca-tilføring. Mg virket giftig bare når Ca-tilførselen var lav. Shear et al. fant at en økning av Mg fra for lavt innhold til normalt i en løsning ville virke positivt også på opptaket av Ca. Først når man ytterligere øket Mg-konsentrasjonen, ville det oppstå et konkurranseforhold om opptak til planten mellom disse to ionene.

Coic et al. (1966) fant at det var sterk antagonisme mellom Mg og Ca-opptaket for tomat fra løsninger som både hadde 1 og 8 meq/l som konsentrasjon for Ca^{2+} og Mg^{2+} ionene.

I forsøk ble paprikaplantar dyrket i 3 uker uten Ca for å få fram Ca-mangel hos plantene. Siden ble paprikaen plantet ut i sand og behandlet med 3 forskjellige konsentrasjoner Ca, Mg og K i kombinasjon (altså 3³ ledd). Ca 1, 4 og 8 me/l

K 1, 4 og 16 me/l

Mg 1, 4 og 8 me/l

I Laveste Ca-nivå resulterte i at ca. 25,5% av fruktene utviklet "råte".

II Mellom Ca-nivå resulterte i at ca. 2,2% av fruktene utviklet "råte".

III Høyeste Ca-nivå resulterte i ingen råteutvikling.

Fruktanalyser: I 0,18%

II 0,21%

III 0,24%

Mg førte indirekte til økt råte ved å hindre Ca-opptak. Mg har alene ikke samme funksjon som Ca. K øket bladkalsium, men hadde ingen innvirkning på frukt-kalsium eller råteutviklingen.

Ca - Na

I et forsøk med tilføring av NaCl og Na_2SO_4 til spinat og salat (Matar et al. 1975) minket tørrstoffproduksjonen i salat, men øket i spinat. Na reduserte Ca-innholdet i begge vekstene, dessuten avtok stivelse og sukkerinnholdet betydelig i salat.

I spinat minsket Na sukkerinnholdet bare i røttene. Dette tyder på at Na hindret fotosyntesen i salat, mens den hos spinat hindret omplasseringen av synteseproduktene. Ayoub (1974) fikk økt avkastning i et bønneforsøk ved å tilføre Ca. Han fant at økningen var omvendt proporsjonal med innhold av Na i vanningsvann og plantevev. Na-nivået avtok signifikant i rot og topp når Ca-mengden økte. Ca-tilførsel gitt i en styrke på 2,0 til 8,0 mmol/l forårsaket ved konkurranse hindring av Na-opptak og transport i planten. Ved lavere konsentrasjon av Ca, 0-2,0 mmol/l, ble særlig fordelingen eller omplasseringen i planten hindret.

Johanson og Joham (1971) fant at Na gitt i styrke 0,45 - 0,82 mmol/l resulterte i nedsatt opptak av Ca idet Na tok dets plass. Økte man Na-konsentrasjonen fra 0,82 mmol/l til 1,64, økte ikke bare innholdet av Na i plantevevet, men også Ca. Et Ca-nivå mindre enn 0,2 mmol/l stimulerte Na-opptaket og ved disse lave nivåene av Ca ble Ca delvis erstattet av Na. Bange og Schapincé-Dellaert (1968) fant at Ca reduserte det umiddelbare store opptak av Na som vil skje, dersom planter blir satt i en Na-rik løsning.

Ca - B

Alt i 1939 begynte forskerne Minarik og Shive å interessere seg for forholdet mellom bor og kalsium i plantenæringsmessig sammenheng. De fleste forsøkene er blitt gjort med fruktrær og jordbruksvekster. Tanaka (1967) gjorde imidlertid et forsøk med reddik der han prøvde hvordan andre mineraler virket på B-opptak. Han fant at dersom man øket Ca-innholdet i voksemediet, ville B-opptaket minke. I Shear og Faust's (1971) forsøk med frukttrær førte en økning av B-tilførselen til øking av Ca-innlagring i planten, spesielt når Ca konsentrasjonen i mediet var liten. Med solsikke fikk Tanaka (1967) økt B og Ca-akkumulering i stengler, men nedgang av B i bladene ved å øke Ca-tilskuddet. Han konkluderte med at høyt innhold av Ca i stenglene

hindret transport av B til bladene. Fox (1968) skriver i sitt forsøk med bomullsplanter at absorpsjonen av B ikke lar

seg påvirke av høye Ca-konsentrasjoner, derimot ville høy Ca-konsentrasjon i kombinasjon med høy pH virke nedsettende på B-opptak. Likedan blir det hevdet at B-konsentrasjonen heller ikke har virkning på Ca-opptaket. Siden han fikk en effekt av pH i forsøket, mente Fox at utskillelsen av H^+ og/eller CO_2 fra røttene var avgjørende for B-opptaket.

Fox's resultat om at det ikke er noen sammenheng mellom Ca og B støttes av Neales og Hende (1962) der de undersøkte rotveksten hos bønner (*Vicia faba*) og konkluderte med at plantenes reaksjoner for B innen rimelighetens grenser var uavhengig av Ca-mengden.

Ca og chelater

Undersøkelser tyder på at chelatert Ca blir vanskeligere tatt opp enn fritt Ca^{2+} . Elgawhary og Barber (1974) som gjorde forsøk med tomater fant at absorpsjonen av Ca^{2+} var fire ganger så stor som for Ca-EDTA. I et annet forsøk utført av de samme (1973) viste det seg at opptaket var avhengig av chelateringsmiddelet. Det ble prøvd EDTA og DTPA. Dersom man holdt konsentrasjonen lik for Ca^{2+} og Ca-chelatet var opptakene $Ca\ EDTA / Ca^{2+} = 0,47$ mens $Ca\ DTPA / Ca^{2+} = 0,95$. En økning av chelatinnhold i løsningen resulterte i nedsatt Ca-opptak. Dette støttes av forsøk utført av Isermann (1971) der han tilførte bønneplanter (*Phaseolus vulgaris*) Na_2EDTA . I forbindelse med Ca-sprøyting av bladverket ble opptaket redusert av Na_2EDTA .

Ca - Zn

Zn har i enkelte tilfeller senket effekten av Ca-mangel, men hvordan stoffet egentlig virker i denne sammenheng er ikke kjent godt nok. Antagelser går ut på at Zn danner zinkoksalat. Dette er mer tungtløselig enn kalsiumoksalat. Den vesentlige effekten ligger i at oksalatene ikke binder til seg Ca men heller Zn skriver Liegel (1972). Pauli et al. (1968) fant at tilførsel av $CaCO_3$ reduserte innholdet av Zn i bønneplanter. Ved senere undersøkelser over innhold av vannløselig Zn i dyrkningsmediet (sand) fant man at mengden hadde avtatt.

