

Symptom på molybdenmangel.

Av E. J. Hewitt, Long Ashton Research Station, University of Bristol, England. Soil Science 81 (1956):159-171.

Symptom på molybdenmangel er kjent for meir enn 40 plante-  
slag. Den første omtalen av slik mangel, for tomat av ARNON &  
STOUT i 1939 (5), vart fylgd av mange observasjonar av ARNON (4),  
som fann at veksten av salat, sennep og asparges kunne betrast  
ved tilføring av molybden. To karakteristiske teikn på molybden-  
mangel "whiptail" hjå blomkål og broccoli og "yellow spot" hjå  
citrus, vart omtala (6, 9) omkring 30-45 år før det vart kjent  
at desse sjukdomane skuldast molybdenmangel. Dette vart opp-  
daga av MICHELL (22), DAVIES (7), HEWITT & JONES (11, 13) og  
STEWART & LEONARD (29,30).

Denne rapporten er bygd på vekstforsøk som er utførde  
frå 1947 av forfatternen og hans medarbeidarar. Ein del av  
dette er tidlegare upubliserte arbeid. Dessutan er det teki  
med resultat frå granskingar av mange andre forsøksfolk.

Mangelsymptoma er framkomne i sandkulturforsøk ved Long  
Ashton med nitrat som nitrogenkjelde. Vi gjer merksam på at  
relativt krav til molybdengjødsling for dei ulike planteartene  
varierer mykje på grunn av ulikt absolutt krav, absorpsjonsevne,  
frøreservar og nitrogentilgang.

Plantesymptom.

Chenopodiaceae.

Beta vulgaris var. Crassa. Sukkerbete. Frøblada vedblir grøne  
og saftspente i fleire veker etter at andre plantedeler har  
døydd bort. Blada er smale og lysgrøne, men dei vert etter  
kvart gul-grøne. Blada visnar frå spissen. Men det kan også  
henda at det er bladstilkane som visnar først, noko som fører  
til at blada bryt saman. Bladkantane rullar oppover eller vrir  
seg, og i løpet av ca. 4 veker har blada blitt flekket og har  
visna ned. Yngre blad bleiknar, og etter at vekstpunktet har  
døydd ut etter 6-10 veker, døyrr plantene. Når mangelen er  
mindre utprega, ser utvikla blad ut som dei har nitrogenmangel,  
d.v.s. dei er gulgrøne av farge med fiolettffarging langs blad-  
kantane. Blada krøllar seg, vert slappe og har gul-brune,  
daude bladflekke som først opptrer nær bladspissen. JOHNSON  
et al (18) fann at eldre blad vart lyse før dei vart nekrotiske  
når plantene var dyrka i jordarta serpentin. MULDER (24) fann  
sterk klorose og opprulling av bladkantane ("cupping") når  
sukkerbete var dyrka i sur, jernhaldig jord.

Beta vulgaris rubra. Raudbete. Symptoma er omlag dei same som  
omtala for sukkerbete, bortsett frå at bladnervene her er  
tydeleg raude (18).

Spinacea oleracea var. crassa. Spinat. JOHNSON et al. (18)  
fann at spinat var det mest utsette planteslaget av dei som vart  
prøvd når testinga føregjekk i jord. Alle blad viser symptom.  
Etter at blada har fått klorose og sterk nekrose, døyrr plantene  
etter 8 veker. MULDER (24) fann lysgule blad, oppbøgde blad-  
render og nekrose.

Compositae.

Lactuca sativa. Salat. Denne plantearta er svært utsett i sandkulturforsøk (7) og like eins i jord (18, 27, 40). Med 0,000005 ppm MO vert blada, inkludert frøblada, lys grøne og seinare gule. Bladkantane rullar innover, visnar og dør ut. Blada visnar fullstendig og plantene dør etter 4-7 veker. Mindre utprega mangel fører til smale blad, med lys-gulgrøn marmorering langs bladkantane, nekrose og utprega oppbøyd bladrand. Nye blad vert etter kvart slappe og bryt saman. Plantene danar ikkje hovud. I vasskulturforsøk fann WARINGTON (36) grå-blå nekrotiske flekker nær spissen av middels gamle blad. Desse flekkene går saman til gult papiraktig areal i ein ring mellom eldre og yngre friske blad. Sortskilnader er observert (24, 36).

