

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
SUONTUTKIMUSOSASTON TIEDONANTOJA 3 /1980

Mäntylajeilla suoritettuja Cu- ja B-kokeita.
Kirjallisuuskatsaus ulkomaisista tutkimuksista.

Heikki Veijalainen

Helsinki 1980

SISÄLLYSLUETTELO

Sivu

MÄNTYJEN BOORI- JA KUPARILANNOITUSTULOKSIA	1
Johdanto	1
BOORIKOKEITA	3
KUPARIKOKEITA	9
PÄÄTELMIÄ	13
Boori	13
Kupari	14
KIRJALLISUUTTA	

ALKUSANAT

Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastolla vuonna 1976 aloitetun kasvuhäiriöprojektin keräämä kirjallisuusaineisto on kertaalleen esitelty Kimmo Kolarin toimesta. Hän paneutui lähinnä hivenravinnepuutosten symptomatiikkaan kaikilla puulajeilla. Klaus Silfverbergin kuusen kasvuhäiriötä käsittelevä julkaisu, samoin kuin Hannu Raition koivutyö antanevat riittävät lähdetiedot ko. puulajien ulkomaisista tutkimuksista.

Koska mänty on kiinnostuksemme pääkohde, olen laatinut oheisen yhteenvedon eri mäntylajien hivenlannoitustuloksista, joihin aiemmin on kiinnitetty niukanlaisesti huomiota.

Toivon työstäni olevan apua projektin eri osa-alueilla johdopäätöksiä muista tutkimuksista tehtäessä.

Helsingissä 9.10.1980

Heikki Veijalainen
projektin vetäjä

MÄNTYJEN BOORI- JA KUPARILANNOITUSTULOKSIA

Johdanto

Hivenravinteiden puutostilat aiheuttavat männyillä usein selvästi havaittavia, mutta harvoin varmasti tunnistettavia puutosoireita, kuten KOLARI (1979) kirjallisuuskatsauksessaan osoittaa. Periaatteessa hivenravinteen samoin kuin muidenkin ravinteiden puute on todettavissa paitsi puutosoireiden, myös kemiallisen kasvi- ja maa-analyysin perusteella.

Lopullinen varmuus saadaan kuitenkin vasta silloin, kun toistetuissa (ajallisesti ja alueellisesti) lannoituskokeissa saadaan mitattavissa olevia positiivisia muutoksia ilman haitallisia sivuvaikutuksia. Luonnossa esiintyvän suuren hajonnan vuoksi tulosten tulisi olla myös tilastollisesti merkitseviä tai kauttaaltaan niin selvästi positiivisia, ettei jää epäilystä tuloksen luotettavuudesta. Usein merkiksi jonkin ravinteen puutosoireita poistavasta vaikutuksesta hyväksytään vain yhdellä ravinnetta sisältävällä kemiallisella yhdisteellä suoritettu koe, ja tämän jälkeen päätellään, että puutetta oli yksinomaan käytetystä ravinteesta. Täten esim. soilla yleisen fosforinpuutteen todistamiseen riittäisi, mikäli puutosoireet poistuisivat hienofosfaatilla. Hienofosfaatti kuitenkin sisältää useita, ehkä kymmeniä alkuaineita, mm. kalsiumia noin 30 %. Mukana on myös hivenaineita. Täten suuri osa "fosforin vaikutuksista" saattaakin olla muiden alkuaineiden aiheuttamia. Asialle on kyllä muitakin selityksiä, koska useimpien alkuaineiden fysiologinen vaikutus on voimakkaasti riippuvainen siitä, millaisena yhdisteenä ne kasveille annetaan. Hyvä esimerkki on boori. Osa booriyhdisteistä on voimakkaasti myrkyllisiä ja helppoliukoisia, osa taas lähes timanttimaisten inaktiivisia vastaavilta ominaisuuksiltaan (mm. KLIEGEL 1980). Samoin kuparin, sinkin, mangaanin ja raudan fysiologinen vaikutus on erittäin voimakkaasti riippuvainen kemiallisten sidosten voimakkuudesta. Mangaani esiintyessään pelkistyneessä muodossaan on erittäin

helppoliukoinen, ja täten kasvien helposti saatavissa. Hapettuneena mangaani muodostaa sensijaan vaikeasti saatavissa olevia yhdisteitä. Toisin sanoen ravinteiden kemiallinen rakenne on epäpuhtauksien ohella varteenotettava seikka arvioitaessa kokeita, joissa ravinnepitoisuuksia on yritetty lannoituksin parantaa.

Kolmas huomionarvoinen näkökohta on se maaperä, johon ravinnetta käytetään. Riippuen maaperän kemiallisista ja fysikaalisista ominaisuuksista ne joko sitovat tai vapauttavat ravinteita kasvien käyttöön. Se mikä on totta Keski-Euroopan kalkkipitoisilla mailla ei useinkaan päde suomalaisilla metsäojitusalueilla. Tästä samasta syystä laboratorio-oloissa tai taimitarhoissa suoritettut kokeet eivät ole suoraan "maastokelpoisia".