Rømney et al. (1975) fant også at CaCO_3 dempet giftvirkningen av overdreven Zn-tilførsel (10^{-3}M).

Ca og andre elementer

Effekten av Cl og SO_4 er undersøkt av flere forskere. Resultatene viser at begge disse anionene virker reduserende på Ca-opptak. (Bünemann og Lüdder 1970). Hamdy et al. (1971) fant at S alene øket Ca-innholdet i tomatplanter.

Osawa og Iheda (1974) fant i forskjellige forsøk med tungmetallenes virkning på forskjellige grønnsaker at Ca-innholdet i endel grønnsaker ble påvirket av overdreven Mn-tilførsel (noe lignende gjaldt ikke N.P.K.). Høye tilsetninger av Cu (10 ppm) ga rotskader og reduserte særlig plantenes innhold av Ca (også N, P, K og Mg).

Det er til nå nevnt elementer som regnes for essensielle for normal plantevekst. En kan imidlertid ikke bare konsentrere seg om disse så lenge andre elementer kan opptre i vekstmediet og virke inn på opptaket av de essensielle næringsstoffene, eller bli tatt opp og virke som forurensing i planten. Rb er et element man i denne forbindelse har fått interesse for. Forsøk av Kawasaki og Hori (1968) tyder på at Ca virker stimulerende på opptaket av Rb hos plantene. Størst virkning fikk man når konsentrasjonen av Rb var relativt høy. Ca-tilførsel favoriserte også Rb-opptak framfor Na. En mente at dette hang nøye sammen med energibalansen i planten.

Wallace (1971) fant at Ca hindret Rb-opptak ved lav temperatur. Ved høyere temperaturer øket imidlertid Ca transporten av Rb over lengre avstander i planten.

Ca og pH

Undersøkelser angående effekten av høy pH (7,5) viser til et økt opptak av Ca, (Sanchez Conde et al. 1974), og en reduksjon av stoffproduksjon i planten. Dette siste støttes av Hanan og Carter (1975), men disse hevder at pH hadde liten effekt på mengden av Ca i skuddene.

Tilføring av ulike kjemikalier

Hoguc (1968) prøvde hvordan herbicidet Linuron virket på næringsopptaket hos tomat. Det ble funnet at stoffet virket negativt både på opptak og transport av Ca i planten. Makarova og Baratov (1974) undersøkte virkningen av herbicidene Dalapon og TCA gitt i mengdene 3 eller 50 kg/daa og 6 eller 8 kg/daa henholdsvis. Dalapon brukt ved minste styrke, øket Ca-innholdet i tomat, men senket innholdet i kål. 8 kg TCA/daa senket Ca-innholdet hos løk og kål merkbart.

Veksthormonene GA og CCC virket lite direkte inn på opptak av Ca hos erteplanter når man så bort fra at CCC øket både absorpsjon og desorpsjon av Ca (Ashour et al. 1974). De forskjellene man fikk var et resultat av forskjellig vekstutvikling, idet høye planter og GA-behandlede "dverg erteplanter" viste et relativt lavt Ca-innhold i forhold til lave planter og CCC behandlede "høye planter". Denne forskjellen kunne derimot ikke påvises i plantenes skuddspisser. Saimbhi et al. (1975) som prøvde gibberellinsyre (GA) på erteplanter konkluderte med at Ca-innholdet ble senket og at K/Ca-forholdet ble relativt høyt. Prøver med askorbinsyre (Vit.C) viste ingen effekt på Ca-innholdet. Ved tilsetning av CEPA, (2-kloretylenfosforsyre) fant man et høyere Ca-innhold enn normalt. For begge stoffene ble det etter forholdene lavt K/Ca-innhold i plantene. Hipp og Cowley (1969) senket Ca-innholdet i bladene hos erteplanter ved å sprøyte med TIBA.

I sitt forsøk med veksthormoner til tomat og derved dannelse av både partenokarpe og frødde frukter fikk Bangerth (1976) visse indikasjoner på at auxinet som sannsynlig blir dannet av frøene i tomatfruktene påvirket innlagringen av Ca i fruktene.

Tabell 2 gir en oversikt over hvordan de forskjellige hormonene virker inn på Ca-innholdet i tomatfruktene.

Tabell 2. Ca-innhold (mg/100 gr TS) i partenokarpe tomatfrukter etter induksjon av forskjellige hormoner.

Behandling	Fruktvekt	
	20 - 30 gr.	40 - 50 gr.
Kontroll, frødd	82 ± 6,7	79 ± 5,8
IAA	88 ± 6,7	-
4CPA	61 ± 4,4	58 ± 4,1
GA	63 ± 5,1	-
4CPA + IAA	56 ± 4,5	56 ± 4,1
GA ₃ + IAA	79 ± 9,9	-

- Ingen frukter i denne størrelsegruppen.

Bangerth trakk følgende konklusjoner:

1. Partenokarpe frukter som er indusert av veksthormoner viser ofte Ca-mangel og har et lavt Ca-innhold.
2. Auxin som antagelig dannes i frøene ser ut til å øke Ca-innholdet i normalt bestøvede frukter. I partenokarpe frukter kan IAA, men ikke 4CPA, delvis erstatte det naturlige auxinet noe som går fram av det kombinerte behandlingsleddet IAA + GA₃.
3. Ca transporten inn i fruktene synes ikke å være påvirket av auxinakkumuleringen i fruktene, men av den basipetale transporten av auxinet.

Dette framgår av Ca-innholdet i frødde og ufrødde frukter, satt i forbindelse med bruken av stoffer som hindrer auxintransport.

Temperatur

Cornillon (1974) har undersøkt reaksjonene hos tomat på forskjellige temperaturer (12, 15, 18 og 30°C) i vekstmediet. Høy temperatur øket vegetativ vekst og vannopptak, mens lavere temperatur, 15 - 18°C, fremmet fruktsettingen. Ved 12°C var fruktene gjennomsnittlig minst. For Ca gjaldt det at

innholdet i de overjordiske delene utenom fruktene var størst ved 18°C. Det prosentvise innhold av Ca i tørrstoffet av fruktene var imidlertid størst ved 12°C. Dette må ha sin forklaring i at Ca særlig innlagres i begynnelsen av fruktutviklingen. Store frukter vil vanligvis derfor være mer utsatt for Ca-mangel enn små. Følgende tabell viser Ca-innhold ved forskjellig temperatur og tidspunkt.

Tabell 3.

Ca i % av tørrstoff	Ca-innhold i fruktene	Ca-innhold i fruktene på et senere tidspunkt
12°	0,16	0,135
15°	0,11	0,055
18°	0,08	0,07
30°	0,10	-

Annales Agronomiques Vol 25, 1974.