I sandkulturforsøk med ammonium-nitrat eller nitrat som nitrogenkjelde, kjem slike symptom fram, men når plantene har fått nitritt, ammoniumsulfat eller urea har ikkje slike symptom vist seg.

Cruciferae.

Brassica-gruppa viser symptom for molybdenmangel som avvik frå andre planteslag. Symptoma er for ein stor del ymse variantar av "whiptail". Her blir berre symptoma for blomkål utførleg omtala, og variasjonar frå dette hjå dei andre artene blir så nemnde for seg.

Brassica oleracea var. botrytis. Blomkål. Frøblada vedblir grøne og saftspente i fleire veker. Med 0,000005 ppm MO, er dei første blada marmorerte 10-14 dagar etter frøa er sådde. Lys gul marmorering eller avfarging mellom grøne nerver finst over heile bladplaten på blad under utvikling og ofte er bladkanten oppbøyd. Bladkantane verkar vass-sokne og membramfylte og er delvis gjennomsynlege. Etter få timar visnar blada og bladkantane rullar seg innover inntil blada fell av. Mange bladstilkar visnar før bladkantane bryt saman, og blada visnar då og vert hengande i mange døger. Symptoma flytter seg over til nye blad etter 2-4 døger. Dei eldste blada er stundom mindre utsette enn nyare blad. Etter kvart blir symptoma sterkare på yngre blad og plantene dør. Dette som her er omtala er dei primære symptoma (1, 2, 13).

Planter som har fått 0,00005 ppm MO er grøne og viser lite eller ingen marmorering. Desse plantene og slike som har komi over den primære skaden, viser sekundære symptom ("whiptail"), noko som dukkar fram 7-10 veker etter oppspiring. Symptoma kjem fram på unge blad, men er sjeldne på planter som har vist kraftige, primære symptom. Små gulgrøne eller elfenbeinfarga flekker, som er klorotiske og gjennomsynlege, utviklast nær basis av unge blad når dei er 6-15 cm lange. Det er vanlegvis 3-6 slike flekker i ei vertikal rad mellom hovudnervene kloss inntil på ei eller bae sider av midtribba. Desse flekkene blir snart nokrotiske og fell ut. Etter kvart som blada utviklast blir hola større og uregelmessige. Slike symptom kjem fram på 1-2 blad. På dei fylgjande blada føregår nedbrytinga meir og meir langs bladkantane. Dette fører til redusert bladplatevekst, men ikkje redusert lengdevekst. Desse blada er ofte vridde og utviklar bladplater som er smale. Dei har uregelmessige og unormale bladflater - ofte er det slik at mest berre midtribba står att. I spissen er bladforma ofte meir normal, men likevel forvridd. Bladplata er ofte rynka, har uregelmessige, oppbøygde bladkantar. Det er relativt tjukke, saft-

spente blad med mørkgrøn farge. På unge blad, opptil 3 cm lange, kan bladkantane vera vass-sokne og vera brunt nekrotiske når bladplata er berre nokre få mm breid. Dersom desse blada utviklast, manglar dei oftast totalt bladplate, men stundom veks dei ikkje i lengderetning. Då skil dei ut ei brun veske, vert gelatin-aktige og døyrr innan eitt døgger. Det blir då ein brun pyramide av dautt vev kring vekstpunktet. Ved dette stadiet døyrr som regel vekstpunktet ut, men bladprimordia kan utviklast til runde bladstumpar. Vekstpunktet i spissen av bladet kan også døy ut. Desse blada veks då ikkje i lengderetning, og blir forkrøpla, brune i spissen og med forvridde bladplater bakanfor. Dei eldre blada er normale, bortsett frå at dei er tjukke, saftspente og mørkegrøne. Plater med morderate primære symptom kan visa sekundære symptom direkte på bladkantane av yngre blad. Utdøying av rudementære blad og av vekstpunktet kan fylgja nokså fort. Utviklinga av og åtaksgraden av - dei ulike stadier kan variera og fører til store skilnader i symptoma for det som vert kalla "whiptail".

