

Norges landbrukshøgskole  
Institutt for grønnsakdyrking  
Stensiltrykk nr. 59

KOPAR I GRØNSAKPRODUKSJONEN

Eit litteraturoversyn

Av

Gudmund Balvoll

November 1973

Norges landbrukshøgskole  
Institutt for grønnsakdyrking  
Stensiltrykk nr. 59

KOPAR I GRØNSAKPRODUKSJONEN

Eit litteraturoversyn

Av

Gudmund Balvoll

November 1973

INNHALDSLISTE

	Side
Innhald i planter .....	3
Koparmangel .....	7
- Artskilnader .....	7
- Symptom .....	8
Koparforgifting .....	10
Jord og klimatilhøve .....	11
Gjødsling .....	11
Litteratur .....	14

## INNHALD I PLANTER

Innhaldet av kopar i plantevev er vanlegvis 4-12 mg Cu pr. kg tørrstoff. Det er som regel høgare i grønne blad enn i andre plantedelar. Av tabell 1 ser vi til dømes at dei matnyttige delane av gulrot, reddik og kapalauk inneheld mindre kopar enn blada. Eit unntak ser ut til å vera knollselleri. Her har både KÜHN (1962) og JUNGERMAN (1962) funni eit høgt innhald i knollane, 10-15 mg Cu/kg tørrstoff.

Frø har ofte eit lågt mineral-innhald. Dette gjeld også kopar. Etter MULDER (1949) skal såleis ca. 3 mg Cu/kg tørrstoff vera det normale i kveite Korn.

Oppgåver over koparinnhald i salsvarer av grønsaker har vi særleg frå USA. BEAR et al. (1948) fann stor variasjon, i kvitkål frå 0,4-48 mg Cu/kg, i salat 3-60 mg, spinat 0,5-32 mg og i skolmbønne frå 3 til 69 mg Cu pr. kg tørrstoff. Det var ein tendens til stigande innhald ved forskyving av dyrkingsstaden fra aust- til vest-kyst. Det høge innhaldet i einskilde prøver skuldast truleg sprøyting mot soppsjukdomar med koparhaldige middel

I ei seinare gransking vart det funni dei middeltala som er oppsette i tabell 2. I tillegg til oppgåvene i tabellen kan nemnast at kepalauk i middel hadde 5 mg Cu/kg tørrstoff og stilkselleri 4 mg Cu/kg.

Tabell 1. mg Cu/kg tørrstoff

	NELSON et al. 1956		JUNGERMAN 1962		KÜHN 1962	
	Utan Cu*	Med Cu*	Utan Cu	Med Cu	Utan Cu	Med Cu
Kepalauk, blad lauk	8,0 8,8	18,0 9,0	7,1	7,0		
Gulrot, blad rot	6,0 7,5	8,8 6,7	7,6 3,3	7,5 3,9		
Knoll- selleri blad rot	6,7	7,6	10,0 10,5	10,6 11,9	4,1 8,9	6,0 14,2
Raudbete blad rot	6,5	14,7				
Reddik blad knoll	4,4 3,0	9,0 4,8			7,1 3,7	7,3 4,3
Kålrot blad knoll				4,4 4,3		
Grønkål blad stengel			5,8 3,3	5,1 3,0	2,0 2,0	2,3 2,0
Salat Spinat			11,6	12,0	6,9 9,9	9,1 13,0
Potet blad knoll	6,0 3,0	9,0 3,0	14,8 11,4	14,1 11,5		
Bønne blad skolm	3,2 4,3	9,0 8,0				
Mais blad frø	4,3 3,5	7,5 3,5				
Agurk blad frukt					6,9 7,4	8,2 8,8

\* Forsøk på jord med koparmangel

Tabell 2. Innhold av kopar i matnyttige delar (HOPKINS & EISEN 1959)

	Tørrstoff- prosent	mg Cu pr. 100 g friskvekt	mg Cu pr. kg tørrstoff
Asparges	7,8	0,16	20,5
Gulrot	13,6	0,11	8,0
Sukkermais	25,2	0,06	2,4
Issalat	4,5	0,04	9,0
Tomat	6,3	0,06	9,5

HOPKIN & EISEN (1959) fann elles at det var stor variasjon mellom ulike prøver av same vareparti. Ved liknande granskingar bør ein difor leggja vekt på å få til representative prøver.