Chu og Toop (1975) skriver imidlertid at økende substrattemperatur hadde en positiv effekt på Ca-innholdet i tomatplanten, men at denne effekten ikke var målbar dersom man uttrykte innholdet av Ca-ioner som prosent av tørrvekten. Effekten av forskjellig lysintensitet som ble brukt i forsøket, trådte derimot sterkere fram ved en slik framstillingsmåte. Knave (1974) fant at eldre blader på salat dyrket ved minimum 10°C i lufttemperatur, inneholdt mer Ca enn eldre blader på planter dyrket ved lavere minimumstemperatur.

Sykdommer, virus, nematoder

Det er en kjent sak at forskjellige parasitære sykdommer stagnerer og til tider stopper veksten hos vertsplanten. Dette har innvirkning på plantens mineralopptak. Fries et al. (1974) fant at bønneplanter infisert med gul bønnemosaikkvirus (BYMV) og tomat ringfleckvirus (TRSU) absorberte mindre Ca enn normale planter. Goswami (1976) fikk imidlertid et noe annet resultat med tomatplanter. Her førte virusinfeksjon (TMV) til økt innhold

av Ca i plantene.

Ca-INNHOLD OG FUNKSJON I PLANTENE

Innholdet av Ca i grønnsakvekstene varierer foruten etter vekstforholdene med art, del av og alder på planten.

Ser en bort fra enkelte laverestående planter som bare tar opp Ca for enzymaktivering, inneholder plantene forholdsvis mye av stoffet. De tofrøbladete inneholder mer enn enfrøbladete.

Det er funnet at den prosentvise delen av tørrstoffet kan variere svært meget, men at den i de fleste tilfeller holdes innenfor 0,1 - 10. Carolus (1975) har gitt en oversikt over Ca-innholdet og avling for noen grønnsaker ved to ulike pH-verdier.

Tabell 4. Ca-innhold, verdier og avling av 17 ulike slag grønnsaker ved to ulike pH-verdier.

Slag	Organ analysert del	Middel % Ca*	Relativt meq.%				Total meq. pr.100g	Ved pH 6,5**		Ved pH 5,5	
			Ca	K	Mg	Na		rel. %Ca	Avl.	rel. %Ca	Avl.
V. graskar	Blad	9,96	77	12	10	1	646	11,14	108	8,75	92
Melon	Blad	7,27	57	10	31	3	637	7,42	115	7,03	84
Tomat	Blad	5,35	55	12	31	3	487	5,59		5,16	
Tomat	Frukt	0,09	3	77	18	2	141	0,14	118	0,05	93
Agurk	Blad	3,71	40	16	41	3	461	4,12	74	3,05	115
Potet	Blad	3,02	32	18	50	1	474	3,00	95	2,62	105
Limabønne	Blad og frukt	3,00	56	20	23	1	267	2,92	95	2,93	96
Hagebønne	Blad og frukt	2,36	53	23	24	1	220	2,21	94	2,26	96
Blomkål	Blad og hode	1,63	39	41	11	9	207	1,56	96	1,69	108
Ert	Blad	1,61	55	28	16	2	268	1,61		1,68	
Ert	Frukt	2,79	35	22	43	1	403	3,40	109	3,84	114
Selleri	Blad	1,61	32	35	14	19	248	1,65	106	1,48	70
Rødbet	Blad og rot	1,24	18	36	27	20	353	1,24	113	1,15	93
Spinat	Blad	0,97	16	57	22	6	312	0,77	141	1,32	52

Forts. neste side

Tabell 4 forts.

Slag	Organ analysert del	Middel % Ca*Ca	Relativt meq.%			Total meq. pr.100g	Ved pH 6,5**		Ved pH 5,5		
			Ca	K	Mg		Na	rel. % Ca	Avl.	rel. % Ca	Avl.
Gulrot	Blad og rot	0,93	24	49	17	10	196	1,19	144	0,87	85
Løk	Blad og løk	0,88	40	36	16	9	111	0,85	130	0,97	87
Sukkermais	Blad	0,70	30	46	23	1	118	0,79	115	0,60	85
Hodekål	Blad og hode	0,55	17	59	17	8	167	0,57	104	0,43	96
Salat	Blad og hode	0,43	14	58	22	6	153	0,52	113	0,38	90

* Gjennomsnitt av 36 analyser

** Gjennomsnitt av 12 analyser

Ifølge bladanalyser utført i Danmark og England, der man har brukt femte blad fra toppen av planten, ligger et normalt Ca-innhold hos tomat på ca. 1,5% av tørrstoffet (TS). Variasjonen i Ca-innhold etter hvilke organer man undersøker er ofte markant. Hos tomatplanter i produksjon, har man funnet som et gjennomsnitt at den totale Ca-mengden fordeler seg med 1% i røttene, 13% i stenglene, 73% i bladene, 9% i grønne frukter og avplukkete blad og 4% i modne frukter. Nesten uten unntak kan man fastslå at fruktene alltid inneholder mindre Ca-mengder enn de vegetative delene og at mengden i fruktene varierer endel med størrelsen av disse. Dette framgår av følgende tabell.

Tabell 5. Ca-innhold i paprikaplanter.

	mgCa/gTS	
	Blad	Frukt
Innhold i paprika	45	0,8 - 2,5*

* Avhengig av fruktstørrelsen

Mix (1973)

Det er også vanlig å finne mer Ca i eldre enn yngre blader. Dette tyder på at Ca lett danner tungt oppløselig forbindelser i planten og derved blir lite mobilt. Analysene som viser et høyere Ca i bladene enn i stenglene understøtter også teorien, foruten at man må anta at Ca hovedsaklig beveger seg i akropetal retning og i store trekk følger transpirasjonsstrømmen. Dette vil medføre at man først får mangelsymptomer på apikale skudd og organer som har liten fordampningsevne.

Cho og Lee (1974) har undersøkt hvordan mineralinnholdet i forskjellige organer forandret seg gjennom veksttiden hos hvitløk. For Ca fant man høyest %-verdier basert på tørrstoff i løken ved utvikling av bladene og høyest Ca-innhold i bladene under modningen av løken. I tomater og bønner er det også funnet at Ca er bundet på litt forskjellig måte etter hvor det befinner seg i planten. Dette er fastslått av Krastina og Loseva (1974) idet de viste at den delen av Ca i bladene som lot seg løse ut med vann, tiltok sterkt i akropetal retning. Prøvde man ammoniumnitrat som løsningsmiddel, fikk man et lignende resultat, men i svakere grad. I tomat var de forskjellige Ca-fraksjonene likelig fordelt i stenglene.