Med 0,0005 ppm MO vert det berre mild misdaning av bladverket, men bladvinkelen er unormalt stor. Med mellom 0,00005 og 0,0005 ppm MO vert kvaliteten dårleg av di småblad deler hovudet inn i mange smådeler. Blomsterstilkar visner etter dei har strekt seg, og blomstrar døyrr utan å setja frø. Frø vedblir grønne eller lysbrune og visnar før mogning. Blomkål og broccoli voksne i jord med molybdenmangel, viser desse mangelsymptoma med mange variasjonar (6, 18, 22, 24, 26, 27, 34, 41). Laterale basalskot kan førekoma i whiptail planter, og også desse skota er misdana (22, 26). Planter med whiptail er vanlegvis mørk grønne, men marmorering og klorose kan stundom førekoma. (18, 24, 27, 34, 41)

Marmoreringa forsvinn ofte før whiptail-symptoma kjem fram (26) eller før dei vert dominerande (34). MULDER (24) fann at frøblada var grønne også på marmorerte planter i felter. Sortene er ulikt utsette for mangelsykdomen. (6, 22, 34)

Planter i sandkultur, som har fått ammoniumnitrat, viser primære symptom, men marmorering er mindre vanleg. Bladverket har svak gråfarge, og nervene er mørk grønne. Oppbøygde bladkantar, visning, bladsviing og bladflekker mellom nerver er svært vanleg. Whiptail opptrer som elles. Planter givne ammoniumsulfat, nitritt, urea eller glutaminsyre visse alle typiske whiptailsymptom, men ikkje primære symptom. (2). Utan unnatak byrjar symptoma med gjennomsynlege, klorotiske flekker mellom bladnervene slik som omtala tidlegare. I motsetnad til det som skjer ved nitratgj. eller ved tilstrekkeleg Mo-tilgang, vil frøblada snart visna.

B. oleracea var. gemmifera. Rosenkål. Dei første verkelege blada kan vedbli grønne og saftspente, på same måte som frøblada, i fleire veker etter symptoma har vist seg på yngre blad. Bladverket er jamt grå-grønt, men slik at marmorering førekjem serleg langs bladkantane. Oppbøygde bladkantar er godt markert. Plantene døyrr etter 10-14 veker når dei er 6-18 cm høge. Rosenkål viser mindre tendens til å veksa over skaden enn blomkål, kålrot og savoykål. Planter, veksne i molybdenmangeljord, viser tendens til å bli grågrønne. I tillegg viser dei markert, "koppforma" blada tendens til å bli rektangulære. Dei kan også bli marmorerte. Yngre blad kan bli reduserte til vridde, smale utvekstrar utan normal bladplate (27).

Brassica oleracea var. capitata. Tidlegkål.

Akutt marmorering, avfarging og vevdød kan opptre i eldre blad (18) på planter voksne i molybden-mangel-jord. Deretter fyl misdaning av unge blad og dårleg hovuddaning (24).

Dei misdana blada er lyse, små og smale med uregelmessige bladkantar og dels oppbøygd bladrand (27).