For kepalauk frå Vestfold i 1966 vart det i middel funni 4,9 mg Cu/kg tørrstoff eller omlag 0,5 mg Cu pr. 100 g friskvekt (APELAND & BALVOLL 1969).

Det er neppe grunn til å tru at det er store artskilnader når det gjeld opptak og innhald av kopar. Einskilde granskingar kan likevel tyda på at ved rikeleg tilgang frå jorda inneheld skjermblomstra planteslag meir kopar enn krossblomstra. PAGE (1966) fann såleis fylgjande innhald i småplanter i eit oppalingsforsøk:

	mg Cu/kg tørrstoff
Hodekål	5,4-6,2
Raudbete	9,2-9,7
Salat	6,4-6,4
Gulrot	10,7-11,9
Kepalauk	6,4-8,7

NELSON et al. (1956) fann eit høgare innhald i blada av tomat, tobakk og salat enn i andre vokstrar.

PIPER (1942) fann at for havre fall koparinnhaldet gradvis frå 7 mg/kg tørrstoff i den første tida etter spiring til 2,1 mg/kg i stråa ved fullmogning. Det ser ikkje ut til å ha vori utført liknande granskingar for grønsakvekster, men det er liten grunn til å tru at det skjer store endringar med tida. Kopar akkumulerer til dømes ikkje i eldre blad, slik som einskilde andre mineraleme.

Ved koparmangel blir innhaldet vanlegvis lågare enn det som er normalt. DAVIS & LUCAS (1959) hevdar såleis at mindre enn 6 mg Cu/kg tørrstoff i bladverket av mange ulike planteslag indikerer koparmangel, men av litteraturoversynet framanfor går det fram at dette truleg er ein noko høg grenseverdi og kanskje spesielt for korn og gras. PIPER (1942) i Australia fann ein grenseverdi for havre på noko over 1 mg/kg, men var merksam på at dette var lågare enn det som var oppgitt frå USA og Europa.

Resultata av forsøk på jord med koparmangel viser at kopar-gjødsling aukar innhaldet mest i blad (NELSON et al. 1956, tabell 1; LUCAS 1948, ADAMS 1949). I knollar, rotvokstrar og stenglar er det mindre skilnader.

Skilnader i koparinnhald i plantene ved mangel og normaltilgang er mindre enn for mange andre næringsemne. Planteanalysar for å fastsetja om det har vori koparmangel eller ikkje, bør difor brukast med varsemnd.

Innhald av kopar i planter ved svært rikelig tilgang er mindre granska. Dei forsøka som er utført med stigande mengder koparsulfat tilført jorda, tyder ikkje på at plantene akkumulerer overskot av kopar i særleg grad. KÜHN (1962) fann såleis fylgjande koparinnhald i planter ved gjødsling med 5 og 20 kg koparsulfat pr. dekar: reddikblad 7,3 og 9,3 mg/kg tørrstoff, grønkålblad 2,3 og 4,3 mg, selleriblad 6,0 og 8,8 mg, selleriknollar 14,2 og 16,5 mg og salat 9,1 og 12,3 mg/kg.

I vasskulturforsøk er det lett å framkalla koparforgifting. Omlag 0,05 mg Cu/l er ofte eit høvande nivå for god vekst, og gjev eit normalt innhald i plantene (jfr. HEWITT 1966). Når det ikkje vert brukt kompleksdannande stoff i næringsoppløysinga, vil 0,5 - 2,0 mg/l føra til sterkt redusert vekst. Kornplanter har likevel ikkje innehalde meir enn 9-11 mg Cu/kg tørrstoff (PIPER 1942, SCHARRER & JUNG 1957), medan innhaldet i erteblomstra planter har vori 20-30 mg Cu/kg (SCHARRER & JUNG 1957, HEWITT 1966, s. 233).

I eit litteraturoversyn hevdar SAUCHELLI (1969) at kepalauk normalt inneheld mindre enn 10 mg Cu/kg tørrstoff. Når innhaldet overstig 30 mg/kg vil plantene visa forgiftingssymptom.

Det er såleis klart at plantene ikkje tek opp store mengder kopar ved forgifting.