I et forsøk med reddik fant Endo et al. (1971) at kritisk Ca-innhold basert på tørrstoff for bladskudd og rot var henholdsvis 1% og 0,5%. Ved utvikling av mangelsymptomer gikk ikke tørrstoffmengden i celleveggene ned. Det ble videre funnet at 4/5 av kalsiumet befant seg i celleveggene i skudd med mangel i motsetning til 1/3 hos normale skudd. I røttene var det ingen forskjell, 4/5 befant seg i celleveggene hos både friske og syke. Ved ekstraksjonen fant man at Ca ikke bare ble bundet til pektinene i celleveggene, men også til cellulosen og ligninet eller liknende bestanddeler. Mix og Marschner (1974) sammenlignet Ca-innholdet pr. tørrvektenhet i kloroplastene med innholdet i hele bladvevet hos bønner, og fant at det var tydelig lavere i kloroplastene. Mengdeforholdene til andre elementer var også påfallende.

Ca kan forekomme fritt eller absorptivt bundet f.eks. i kloroplastene. Ved siden av dette kjenner en også forskjellige Ca-salter som foreligger i vakuolene eller som inkrustasjoner i

celleveggene. Til disse Ca-saltene hører Ca-fosfat, Ca-karbonat og i særdeleshet Ca-oksalatene. Disse oksalatene danner gjerne krystaller og opptrer som mono- og trihydratsalter, som molekyler kalt druser eller nålformede krystaller kalt styloider. Fritt-svevende krystaller i vakuolene med andre former og størrelse kan også forekomme. Oksalsyrene er sterke chelater. Krystaldanningen er avhengig av planteart, pH i plantecellen, temperatur lys, oksalsyrekonsentrasjonen, Ca og konsentrasjonen av andre elementer. Vanntrykket i cellen spiller antagelig også en viss rolle. Da kalsium ofte finnes i større mengder som del av salt f.eks. oksalsyre antar man at Ca er med på å regulere pH i cellesaften eller eventuelt at syrene dannes for å binde Ca-ionene. Disse kan også bindes til negativt ladde cytoplasma-proteiner og andre hydrofile kolloider. I cellen er det viktig med en passende K^+/Ca^{++} -balanse for å få normal hydratasjonstilstand i cellen og dermed sikre riktige livsprosesser. K-ionet hever hydratasjonsgraden, mens Ca^{++} ionet senker den.

Planter som inneholder mye vannløselig oksalsyre er giftige. Er syren derimot bundet til Ca, vil giftvirkningen være nøytralisert.

Wallace og Soufi (1975) mener at Ca også har en oppgave som nøytralisator for tungmetallenes giftige virkninger i plantecellene. Et lavt innhold av tungmetallene i jorda vil medføre et lavere Ca-behov enn normalt hos planten. Dette vil i sin tur slå ut på det prosentvise innhold av Ca i plantecellene og således kunne forklare noe av variasjonene i Ca-innhold i forskjellige høyere planter.

Av organiske Ca-forbindelser utgjør Ca-pektinatene og Ca-saltet av inorithexafosforsyrene en vesentlig del. Det er særlig mye av disse forbindelsene i eldre celler. Ca-pektinatene er viktige bestanddeler av midtlammellene i celleveggene. Kalsiumsaltene av fosforsyrene inngår også i membranene og er likeledes med på å opprettholde strukturen og egenskapene hos disse. Oppstår det et underskudd på Ca vil det lett skje en uttapping av organiske forbindelser, spesielt sukker både fra blad og rotceller. Denne økede gjennomtrengeligheten hos membranene er

årsaken til de tidligere beskrevne forstyrrelsene i grønnsaker. Særlig gjelder dette fruktene. Det er også funnet at Ca har en nedsettende virkning på respirasjonen i lagringsorganer som løk, knoller osv. Dette antar man også har sammenheng med permeabiliteten i cellemembranene, idet en reduksjon av denne størrelsen hindrer respirasjonssubstratet i å nå mitokondriene og dermed bli forbrent. Da oppbyggingen av membranene er noe forskjellig etter planteart vil Ca ha forskjellig betydning for cellestabiliteten. Dette går fram av forskjellen mellom hagebønne og sukkerbetes reaksjon på koksalt, NaCl (Marschner og Mix 1973). Disse behandlet bønneblader flere timer med løsning inneholdene 25 meq. NaCl, noe som medførte en ekstraksjon av K og svelling av kloroplastene. Satte man til 1 meq. Ca til løsningen, motvirket man ekstraksjonen av K og svellingen av kloroplastene. Tilsvarende prøver med sukkerbeteblander ga ikke ekstraksjon av K eller svelling.

Som en forutsetning for et normalt opptak av ioner må Ca foreligge i en viss konsentrasjon i næringsløsningen. Mange ganger går næringselementene ut av røttene ved mangel på Ca (Viets 1944).

En må kunne anta at en plantes motstandsevne overfor skadeorganismer til en viss grad er avhengig av struktur og styrke på celleveggene. Forster og Echandi (1975) fant at Ca virket til å øke motstandsevnen hos tomat mot *Corynebacterium michiganense*. Angrepsstyrken var negativt korrolert med Ca-innhold i næringsløsning, bladstilker og stengler. Standaert et al. (1973) fant at en økning av Na/Ca forholdet i næringsløsningen senket motstanden mot *Fusarium oxysporium* f.sp. *lycopersici* og at motstandsevnen delvis var avhengig av Ca- og Na-pektatinnholdet i tomatplantene.

En overdreven opphoping av Ca i produktene kan også virke uheldig. Gjennom sin deltagelse i danningen av celleveggene, Capektat i midtflammellene vil disse bli både tykkere og seigere enn ønskelig. Dette problemet har vist seg ved erteproduksjon, men er også kjent for tomater, idet disse vil ha lett for å sprekke ved konserveringsbehandling.

Tanaka og Hara (1972) undersøkte sammenhengen mellom fotosyntese og Mg, Ca-innhold i blad. De fant at det var nødvendig med 0,4 - 0,9% Ca og 0,15 - 0,5% Mg og et forhold Mg/Ca på 0,3 - 1,0 i bladene for å få et tilfredsstillende høyt fotosyntesenivå. Gallaher et al. (1976) prøvde hvordan fotosynteseaktiviteten hos soyabønner reagerte på Ca-mangel. Aktiviteten ble ikke merkbart redusert før plantene viste synlige mangelsymptomer på de bladene som var med i undersøkelsene. Kritisk mengde for minste totale Ca-innhold ble satt til 0,3%. Stoffvandringen av Ca i planter med Ca-mangel var 56% lavere enn hos planter som fikk nok Ca.

Lengdevekt og celleformering i de meristematiske vev blir påvirket av Ca. Labavitch og Ray (1974) fant ut at Ca^{2+} hindret auxinets påvirkning til strekningsvekst.