B. oleracea var. bullata - sabauda. Savoykål.

Blad med oppbøygd bladrand og membramrike, vassfylte bladkantar er utprega. Bladnervene kan vera purpurfarga. Blada elles er olivengrøne. Bladvinkelen er vid, noko som hindrar hovuddaning. Laterale skot skyt fram. Når sekundære symptom viser seg, er det yngre blad som vert brune, nokrotiske og misdana langs bladkantane. Rudementære blad vert brune og visnar og vekstpunktet døyr ut. I sur jord (27) kan unge blad bli unormalt smale, vridde og samla i tette knipper. Eldre blad har oppbøygd og daude bladrandar. Hovuddaninga vert dårleg.

B. oleracea var. acephala. Grønkål ( ). Frøplantene er lys grøne med lys gul marmorering mellom nervene. Eit unnatak er eldre blad. Oppbøygd bladkantar manglar, men visning, utdøying av vev og nedvisning føregår som i blomkål. Dersom plantene lever over dette stadiet, får yngre blad brune bladkantar og midtribba utviklast med lite eller inga bladplate. Bladspissen døyr seinare ut, etter han er blitt brunfarga. Bladmarmorering og nekrose kan førekoma i sur jord (18).

B. napus. Nepe. Symptoma liknar dei som er funne hjå grønål. Plantene får rosettform, men overlever i mange veker i eit stadie med alvorleg vevdød. Liknande symptom også ved gjødsling med ammoniumnitrat. PLANT (27) fann ingen symptom på nepe som voks ved sidan av blomkål med sterk whiptail. Jorda var sterkt sur. Nepe i sur jord kan ha marmorerte bladverk (24), eller ha lyse blad med misdaning på same måte som for whiptail hjå blomkål (19 a)

B. rapa. Kålrot. Med 0,000005 ppm MP er blada matt lysgrøne med oppbøygd bladrender 17 dagar etter såing. Bladkantene blir grå og krøllar innover, visnar og vert flekkete på få timar. Plantene visnar seinare fullstendig, og kan døy etter 4-8 veker. Med 0,00001 - 0,00005 ppm MO eller før planter som har overlevd det primære stadiet, blir dei seinare brune bladkantar på unge blad. Disse utviklast med alvorleg oppbøyging av bladrandar, forvridde bladkantar og med redusert bladplate. Seinare utvikla blad vert brune og døyr frå bladspissen, dei produserar bladstilkar utan bladplater eller stundom veks dei fram med smale, uregelmessige bladplater som er karakteristisk for whiptail. WARING (35) fann marmorering og brune bladkantar på unge blad hjå kålrot i feltforsøk.

Raphanus sativus. Reddik. Planter som har fått ca. 0,00001 ppm MO er lys grøne med lys gul klorose mellom nervene på dei eldre blada 3 veker etter såing. Frøblada vedblir store og grøne i 5-6 veker. Bladkantane er markert oppbøygd. Frå blada blir det skilt ut veske, og vass-sokne flekker førekjem. Bladkantane døyr, rullar seg innover og visnar ned. Blada tørker inn med unnatak av bladstilkane. Sekundære symptom har ikkje vori observert, og dei primære symptoma går over på unge

blad inntil plantene dør. Blomstrane dør før dei opnar seg. Oppbøygde bladrender, klorose, og marginal nekrose førekjem i reddik i molybdenfattig jord (18, 24), medan frøblada vedblir grøne (24).

### Cucurbitaceae.

Cucumis melo. Melon. WILSON (42) omtala veksthemming med lys grøne blad og gul-grøn klorose mellom nervene og smale, brune kantar av dautt vev, fylgd av alvorleg visning frå bladkantane.

Cucurbita pepo var. cernuosa. Squash. I jord med lågt molybdeninnhald får graskar klorotiske blad med litt nekrose (18). Denne veksten er funne å vera omlag like utsette som broccoli.

Leguminosae (Storfrøa arter). Vass- og sandkulturforsøk (15, 20) har vist at molybdeninnhaldet i storfrøa frø er så stort at det kan hindra mangelsymptom i to generasjonar, men alvorlege skader kan så opptre i tredje generasjon. Slike frø som disponerar for MO-mangel gjev likevel fullgod avling dersom plantene får tilstrekkeleg molybden i veksemediet.