Resultat av nokre forsøk med stikklauk har interesse i denne samanhengen (APELAND & BALVOLL 1969). Settelauken vart dyppa i ei løysing som inneheldt 600 mg Cu/l + chelat i 4 timar. Bløytinga såg ut til å skada rotanlegga i einskilde forsøk, men auka ikkje koparinnhaldet i den utvoksne lauken.

I samband med bruk av slam i landbruket er opptaket av kopar i plantene av interesse. I forsøk med slam som inneheldt mykje tungmetall fann Le RICHE (1968) at koparinnhaldet i purre auka frå 6 til 16 mg/kg tørrstoff og i raudbeteknollar frå 10-12 mg til 18 mg. I motsetnad til det som vart funni for andre tungmetall, kunne det ikkje påvisast noko auka opptak i etterfylgjande år.

## KOPARMANGEL

### Artskilnader

Det er lite klarlagt kor utsette dei ulike planteslaga er for koparmangel. Dei mest omfattande granskingane er utførte på moldjord ("muck") i USA. Resultata derfrå kan vera noko misvisande for våre forhold, men har likevel stor verdi. I tabell 3 er det difor sett opp ei gruppering av ulike planteslag etter granskingar i Michigan (HARMER 1941).

Tabell 3. Krav til kopargjødsling (DAVIS & LICAS 1959)

Høgt	Middels	Lågt
Gulrot	Bygg	Asperge
Salat	Brokkoli	Bønner
Havre	Kvitkål	Ert
Kepalauk	Blomkål	Potet
Spinat	Stilkselleri	Soyabønne
Rødbete	Kløver	
Kveite	Agurk	
	Mais	
	Gras	
	Persille	
	Reddik	
	Sukkerbete	

NELSON et al. 1956 fann eitt år fylgjande rekkjefylgje med omsyn til krav til kopargjødsling: kveite > bygg > havre > mais > gulrot > raudbete > kepalauk > spinat > alfagras > kvitkål. Eit lågare Cu-krav hadde soyabønne, raudkløver, skolmbønne, potet og tomat. I eit anna år var rekkjefylgja: havre > raudbete > gulrot > potet > kepalauk > sukkermais.

ADAMS (1949) nemner kepalauk, raudbete og salat som mer utsette enn gulrot, kålrot og potet, og LUCAS (1946) hevdar at spinat er meir utsett enn kepalauk.

ØDELIEN & SORTEBERG (1962) meiner at koparmangel gjer særleg skade på havre, bygg og kveite, og sjeldan på rug og potet. Raudkløver og alsikekløver er meir utsett enn kvitkløver. På grunnlag av norske forsøk omtalar dei også koparmangel på kålrot, nepe, gulrot og timotei.



I eit upublisert karforsøk med jord frå øya Vegra på Møre-kysten vart det påvist koparmangel i spinat (BALVOLL 1964).

Dette oversynet viser at det er litt ulike meiningar om kor utsette planteslaga er for koparmangel, men av grønsakvekstane er det stor semje om at salat, spinat, raubete, gulrot og kepalauk er nokså sterkt utsette.

### Symptom

Påvising av koparmangel i grønsaker er vanskeleg. Som regel blir det ikkje sikre symptom.

Dei skadene koparmangel fører til, kan vi dela inn slik:

1. Bladskader og visning
2. Redusert avling
3. Dårleg farge i salat, spinat, kepalauk og i gulrot.
4. Redusert karotin- og sukkerinnhald og nedsett smaks kvalitet.
5. Redusert frøsetnad.

Til vanleg vil bladskader visa seg sterkast på unge plantedelar. Blada blir lyse og har lett for å bli nekrotiske frå bladkantane, men sterk nekrose kjem først ved sterk mangel. Ved koparmangel har planter og plantedelar lett for å visna og har ofte nedsett saftspenning (PIPER 1940, HARMER 1946, HEWITT & JONES 1950, NELSON et al. 1956, DAVIS & LUCAS 1959, SAUCHELLI 1969).

Koparmangel fører ofte til sterkt nedsett vekst utan andre kjenneteikn enn dei som er vanleg ved misvekst. I forsøk på myrjord på Smøla fekk SORTEBERG (1961) fullstendig mislukka avling av gulrot ved koparmangel utan at det kunne påvisast spesielle symptom.