I likhet med andre kationer, kjenner man bare få enzymer som blir aktivert av Ca. Ca har en respesifikk positiv innvirkning på oksydasjon av zytokromene og NADH. Det finnes også enzymer f.eks. endase, som hemmes av Ca.

DISKUSJON

Dersom man følger med i de landbruksfaglige tidsskrifter, dukker det fra tid til annen opp artikler som har med Ca å gjøre. Som oftest behandles jordbunnsmessige og/eller plante-fysiologiske forhold. Hva angår det første, vet man at Ca er nært knyttet til jordreaksjonen eller pH i jorda og at det har en viktig funksjon i strukturstabiliseringen. En reduksjon av Ca-innholdet i jorda vil således føre til en senking av pH og en dårligere jordstruktur. På friland er det mer sjelden av Ca-konsentrasjonen i seg selv blir så lav at ernæringen hos planten av den grunn skulle bli forstyrret. Til tross for dette oppstår det årlig alvorlige økonomiske tap på grunn av feil Ca-balanse i frukter, røtter, knoller, hjerteblader av f.eks. selleri, kål og salat.

En kan være viss på at det er mange faktorer som virker inn på Ca-balansen i grønnsakvekstene. Det ser ut som langt de fleste dyrkningsmessige og miljømessige forhold enten har en forverrende eller bedrende effekt på skadene. Det synes som sikkert at man vanskelig kan kurere Ca-forstyrrelser i plantene ved ensidig å tilføre jorda mer Ca.

En sammenstilling av de undersøkelser og resultater, som i første omgang kan synes temmelig ubeslektede, representerer den eneste farbare vei til å løse slike intrikate problemer. Manglende kjennskap til faktorer som påvirker opptak og transport av kalsium hos plantene og de spesielle funksjonene stoffet har i stoffomsetningen, medvirker til at vi fortsatt vet lite om hvordan vi skal kunne kontrollere skadene og kanskje avsløre andre forstyrrelser som har sin årsak i feil Ca-balanse. Skal en i det praktiske kunne gjøre noe med situasjonen, må de endelige fysiologiske mekanismene i forbindelse med opptak og transport til de utsatte plantevev bli avdekket og nødvendige hensyn bli tatt for å sikre en tilstrekkelig Ca-tilførsel. Forsøksresultatene på dette området vil således virke inn på hvordan en dyrker de forskjellige grønnsakkulturene som er utsatt for feil Ca-balanse. Ved bedre kjennskap til de plantefysiologiske forhold vil planteforedlernes foredlingskriterier kunne komme inn som et middel mot fysiologiske skader forårsaket av feil Ca-balanse.

SAMMENDRAG

I dette arbeidet har jeg referert en del forsøksopplegg og resultater samt forhold som kan ha sammenheng med Ca-balansen i grønnsaker. De fysiologiske forstyrrelsene, bladkantskade, hjerteråte, griffelråte osv. som er omtalt og som man nå mener har sammenheng med Ca, har blitt observert og beskrevet siden midten av det nittende århundre. Hyppigheten av skadene er i den senere tid blitt noe større, og emnet er således blitt aktualisert. Årsakene til dette må tilskrives økt krav til produktkvalitet og særlig avlingsmengde. For å øke avlingsmengden, kan man manipulere to hovedfaktorer: 1. plantematerialet og 2. dyrkingspraksis.

I forbindelse med punkt 2, er det interessant å merke seg overgangen til handelsgjødselslag med høyere innhold av næringsstoffer samtidig som Ca utgjør en mindre andel. Dette vil etter beregninger øke behovet for ekstra tilføring av Ca på andre måter. Det vanlige er å spre ut kalksteinsmel, lesket eller brent kalk. Som førstehjelp for plantene, kan bladene tilføres Ca som en vannløsning av $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, CaCl_2 eller andre egnede Ca-forbindelser.

Mange forsøk er utført for å finne ut om forskjellige mekanismer som virker inn på opptaket av Ca. Endel resultater peker i litt forskjellig retning, men mange faktorer har en kunnet enes om virkningen av. Ser man bort fra forholdet om at næringsstoffet foreligger i for liten mengde i voksemediet, er konkurransen med andre næringsemner om opptaket en viktig årsak til utvikling av forstyrrelsene. Det er vanlig godtatt at overdreven N-gjødsling fremmer skadene. Ekstra uheldig er det å gi N i form av ammonium, NH_4 . Dette stoffet beforder sterk vegetativ vekst, samtidig som det ligger i konkurranse med Ca om opptak til rota. Foreligger Mg i normale eller høye konsentrasjoner hevdes det at dette stoffet konkurrerer med Ca om opptak. Noe lignende gjelder også K. Zn og B er to stoffer som man regner har gunstig innvirkning på Ca-forsyningen. Flere

fysiske faktorer som saltkonsentrasjon, vannstress, transpirasjon og døgnlige fluktasjoner av plantens vannpotensial er undersøkt. Resultatene tyder på at slike døgnlige variasjoner i vannpotensialet hos planten er nødvendig for å sikre god Ca-tilførsel.

Ca-innholdet i tofrøbladete planter vil under normale forhold variere mellom 0,01-10% av tørrstoffet, alt etter art, del av og alder på planten. Generelt inneholder de vegetative deler mer Ca enn de generative.

Ca forekommer fritt eller absorptivt bundet i plantene. De mest vanlige forbindelsene av Ca er fosfatene, karbonatene og i særdeleshet oksalatene. Dessuten er det funnet at Ca bindes til pektinater, lignin- og cellulosemolekyler. Som sådan har derfor Ca en viktig funksjon i oppbyggingen av celleveggene og dannelsen av egenskapene hos disse.

LITTERATURLISTE

- ADDISCOTT, T.M. (1974). Potassium and the absorption of calcium and magnesium by potato plants from soil. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 25 (9) 1165-1172.
- ADDISCOTT, T.M. (1974). Potassium and the distribution of calcium and magnesium in potato plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 25 (9) 1173-1183.
- ALMEIDA, L.A., RICARDO, R.P., SANTOS, F.Q. DOS (1973). Calcium balance in a granitic acid brown soil. *Anais de Instituto de Agronomia* 34, 27-40.
- ANONYM (1933). Blackheart of celery can be controlled. *Yearbook of Agr.* 339-40 US. Government Printing office Washington, D.C.
- ASHOUR, N.I., NIEDEN, U. Zur, MÜLLER, E. (1974). The action of (2-chloroethyl)-ammonium chloride (CCC) and gibberellic acid (GA₃) on uptake and distribution of ⁴⁵Ca in tall and dwarf pea plants. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen* 165 (5/6) 497-503.
- AYOUB, A.T. (1974). Effect of calcium on sodium salinization of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Experimental Botany* 25 (85) 245-252.
- BANGE, G.G.J., SCHAPINCE-DELLAERT, A. (1968). A comparison of the effect of calcium and magnesium on the separate components of alkali cation uptake in excised barley roots. *Pl. Soil* 28, 177-181.
- BANGERTH, F. (1976). A role for auxin and auxin Transport inhibitors on the Ca content of artificially induced parthenocarpic fruits. *Physoil. Plant.* 37: 191-194. 1976.
- BARKE, R.E. MONARY, R.C. (1971). Calcium nutrition of the tomato as influenced by total salts and ammonium nutrition. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 11 (52) 562-569.