Pisum sativum. Ert. Etter to generasjonar vert plantene dvergaktige og gule etter 15 døger. Gamle blad visnar plutsleg, rullar innover og dør ut langs bladkantane og seinare dør dei fullstendig. Plantene visnar ned eller kan produsera veike basalskot. Blomstringa vert totalt hindra.

Planter frå frø etter ein generasjon er lysgrøne, men dør sjeldan ut. Lågare blad vert åtekne som tidlegare omtala, etter 5-8 veker og etter kvart viser også skaden seg på yngre blad. Nokre få blomster produserer levedyktig frø. MEAGHER, JOHNSON & STOUT (20) observerte samanbrot mellom nervene medan bladverket framleis var grønt. Desse symptoma kom plutsleg utan forutgåande marmorering.

Phaseolus vulgaris. Dvergbønne. Etter tre generasjoner utan tilføring av  $M_0$ , hadde plantene store, lyse blad som var klorotiske mellom nervene, og dei utvikla raskt usymmetriske brune flekker mellom bladnervene. Bladkanten visna, og blada visna ned og fall av. Blomstringa er hindra. Med ein eller to mangel-generasjonar er symptoma mindre akutte og det går lengre tid før dei viser seg. Det kan vera berre lett marmorering og nekrotiske flekker. Ein del blomster kjem også fram, og dei produserar også frø.

MEAGHER et al. (20) oppnådde liknande resultat med frø som hadde lågt molybdeninnhald. Marmorering vart fylgd av samanbrot av bladvev, frå først av frå dei sentrale delene av bladet mellom nervene. Frå flekker som verkar vass-sokne, bryt bladvevet saman. Slike flekker vil ikkje koma over skaden ved molybdattilføring, men saftspente areal vil snart veksa vidare. WILSON (39) konkluderer med at "skold" hjå bønne berre kan førekoma dersom det også har vori molybdenmangel i det området frøet har vori produsert. Symptoma er då marmorering mellom nervene, fylgd av "skold" eller nekrose mellom nervene og langs bladkantane. Desse stadene har eit stort innhald av oksydassjæsmiddel - truleg nitrat.

Phaseolus multiflorus (eller coccineus). Stangbønne.

Symptoma er svært lik dei som er funne for dvergbønne, men blada har her ein tendens til å bli smale, jamt lys gul-grøne eller gule og til slutt avfarga med flekket, opprulla bladkantar. Gamle blad vert åtekne først og visnar før dei dett av. Blomstermengda og frøavlinga kan bli redusert i den andre generasjonen. Strekningsveksten kan også bli hindra, og plantene visnar.

Solanaceae.

Solanum tuberosum. Potet. (Skaden er her atførleg omtala. Dei liknar mykje på molybdenmangel hjå tomat, men opptrer sjeldan før 4-5 generasjon.)

Lycopersicon esculentum. Tomat. Symptoma viser seg 10-18 døger etter frøa er sådde. Frøblada er grønne i fleire veker. Gamle blad er lyse med diffus, lys gul marmorering langs bladkantane og mellom nervene. Bladkantane rullar seg oppover, og småblada verkar opprulla. Lys brun vevdød byrjar i spissen av dei eldre endeblada og spreier seg innover. Deretter vert sideblada åtekne.

Umbelliferae.

Daucus carota. Gulrot. Eldre blad er lys gul-grøne. Bladsegmenta dør frå spissen. Blada visnar og fell saman. Desse symptoma er likevel av liten verdi for å fastsetja Mo-mangel. I sur jord er klorose og nekrose observert (18).

Apium graveolens. Selleri. Blada blir lys grønne og seinare jamt lys gule utan marmorering mellom nervene. Symptoma liknar nitrogen-mangel. Bladsegmenta hjå eldre blad dør ut og blada visnar ned i seksjonar.