Fargeendring av bladverket er vanleg ved koparmangel, men kan vera vanskeleg å påvisa dersom ein ikkje har normale planter å samanlikna med. Blada blir grå-grøne, blå-grøne eller lys-grøne alt etter planteslaget (HARMER 1946, DAVIS & LUCAS 1959, SAUCHELLI 1959). Gulrot- og laukblad får gjerne ein lysare farge enn vanleg, raubete og spinat får ein grå-grøn farge.

Ved sterk mangel blir blada gjerne klorotiske mellom nervene (PIPER 1940, HEWITT & JONES 1950, 1952; ØDELIEN & SORTEBERG 1962).

KNOTT (1933, 1934) og HARMER (1946) fann at ved koparmangel vart skjella på kepalauk tynne og dårleg farga. Andre granskingar har også vist at kepalauk får ein dårleg farge ved koparmangel, men når det ikkje er direkte mangel, kan ein ikkje rekna med at kopar-

gjødsling vil betra skalkvaliteten (APELAND & BALVOLL 1969).

Årsaka til fargeendring av blada ved koparmangel kan vera ein reduksjon i klorofyll og/eller karotininnhald. LUCAS (1948) fann i forsøk med spinat og kveiteplanter ein reduksjon i karotininnhaldet, men skilnaden var liten i einiskilde forsøk.

Resultata av eit forsøk med gulrot i veksthus er vist i tabell 4. Både avling og karotininnhald har auka sterkt ved kopargjødsling. Vi veit at karotininnhaldet i gulrot er avhengig av storleien. Ei maksimum blir nådd for middels stor rot. Ut frå dette er det ikkje sikkert at innverknaden av kopargjødsling har vori særleg stor.

Tabell 4. Verknad av koparsulfat på avling og karotin-innhald i gulrot (LUCAS 1948).

	1. hausting		2. hausting		3. hausting	
	Avling g	Karotin mg/100g	Avling g	Karotin mg/100g	Avling g	Karotin mg/100g
Kontroll	24	2,16	104	4,30	126	5,06
11 kg CuSO <sub>4</sub> /daa	110	3,50	432	6,08	590	5,96

Eir redusert karotininnhald vil gje dårlegare farge på gulrota. I samsvar med dette observerte COMIN (1944) og HARMER (1946) dårleg farga gulrot ved koparmangel.

LUCAS (1948) granska ascorbinsyreinnhaldet i ulike planteslag. Resultata var lite einstydelege. I einiskilde forsøk fann han eit sterkt redusert innhald ved koparmangel, i andre var det ingen skilnad.

Det er påvist at koparmangel kan føra til eit redusert sukkerinnhald i gulrot, raubete og sukkerbete (HARMER 1941, 1946). Eit nedsett sukkerinnhald vil påvirka smakskvaliteten i uheldig retning, men også innhaldet av andre smaksemne kan kanskje bli påverka ved koparmangel. HARMER (1941) hevda såleis at kokte grønsaker frå jord utan kopargjødsling var smakause samanlikna med den rike aromaen av grønsaker som ikkje lei av koparmangel.

LUCAS (1948) fann at innhaldet av protein i dei planteslaga han granska, auka ved koparmangel. I prosent av normalt proteininnhald var auken mellom 4 og 33 prosent og i middel ca. 16 prosent.

I kornvekster er det påvist at svak koparmangel ikkje treng

påverka vegetativ vekst i negativ retning, men kan føra til ein sterkt nedsett frøsetting (ØDELIEN & SORTEBERG 1962). I sandkultur fekk HEWITT & BOLLE-JONES (1952) framkalla klorose, bladnekrose og visning i bønne og ert og nedsett frøsetting i ert. PIPER (1949) påviste noko toppvisning, men elles normal vekst i ert. Blomstring og frøsetting var sterkt redusert. FORSEE (1952) fann at hagebønne, limabønne og hageert voks omlag som normalt ved koparmangel, men det vart ikkje utvikla frø i skolmane og plantene heldt difor fram med vegetativ vekst i lengre tid enn det som er normalt.

TEAKLE (1942) fann at koparmangel i tomat førte til dårleg fruktsetting.

### KOPARFORGIFTING

Faren for koparforgifting er sterkt avhengig av jordtypen. Jord med eit høgt innhald av organisk materiale kan innehalda meir kopar enn moldfatig sandjord før det blir skadeverknad.