- BERRY, W.L., ULRICH, A. (1970). Calcium nutrition of sugar beets as affected by potassium. *Soil Sci.* 110, 389-393.
- BOON, J. van der (1971). Effect of dry periods on the mineral composition of leaves and fruit and on the occurrence of physiological disorders in tomato in relation to potassium and calcium nutrition. Rapport Instituut voor Bodemvruchtbaarheid No. 11 91 (NL).
- BÜNEMANN, G., LÜDDERS, P. (1970). Calcium uptake and "calcium-deficiency" diseases in plants as affected by other nutrients. *Pflanzenschutzberichte* 44, 85-90.
- CAROLUS, R. (1975). Calcium relationships in vegetable nutrition and quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 6 (3) 285-298.
- CHO, S.Y., LEE, S.W. (1974). Studies on changes in the composition of garlic during growth. II. Changes in the mineral contents in various parts. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science* 15 (1) 7-10.
- CHU, C.B., TOOP, E.W. (1975). Effects of substrate potassium substrate temperature and light intensity on growth and uptake of major cations by greenhouse tomato plants. *Canadian Journal of Plant Science* 55 (1) 121-126.
- CLAASSEN, M.E., WILCOX, G.E. (1974). Comparative reduction of calcium and magnesium composition of corn tissue by $\text{NH}_4\text{-N}$ and K.fertilization. *Agronomy Journal* 66 (4) 521-522.
- COIC, Y., LESAIN, C., PROVOT, M. et al. (1966). Comparison of cation antagonism in the mineral nutrition of maize and tomato. *Annls. Physiol. veg., Paris* 8, 87-100.
- CORNILLON, P. (1974). Tomato behaviour as a function of substrate temperature. *Annales Agronomiques* 25 (5) 753-777.

- DOMNICZ, A. (1971). Stimulatory effect of magnesium on the transport of 32 P phosphorus and 45 Ca calcium in plants. Atti. Simp. Int. Agrochim. 8 464-472.
- ELGAWHARY, S.M., BARBER, S.A. (1973). Measurement of uptake of chelated and unchelated Ca and Sr from solution culture. Plant and Soil 39 (3) 581-590.
- ELGAWHARY, S.M., BARBER, S.A. (1974). Root uptake coefficients for absorption of CaEDTA and Ca^{++} by tomato plants. Plant and Soil 40 (1) 183-191.
- EL-LEBOUDI, A., EL-KOBBIA, T., MOUKHTAR, M.M. (1974). Phosphate nutrition in relation to uptake of calcium by plant. Egyptian Journal of Soil Science 14 (1) 1-10.
- ENDO, M., OHIRA, K., FUJIWARA, A. (1971). The role of calcium as a cell wall component in radish. (Abstract). Nippon Dojohiryogaku Zasshi 42 (10) 390-394. From Soil Science and Plant Nutrition 19, p. 335.
- FAUST, M., SHEAR, C.B. (1968). Corking disorders of apples, a physiological review. Bot. Rev. 34: 441-469.
- FONG, K.H. (1973). Effects of potassium nutrition on the absorption of sodium, calcium and magnesium by intact tomato plants. Communications in Soil Science and Plant Analysis 4(6) 427-441.
- FORSTER, R.L., ECHANDI, E. (1975). Influence of calcium nutrition on bacterial canker of resistant and susceptible *Lycopersicon* spp. Phytopathology 65 (1) 84-85.
- FOX, R. (1968). The effect of calcium and pH on boron uptake from high concentrations of boron by cotton and alfalfa. Soil Sci. 106, 435-439.
- FRANCO, A.A., DÖBEREINER, J. (1968). Interference of calcium and nitrogen in symbiotic nitrogen fixation in two bean varieties. (*Phaseolus vulgaris* L.). Pesq. agropec. bras. 3, 223-227.

- FRANKLIN, R.E. (1969). Effect of absorbed cations on phosphorus uptake by excised roots. *Plant Physiol.* 44: 697-700.
- FRIES, R.E., BERGMAN, E.L., BOYLE, J.S. (1974). Bean yellow mosaic and tomato ringspot virus influence on growth and elemental content of 'Dark Red Kidney' bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of the American Society for Horticultural Science* 99 (6) 518-523.
- GALLAHER, R.N., BROWN, R.H., ASHLEY, D.A., JONES, J.B. Jr. (1976). Photosynthesis of, and $^{14}\text{CO}_2$ -photosynthate translocation from, calcium-deficient leaves of crops. *Crop Science* 16 (1) 116-119.
- GEDOY, J., KOCHOR, F. MÜÑOZ, I. (1971). Effect of increasing rates of calcium on the boron and magnesium content of grapevine leaves of the "Sultanina" variety. *Agricultura Tcnica* 31 (1) 33-40.
- GEKHAEV, T.Ya., OSTRIKOV, N.V. (1974). The loss of ions by transpiration of vegetable and other crops. *Sbornik Rabot Molodykh Uchenykh i Aspirantov, Gorsk. Sel'skokhozyaistvennyi Institut* No. 4, 45-50.
- GERALDSON, C.M. (1967). Evaluation of the nutrient intensity and balance system of soil testing. *Proc. Soil. Crop. Sci. Soc. Florida* 27: 59-67.
- GOOR, B.J. van (1974). Influence of restricted water supply on blossom-end rot and ionic composition of tomatoes grown in nutrient solution. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 5 (1) 13-24.
- GOSWAMI, B.K., SINGH, S., VERMA, V.S. (1976). Uptake and translocation of calcium and magnesium in tomato plants as influenced by infection with root-knot nematode. *Meloidogyne incognita* and tobacco mosaic virus. *Nematologica* 22 (1) 116-117.