Konklusjon.

Tap av klorofyll, marmorering, visning, nekrose og utdøyde vevflekker er for ein stor del samanbundi med nitratinnhaldet i jorda og uavhengig av ammonium i tillegg. Marmoreringa har ein samanheng med opphopping av nitrat eller andre oksidasjonsprodukt (1, 2, 11, 16, 18, 27, 39, 40, 41, 42) og lokal fordeling av molybden i blada (31). Planter som viser marmorering og nekrose på felte akkumulerer nitrat. Klorofyllinnhaldet vert ikkje redusert ved molybdenmangel dersom det ikkje er tilgjenge på nitrat (2, 16). For sume plantearter, t.d. selleri, sukkerbete og Gramineae er klorosen jamt fordelt og marmorering er mindre framtrudande. Desse symptoma liknar nitrogenmangel (14, 18).

Brassica-artene viser varierende utslag når det gjeld whiptail symptom. Desse symptoma, som viser seg på unge blad, har samanheng med delvis overveksing av mangel (11,13) eller med intermediær innhald av Mo i jorda (1) eller viser seg ved nitrogentilgang som ikkje gjer nitratreduksjon turvande. (2). Nedbrytinga av vevet har kanskje ein samanheng med svakt oppbygde midtlameller i cellene (2). Tomat krev Molybden også når dei ikkje får nitrat som N-kjelde, men typiske symptom

kjem da ikkje fram. (14) Ein form som er kalla "pseudo-whiptail" kan opptre i blomkål på grunn av ytre vekstvilkår (38), men med normal Mo-tilgang (27).

Oppbøygde bladrender har ein samanheng med bladforma (13, 18). Nedsett vekst i bladkanten fører til opp eller nedbøygde bladrand. Planter med heile blad har serleg mykje av dette symptomet, t.d. rosenkål og blomkål, medan dei som har relativt oppdelte blad, som til dømes grønkål eller nepe viser lite av slike "cupping", eller desse oppbøygde bladrendene er lokalisert til deler av blada. På eit tidleg stadium, eller ved mindre utprega mangel, ser planter som potet, blomkål (1) og savoykål ut til å ha større blad enn normalt. Tendensen til at frøblada, og stumdom også dei eldre blada, held seg grønne bør ein også merkja seg.

Vokstrane er ulikt utsette. I vekstforsøk der den absolutte tilgangen er låg og der det molybdenet som finst er lett tilgjengeleg, viser tomat, bete, salat og alle brassica-artene høgt krav. Kravet til kløver, luserne, gulrot og selleri er markert lågare og for mange korn- og grasarter enda lågare. Bønner og ert er relativt sterkt utsette når frøreservane er oppbrukte. Det nedsette kravet for nepe (27) og det låge kravet for sukkermais når han veks i jord (18) har samanheng med stor absjorpsjonsevne for molybden hjå desse artene. Grunnen til at salat og spinat er så sterkt utsett (18, 27) skuldast truleg for ein stor del låg absorpsjonsevne.

Dei karakteristiske symptoma og det store utslaget hjå einskilde plantearter, gjer at dei høver godt som indikatorplanter. Blomkål, broccoli, summarkål, spinat, salat og tomat er dei mest høvelege fot dette føremålet. I tropiske distrikt er Citrus ein god indikatorplante.

Hewitt har også omtala mangelsymptom for andre plantearter i denne artikkelen, til dømes: havre, bygg, kveite, rug, timotei, raudkløver, alsikekløver, luserne og alfalfa, lin, Prunus cerasifera, citrus, tobakk og kakaobusk.

Omtalen av desse symptoma er medteken her.

G.Balvoll 29/7.64.