Koparforgifting viser seg ved brune og øydelagde røter og nedsett vekst. I vasskulturforsøk blir rotspissar og rothår sterkt skadde (PIPER 1942). Dessutan kan ein altfor rikeleg kopartilgang framkalla jarmangel-klorose.

Koparforgifting kan skuldast ei altfor sterk gjødsling med kopar, men kan og ha andre årsaker.

Etter at det gjennom fleire år hadde vori sprøytta med koparsulfat mot soppsjukdomar på eit stilksellerifelt, påviste WESTGATE (1953) koparforgifting på fleire vokstrar. Selleri viste seg å vera meir tolerant enn mais. Bønne, graskar, kvitkål, blomkål og bete vart alle sterkt skadde.

Kloakkslam kan innehalda store mengder kopar. I England er det utført forsøk med slikt slam til raudbete og stilkselleri. For to ulike forsøksledd vart det i 1968 tilført 5000 kg tørrstoff pr. dekar med 20 kg Cu og 40 kg Cu pr. dekar. Ved dyrking i 1970 vart det berre 30 prosent avling der det mest koparhaldige slamet vart brukt samanlikna med kontroll-leddet. I 1971 kunne det ikkje påvisast skadelig etterverknad i raudbete og selleri, men i 1972 vart det ein sterk reduksjon av avlinga i raudbete for største mengde kopar, men ikkje i selleri. (ANNONYMUS 1973)

Koparsulfat er eit aktuelt middel mot algevekst i vatningsbasseng. Tilrådd mengde er ca. 200 g til 10 kubikkmeter vatn. Ved

vatning med 200 mm pr. år vil dette, dersom vatningsvatnet stadig vert tilført denne koparmengda, gje 1 kg Cu/daa/år. Ein må kunna gå ut frå at denne mengda vanlegvis er akseptabel gjennom fleire år, men spesielt på skarp sandjord, der vatningskravet er stort og faren for koparforgifting særleg stor, bør ein bruka koparsulfat i vatningsbassenga med varsemd.

#### JORD OG KLIMATILHØVE

I fylgje ØDELIEN & SORTEBERG (1962) førekjem koparmangel helst på sand- og grusjord i naturtilstand og på kvitmosemyr. Men koparmangel er heller ikkje uvanleg i samband med raavsetningane kring Oslofjorden (AASNÆS 1969). Dette er ofte nokså moldrik sandjord med eit stort innhald av finsand.

Det er liten grunn til å tru at koparmangel er vanleg utbreidd i grønsakproduksjonen i Noreg. Bortsett frå forsøk på Vestlandskysten, ser det ikkje ut til å ha vori påvist for grønsaker her i landet.

Av grønsakvokstrane bør ein truleg vera mest merksam på koparmangel i gulrot, som ofte blir dyrka på jord og i områder der koparmangel er vanleg. Ein bør også merka seg at konservertdyrkinga føregår i områder med koparmangel og i veksling med korn.

ØDELIEN & SORTEBERG (1962) hevdar at koparmangel blir fremja av at jorda er laus etter arbeidning om våren.

HARMER (1941) fann at det vart størst utslag for kopargjødsling i tørre, varme somrar.

#### GJØDSLING

Ved sterk mangel tilrår ØDELIEN & SORTEBERG (1962) 1,25 kg Cu/dekar.

For myrjord i Michigan tilrådde LUCAS & DAVIS (1959) 0,5 kg Cu/dekar for vekster med relativt lågt krav til kopargjødsling og 1 kg for dei med høgt krav. For same området tilrådde HARMER (1941) for spinat og salat ei førstehandsgjødsling på myrjord med koparmangel på 5 kg Cu/daa. Gjødsla burde nedpløyast. Seinare var det nok med ca. 0,6 kg Cu/daa årleg. Han hevda at ei totalmengde, tilført over fleire år, på 6-8 kg Cu/daa ville dekkja koparkravet i svært mange år framover.

For Florida hevda FORSEE (1952) at 0,6 kg Cu/daa som kopar-

sulfat, breidgjødsla og nedharva 6 veker før såing når det er god råme i jorda, vil gje eit godt resultat. Når det skulle gjødslast rett før såing, burde det brukast 2,5 kg Cu pr. dekar for å oppnå same verknad.