- GÜNTHER, F., GÜNTHER, J., BARTELS, W. (1972). The influence of particle size and other properties of calcium carbonate fertilizers on the liming of peat and peat substrates. Über den einfluss der Korngrösse und weiterer Eigenschaften von kohlensauren Kalk-Düngemitteln bei der Aufkalkung von Torf und Torfkultursubstrat. Torfnachrichten 22, 3-17.
- HAMDY, H., EL SHERIF, S., EL MOTAZ, M.B., ZEIN, A. (1971). The effect of sulphur on the plant content of N, P, K, Ca and Mg. Agricultural Research Review 49 (5) 187-196.
- HEENAN, D.P., CARTER, O.G. (1975). Response of two soya bean cultivars to manganese toxicity as affected by pH and calcium levels. Australian Journal of Agricultural Research 26 (6) 967-974.
- HIPP, B.W., COWLEY, W.R. (1969). Influence of 2,3,5-triiodobenzoic acid and gibberellin on growth, yield and nutrient content of southern peas. I. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 269-271.
- HOGUC, E.J. (1968). The effect of linuron on ^{32}P and ^{45}Ca uptake in tomato and parsnip. Weed Sci. 16, 185-187.
- HOOYMANS, I.I. (1966). The role of calcium in the absorption of anions and cations by excised barley roots. Acta. Bot. Neerl. 13: 507-40.
- HORI, Y., YAMASAKI, T., KAMIHAMA, T, AOKI, M. (1960). Calcium nutrition of vegetable crops. II. Calcium deficiency symptoms of Chinese cabbage and the effect of the composition and salt concentration of culture solution on its occurrence. I. Hort. Assoc. Japan 29: 169-180.
- ISERMANN, K. (1971). The effect of chelating agents on calcium uptake and distribution in higher plants. Z. Pflernähr. Bodenk. 128, 195-207.

- JACOBSON, L.R., HANNAPEL, I., MOORE, D.P., SCHAEDELE, M. (1961). Influence of calcium on selectivity of ion absorption process. *Plant Physiol* 36: 58-61.
- JENSEN, A. (1973). Cavity spot - et uløst problem. Statens plantepatologiske forsøg, Lyngby. NJF's symp. om morotsodling och morotskvalitet 14. og 15. mars 1973. Alnarp, Sverige.
- JOHANSEN, L., JOHAM, H.E. (1971). The influence of sodium on the calcium nutrition of excised cotton roots. *Plant and Soil* 35 (2) 323-336.
- KAWASAKI, T., HORI, S. (1968). The role of calcium in the selective cation uptake by plant roots. I. Effect of cation concentrations in absorption solution. *Ber. Ohara Inst. landw. Biol.* 14, 123-132.
- KNAVEL, D.E. (1974). The influence of growing temperatures and leaf trimming on nutrient content in lettuce. *Hort. Science* 9 (3) 231-232.
- KRASTINA, E.E., LOSEVA, A.S. (1974). The fractional composition of calcium in leaves and internodes at different levels in sunflower, beans and tomatoes. *Izvestiya Timiryazevskoi Sel'skokhozyaistvennoi Akademii* No. 4, 3-10.
- KRUG, H., WIEBE, H.J., JUNGK, A. (1972). Calciummangel an Blumenkohl unter konstanten Klimabedingungen Z. *Pflanzenernähr. Bodenk* 133, 213-226.
- LABAVITCH, J.M., RAY, P.M. (1974). Relationship between promotion of xyloglucan metabolism and induction of elongation by indoleacetic acid. *Plant Physiology* 54 (4) 499-502.
- LEGGETT, J.E., GILBERT, W.A. (1967). Localization of the Ca-mediated apparent ion selectivity in the cross sectional volume of soybean roots. *Plant Physiol.* 42:1658-64.

- LEGGETT, J.E., GILBERT, W.A. (1969). Magnesium uptake by soybeans. *Pl. Physiol*, Kutztown 44, 1182-1186.
- LIEGEL, W. von. (1972). Aufnahme und Wirkungen blattapplizierter Zinksulfatlösungen sowie die Verteilung von Inhaltsstoffen bei 'cox-Orangen - Renette' II. *Erwerbsobstbau* 14: 145-148.
- LYON, C.B.K.C. BEESON, BARRENTINE, M. (1942). Macro-element nutrition of the tomato plant as correlated with fruitfulness and occurrence of blossom - end rot. *Bot. Gaz.* 103:651-661.
- MAKAROVA, V.S., BARATOV, K.B. (1974). The effect of dalapon and TCA on calcium, magnesium, iron and phosphorus content in vegetables. In *Voprosy Sanitarii i Gigieny*, T8 Tashkent, Uzbek SSR, *Meditcina* 184-185. From *Referativnyĭ Zhurnal*.
- MARSCHNER, H. (1974). Calcium nutrition of higher plants. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 22 (4) 275-282.
- MARSCHNER, H., MIX, G.:Z. (1973). *Pflanzenernähr. Bodenkunde* 136, 203-219.
- MARSCHNER, H., MIX, G. (1973). The effect of sodium chloride and mycostatin on the mineral content of leaf tissues and on the fine structure of chloroplasts. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 136 (3) 203-219.
- MATAR, Y., DÖRING, H.W., MARSCHNER, H. (1975). The effect of NaCl and Na₂SO₄ on dry matter production, mineral content and organic compounds in spinach and lettuce. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* No. 3 295-307.
- MAYNARD, D.N. B. GIERTSEN, E.J., ULACH, VERNELL, H.F. (1961) The effect of nutrient concentration and calcium levels on the occurrence of carrot cavity spot. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 78: 339-342.

- MINARIK, C.E., SHIVE, J.W. (1939). The effect of boron in the substrate on calcium accumulation by soybean plants. Amer. J. Bot. 26: 827-831
- MIX, G.P. (1973). Ca-Einlagerung in Früchte von Bohne und Paprika sowie von Quitte und Hagebutte. Diss, Berlin.
- MIX, G., MARSCHNER, H. (1974). (Distribution of mineral elements between chloroplasts and the remaining leaf tissue.) Mineralstoffverteilung zwischen Chloroplasten und übrigem Blattgewebe. Zeitschrift für Pflanzenphysiologie (1974) 73 (4) 307-312 (De, en, 17 ref.) Technische Universität, Berlin.
- NEALES, T.F., HENDE, N.R.W. (1962). A test of the Ca-B interaction hypothesis using the growth of the bean radicle. Physiol. Plant. 15: 217-228.
- NOVAIS, R.F.De, MENEZES SORBINHO, J.A.De, SANTOS, H.L. Dos, SANS, L.M.A. (1974). The effect of nitrogen fertilization, mulching and three planting distances on the leaf N,P,K,Ca and Mg levels in the garlic cultivar Amarante. Revista Ceres 21 (118) 486-499.
- OSAWA, T., IKEDA, H. (1974). Heavy metal toxicities in vegetable crops. III. The effect of the manganese concentration in the nutrient solution on the growth of vegetable crops. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 43 (3) 260-266.
- OSAWA, T., IKEDA, H. (1974). Heavy metal toxicities in vegetable crops. IV. The effect of the copper concentration in the nutrient solution on the growth of vegetable crops. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 43 (3) 267-272.
- PAULI, A.W., ELLIS, R., MOSER, H.C. (1968). Zinc uptake and translocation as influenced by phosphorus and calcium carbonate. Agron. J. 60, 394-396.