## Litteratur.

1. Agarwala, S.C. & Hewitt, E.J. 1954. J.Hort.Sci. 29:278-290.
2. " " " 1955. " " 30:163-180.
3. Anderson, A.J. & Spencer, D. 1950. Aust.J.Sci.Res.Ser.133:414-430.
4. Arnon, D.I. 1938. Ann. J.Bot. 25:322-325.
5. Arnon, D.J. & Stout, P.R. 1939. Plant Physiol. 14:599-602.
6. Clayton, E.E. 1924. N.Y.St.Agr.Expt.Sta.Bull.506.
7. Davies, E.B. 1945. Nature 156:392.
8. Evans, H.J., Purvis, E.R. & Bear, F.E. Plant Physiol.25:555-566.
9. Floyd, B.F. 1908. Florida Agr.Expt.Sta.Ann.Rept.91.
10. Fricke, E.F. 1947. J.Aust.Inst.Agr.Sci.13:75-76.
11. Hewitt, E.J. & Jones, E.W. 1947. J.Pomol.Hort.Sci.23:254-262.
12. " " 1948. Ann.Rept.Agr.and Hort.Res.Sta.Long Ashton, Bristol 1947:82-96.
13. " " & Bolle-Jones, E.W. 1952. J.Hort.Sci.27:245-256.
14. " " " " 1952. " " 27:257-265.
15. " " " " & Miles, P.1954. Plant and Soil 5:205-222.
16. Hewitt, E.J. & McCready, C.C. 1954. Nature 174:186.
17. Hoagland, D.R. 1940. Proc.Am.Soc.Hort.Sci. 38:8-12.
18. Johnson, C.H., Pearson, G.A. & Stout, P.R. 1952. Plant and Soil 4:178-196.
19. Lewis, A.H. 1954. J.Agr.Sci. 33:52-57.
- 19a. Lobb, W.R. 1952. New Zealand J.Agr. 84:356-357.
20. Meagher, W.R., Johanson, C.M. & Stout, P.R. 1952. Plant Physiol. 27:223-230.
21. Millikan, C.R. 1948-49. J.Dept.Agr.Victoria 46:511-517, 566-576, 47:37-41.
22. " " 1945. New Zealand J.Sci.Technol. A 27 :287-293.
23. Mulder E.C. 1948. Plant and Soil 1:94-119.
24. " " 1954. " " " 5:368-415.
25. Piper, C.S. 1940. J.Aust.Inst.Agr.Sci.6:162-164.



26. Plant, W. 1951. *J.Hort.Sci.* 26:109-117.
27. " 1956 (?) *Plant and Soil* (i trykk ?)
28. Steinberg, R.A. 1953. *Plant Physiol.* 28:319-322.
29. Stewart, I. & Leonard, C.D. 1952. *Nature* 170:714-715.
30. " " " 1953. *Citrus Magazine* 16:35-38.
31. Stout, P.R. & Meagher, W.R. 1948. *Science* 108:471-473.
32. Vanslow, A.R. & Datta, N.P. 1949. *Soil Sci.* 67:363-375.
33. Walker, R.B. 1948. *Science* 108:374-475.
34. Waring, E.J., Wilson, R.D. & Shirlow, N.S. 1949. *Agr.Gaz.N.S. Wales Misc. Publ.* 3:354.
35. Waring, E.J. 1950. *Agri.Gaz.* 61:15-17.
36. Warrington, K. 1946. *Ann.Appl.Biol.* 33:249-254.
37. " 1950. *Ann. Appl. Biol.* 37:607-623.
38. Wiebosch, W.A. van Koot, I.J. & van't Sant 1950. *Publ.Proefsta. voor Groenten en fruit under Glass* 26.
39. Wilson, R.D. 1948. *Aust.J.Sci.* 11:209-211.
40. " 1948. *J.Aust.Inst.Agr.Sci.* 14:180-187.
41. " & Waring, E.J. 1948. *J.Aust.Inst.Agr.Sci.* 14:141-145.
42. Wilson, R.D. 1949. *J.Aust.Inst.Agr.Sci.* 15:118-121.