Desse oppgåvene gjeld for jord med sterk mangel. I dei fleste høve er det neppe turvande eller tilrådeleg å bruka så store mengder.

Det er påvist at ved svak koparmangel skal det ofte små koparmengder til, og ved nokså regelmessig tilføring kan det greia seg med svært små mengder.

Regelmessig tilføring av små koparmengder får ein lettast til ved å bruka koparhaldige fullgjødselslag. Men det er her grunn til å nemna at koparmangel neppe er vanleg utbreidd på jord som vert brukt til intensiv planteproduksjon i Noreg. Det er såleis ikkje grunnlag for at koparhaldige fullgjødselslag skal bli tekne i vanleg bruk i grønsakproduksjonen i Noreg.

Ved einsidig kopargjødsling er det koparsulfat som er det mest aktuelle gjødselslaget hjå oss. Koparsulfat inneheld ca. 25% Cu. Som regel er det mest praktisk å strø ut koparsulfaten ved å blanda han med sand eller handelsgjødsel (ØDELIEN og SORTEBERG 1962).

Koparsulfat kan også brukast som bladgjødsel. I kornåker har det vori tilrådd 0,7-1 kg koparsulfat i 80-100 l vatn pr. dekar. For dei fleste grønsakvekster er det neppe tilrådeleg å bruka så store mengder. DAVIS & LUCAS (1959) tilrådde her 0,1-0,3 kg koparsulfat pr. dekar ved bladsprøyting.

For dyrkarar som har vatningsbasseng er det aktuelt å tilføra koparsulfat for å hindra algevekst, slik det er nemnt under koparforgifting. Dette vil samstundes vera kopargjødsling for dei areala som vert vatna. Ein må her vera merksam på at koparsulfat er svært giftig for fisk, slik at det ikkje bør brukast i basseng med avrenning til vassdrag.

I dyrkingstorv er det turvande å tilføra kopar. ROLL-HANSEN (1970) tilrår her 6-7 g Cu/m<sup>3</sup> torv som skulle tilsvare 1,25 kg Cu pr. dekar. I eit oppdelingsforsøk med tomat fann ROLL-HANSEN (1969) at 6-7 g Cu pr. kubikkmeter torv, tilført i ei mikronæringsblanding, førte til at plantene inneheldt ca. 14 mg Cu/kg tørrstoff. I for-

søket vart mikronæringsblanding samanlikna med "Fritted trace Elements", FTE nr. 36, som inneheld 2% Cu. Kopar såg ut til å vera like tilgjengeleg i "Fritt" som i koparsulfat i blandinga. Med 4 g Cu pr. m<sup>3</sup> som "Fritt" inneheldt plantene 9-11 mg Cu pr. kg tørrstoff, med 8 g 11-14 mg Cu/kg og med 16 g Cu pr. kubikk-meter 15,3 mg Cu pr. kg tørrstoff.

LITTERATUR

- Adams, A.F.S. 1949. Copper deficiency of onions grown on peat. New Zealand J. Sci. Tech. 30 A : 105-109.
- Annonymus, 1973. Metal contaminated studge can improve crops yields, EHS's find. Grower 79 (22) : 1266-1267
- Apeland, J.; Balvoll, G. 1969. Faktorar som verkar på skalkvaliteten hjå kepalauk. Gartneryrket 59: 556-564.
- Balvoll, G. 1964. Karforsøk med spinat i jord frå Vigra. Upublisert.
- Bear, F.; Toth, S; Prince, A. 1948. Variation in mineral composition of vegetables. Soil Sci. Soc. Amer. 13: 380-384.
- Comin, D. 1944. Growing carrots on muck soil. Ohio Agr. Exp. St. Bimonthly Bull. 29: 147-153.
- Davis, J.F.; Lucas, R.E. 1959. Organic soils, their formation, distribution, utilization and management. Mich. St. Univ. Special Bull. 425, s. 110-112.
- Foster, W.A. 1952. Some effects of metals in excess on plant grown in soil culture. IV Effects of copper on mineral status of crop plants. Long Ashton Res. St. Ann. Rep. 1951:102-112.
- Harmer, D.M. 1941 The muck soils of Michigan. Their management and uses. Mich. St. Col. Agr. Exp. St., Sp. Bull. 314, s. 42-45.
- Harmer, P.M. 1946. Studies of the effect of copper sulfate applied to organic soil on the yield and quality of several crops. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 10: 284-
- Hewitt, E.J. 1966. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. Common & Agr. Bureaux, England, 547 s.
- Hewitt, E.J.; Jones, E.W. 1950. The effect of zinc and copper deficiencies on crop plants grown in sand culture. Long Ashton Res. St. Ann. Rep. 1950: 56-