- PROCTOR, J. (1970). Magnesium as a toxic element. *Nature*, Lond. 227, 742-743.
- RADI, A.F., MUBASHER, A. Kh., KHEIKAL, M.M. (1973). Interaction of cations in tomato, bean and maize plants. *Izves. Timiryazevskoi Sol'skokhozyaistvennoy Akademii* No. 5 13-17.
- ROBBINS, W.R., (1937). Relation of nutrient salt concentration to growth of the tomato and to the incidence of blossom-end rot of the fruit. *Plant Physiol.* 12: 21-50.
- ROBSON, A.D., EDWARDS, D.G., LONERAGAN, J.F. (1970). Calcium stimulation of phosphate absorption by annual legumes. *Aust. J. Agric. Res.* 21, 601-612.
- ROMNEY, E.M., HALE, V.Q., WALLACE, A., LUNT, O.R., CHILDRESS, J.D., KAAZ, A., ALEXANDER, G.V., KINNEAR, J.E., ACKERMAN, T.L. (1973). Some Characteristics of Soil and Perennial Vegetation in Northern Mojave Desert Areas of the Nevada Test Site. UCLA, 12-916. UC-48 Biomedical and Environmental Research.
- ROMNEY, E.M., WALLACE, A., ALEXANDER, G.V. (1975). Responses of bush bean and barley to tin applied to soil and to solution culture. *Plant and Soil* 42 (3) 585-589.
- SAIMBHI, M.S., ARORA, S.K., CHHIBBA, I.M. (1975). Influence of seed treatment with 2-chloroethylphosphonic acid, gibberellic acid, ascorbic acid and simazine on growth and nutrient composition of pea (*pisum sativum* L.) seedlings. *Plant and Soil* 43 (3) 697-699.
- SANCHES CONDE, M.P., AZUARA DEL MOLINO, C. (1974). The effect of substrate acidity or alkalinity on brassicas. *Influencia de la acidez o alcalinidad del medio de cultivo sobre la planta de "Brassica"*. *Anales de Edafologia y Agrobiologia* 33 (5/6) 427-439.

- SCHEIDECKER, D. (1968). A study of induced calcium deficiency in the Currant tomato grown in media proportionately rich in potassium and poor in calcium. Potash Rev. 3/26, pp 14.
- SHANNON, S., NATTI, J.J., ATKIN, J.D. (1967). Relation of calcium nutrition to hypocotyl necrosis of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 90: 180-190.
- SHEAR, C.B., CRANE, H.L., MYERS, A.T. (1953). Nutrient element balance: Response of lung trees grown in sand culture to potassium, magnesium, calcium, and their interactions. U.S. Dept. Agr. Tech. Bul. 1085.
- SHEAR, C.B., FAUST, M. (1971). Value of various tissue analyses in determining the calcium status of the apple tree and fruit. In "Recent Advances in Plant Nutrition". Proceedings 6th International Colloquium on Plant Analysis and Fertilizer Problems. Tel Aviv 1970, R.M. Samish (editor). London, UK, Gordon and Breach Science Publishers 1 75-95.
- SOMMER, K., MERTZ, M. (1974). Growth, yield and mineral uptake by plants as influenced by ammonium or nitrate. Wachstum, Ertrag und Mineralstoffaufnahme von Pflanzen beeinflusst durch Ammonium oder Nitrat. Landwirtschaftliche Forschung 27 (1) 8-30.
- STANDAERT, J.Y., MYTTENAERE, C., MEYER, J.A. (1973). Influence of sodium/calcium ratios and ionic strength of the nutrient solution on Fusarium wilt of Tomato. Plant Science Letters 1 413-420. Division de Biologie CCR, Euraton, Ispra, Italy.
- STOUT, G.J. (1934). Influence of watering treatment on the occurrence of blossom-end rot in greenhouse tomatoes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 32: 515-518.

- STUCKEY, H.P., TEMPLE, J.C. (1911). Tomatoes, Georgia Agr. Expt. Sta. Bul. 96.
- TAMMES, P.U.L., DIE, J.v. (1964). Studies on Phloem Exudation from *Yucca flaccida*. Acta Botanica Neerl. 13, 76-83.
- TANAKA, H. (1967). Boron absorption by crop plants as affected by other nutrients of the medium. Soil Sci. Pl. Nutr. 13, No. 2, 41-44.
- TANAKA, H., HARA, I. (1972). Nutrio-physiological studies on the photosynthetic rate of the leaf. 4. Effect of calcium and magnesium status on the photosynthetic rate in maize. Journal of the Science of Soil and Manure Japan 43 (5) 218-222.
- TANAKA, A., TADANO, T., YAMADA, M. (1973). Journal of the Science of Soil and Manure, Japan 44 (9) 334-339.
- TANAKA, A. TADANO, T. YAMADA, M. (1973). Journal of the Science of soil and Manure, Japan 44 (10) 372.
- TORRES de CLAASEN, M.E., WILCOX, G.E. (1974). Effect of nitrogen form on growth and composition of tomato and pea tissue. Journal of the American Society for Horticultural Science 99 (2) 171-174.
- UZIAK, Z. (1972). Effect of moisture in the rooting medium in the utilization of nitrat, potassium and calcium by lettuce. Annales Universitatis Mariae Curie-Skodowska 27E 197-210.
- VIETS, Jr., FRANK, G., (1974). Calcium and polyvalent cations as accelerators of ion accumulation by excised barbey roots. 466. Plant Physiology, 19.
- WALLACE, A. (1971). Low root temperature, calcium and nitrate ion interactions on nonexchangeable rubidium, cesium and sodium absorption by bysh beans. Pl. Soil 34, 121-131.

WALLACE, A., SOUFI, S.M. (1975). Low and variable critical concentrations of calcium in plant tissues. Communications in Soil Science and Plant Analysis 6 (3) 331-337.

WIEBE, H-J., SCHÄTZLER, H.P., KÜHN, W. (1974). Diurnal fluctuations of the mass of a cabbage plant. Kerntechnik 16, 532-533.

WILCOX, G.E., HOFF, J.E., JONES, C.M. (1973). Ammonium reduction of calcium and magnesium content of tomato and sweet corn leaf tissue and influence on incidence of blossom end rot of tomato fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science 98 (1) 86-89.