- Hewitt, E.J. & Bolle-Jones, E.W. 1952. The effect of zinc and copper deficiencies on crop plants grown in sand culture. Long Ashton Res. St. Ann. Rep. 1951: 58-
- Hopkins, H. & Eisen, J. 1959. Mineral elements in fresh vegetables from different geographic areas. Jour. Agric. Food Chem. 7: 633-638.
- Jungermann, K. 1962. Beitrage zur Mikronährstoff-Frage. III Die Spurenelementversorgung von Planze, Tier und Mensch. Z Landw. Forsch. Sonderh. 16: 93-111.
- Knott, J.E. 1933. The effect of certain mineral elements on the color and thickness of onion scales. Cornell Univ. Agric. Exp. St. Bull. 552.
- Knott, J.E. 1934. The effect of certain salts on the growth of onion. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 31: 561-563.
- Kühn, H. 1962. Möglichkeit der Mikronährstoffanreicherung in Gemüsepflanzen durch Düngung. Die Spurenelementversorgung von Pflanzen, Tier und Mensch. Z. Landw. Forsch. Sonderh. 16: 112-121.
- Lucas, R.E. 1946. The effect of the addition of sulfates of copper, zinc and manganese on the absorption of these elements by plants grown on organic soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 10: 269-273.
- Lucas, R.E. 1948. Effect of copper fertilization on carotene, ascorbic acid, protein, and copper contents of plant grown on organic soils. Soil Sci. 65: 461-469.
- Mulder, E.G. 1949. Plant Soil 2: 59-121. (Etter Sauchelli 1969)
- Nelson, L.G.; Berger, K.G.; Andries, H.J. 1956. Copper requirements and deficiency symptoms of a number of field and vegetable crops. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 20: 69-72.
- Page, E.R. 1966. The micronutrient content of young vegetable plants as affected by farm yard manure. J. hort. Sci. 41: 257-261.



- Piper, C.S. 1940. The symptoms and diagnosis of minor-element deficiencies in agricultural and horticultural crops. II Copper, zinc, molybdenum. *Empire J. Exp. Agr.* 8: 199-206.
- Piper, C.S. 1942. Investigation on copper deficiency in plants. *J. Agric. Sci.* 32: 143-178.
- Le Riche, H.H. 1968. Metal contamination of soil in the Woburn marketgarden experiment resulting from the application of sewage sludge. *Jour. agric. Sci.* 71: 205-208.
- Roll-Hansen, J. 1969. Tiltrekningsforsøk med tomat på Statens forsøksgard Kvithamar. (Unpubl. resultat)
- Roll-Hansen, J. 1969. Jord eller torv i veksthusene. *Medd. norske myrsel. nr. 1, 1970. Særtrykk, 11 s.*
- Sauchelli, V. 1969. Trace elements in agriculture. van Nostrand Reinhold Comp., 248 s.
- Scharrer, K.; Jung, J. 1957. Zur Bemessung der Mikronährstoffgaben in Wasserkulturversuchen mit Mais und Ackerbohnen. *Z. Landw. Forch.* 10: 3-
- Sorteberg, A. 1961. Kar- og markforsøk med kopper og jern. *Forsk. Fors. Landbr.* 12: 81-139.
- Teakle, L.J. 1942. Copper deficient soils in Western Australia. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 8: 70-72.
- Westgate, P. 1953. Preliminary report on copper toxicity and iron chlorosis in old vegetable fields. *Proc. Fla. St. Hort. Soc.* 1952: 143-146.
- Ødelien, M.; Sorteberg, A. 1962. Mikronæringsstoffer, magnesium og svovel i jordbruk og hagebruket. *Kalikonkoret A/S, 28 s.*
- Aasnæs, O.B. 1966. Koppermangel, et fenomen som brer seg? *Jord og avling* 9 (2): 12-13.