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella lähinnä ulkomailla suoritettujen mäntyjen (*Pinus sp.*) hivenlannoituskokeiden tuloksia ja pyrkiä näin selvittämään:

- 1) Millaisilla hivenravinyhdisteillä on mahdollisuus parantaa mäntyjen kasvua tai elinvoimaa?
- 2) Millaisina määrinä hivenlannoitteet ovat olleet tehokkaita?
- 3) Millä tavoin hivenravinteet on männyille annettu?
- 4) Kuinka nopeasti reaktiot ovat mitattavissa (reaktio-aika) ?
- 5) Kuinka pitkäaikainen on yhden lannoituskerran vaikutus?
- 6) Kuinka luotettavia tutkimustulokset ovat?
- 7) Missä määrin tuloksien voidaan arvioida olevan käyttökelpoisia myös Suomessa, erityisesti metsäojitusalueilla?

BOORIKOKEITA

SHCHERBAKOV, A.P. 1956. (Effect of trace elements on the growth and chemical composition of tree seedlings and saplings.) Mikroelem. cel. Khoz. Medits. 1955:443-454.

Boori yksin, BP ja BNPK lisäsivät männyn taimien kokonaispainoa 22 %:iin asti. BPK:n vaikutus oli vähäinen.

STONE, E.L. & BAIRD, G. 1956. Boron level and boron toxicity in red and white pine. J. For. 54:11-12.

Happamilla hiekkamailla neulasten B-pitoisuus lisääntyi lähes lineaarisesti, kun B-annostusta lisättiin 56 kg/ha asti booraksina. Neulashäiriöitä esiintyi jo tasolla 11,2 kg/ha. 45 kg/ha -annoksella ilmenneet häiriöt vähenivät vuosittain. *P. silvestris* osoitti heikoimpia oireita samalla alueella.

STONE, E.L. & WILL, G.M. 1965. Boron Deficiency in *Pinus radiata* and *P. pinaster*. Forest Science 11(4):425-433.

Latvakadot tässä Uudessa Seelannissa suoritettussa tutkimuksessa esiintyivät vahvasti happamilla, ravinneköyhillä, syvään rapautuneilla ja eroosion vaivaamilla alueilla. Kasvuhäiriö on erinomaisesti kuvattu, mutta ne kaksi lausetta, jotka kertovat maahan annetulla booraksilla saadusta hyvästä tuloksesta, viittaavat kahteen yhdestä ja samasta puusta kahden vuoden välein otettuun kuvaan. Muutos on valtava, mutta onko se todella tulos vain boorilannoituksesta, jää lukijalle epäselväksi. Samassa yhteydessä paljastuu, että VAIL et al. (1961) (ks. s. 7) onkin ottanut kontrollipuiksi terveitä puita. Jos ne ovat kokeen ulkopuolelta, on VAIL et al:nkin tulos mitätön, koska kokeen sisällä oli käytetty voimakkaita pääravinnelannoituksia. Boorilannoituksen vaikutuksesta ei siis vielä ole yhtään pitävää näyttöä.

Toisessa kokeessa, jossa kasvuhäiriö-% oli 70 neljä vuotta istutuksen jälkeen ja osa puista oli kuollut, käytettiin superfosfaatin, ammoniumfosfaatin ja booraksin (2,8 g/taimi) sekoitusta lannoitteena. Kasvutulokset olivat seuraavat (cm):

Vuosi	Lannoitus	Ei lannoitusta
1963	53	23
1964	41	10
1965	79	30

Kasvuhäiriöitä alkoi kuitenkin pian ilmaantua myös lannoitetuihin puihin. Uusi booraksi-lannoitus, tällä kerralla 1,8 kg/ha hajalevityksenä, poisti kasvuhäiriöt. Tämä koe oli graniittiperäiseltä kivennäismaalta, missä voitiin todeta boorin olevan kasvua ja muiden ravinteiden vaikutusta säätelevä minimitekijä. Toistetuissa kokeissa boori osoittautui aina kasvuhäiriötä poistavaksi ravinteeksi, mutta ei yksin annettuna lisännyt kasvua normaalille tasolle.

Tutkimuksessa on lisäksi taulukoita istutuskuoppaan annetun boorin taimikuolleisuutta lisäävästä vaikutuksesta. Yleensä jo 2,8 g/taimi aiheutti noin 50 %:n taimikuolleisuuden olipa boorin lähde booraksi, booraksilasi, natriumboraatti, kolemaniitti tai boorifritti. Kun boorilannoitteen määrä kohosi 10-30 g/taimi, kuolleisuus läheni 100 prosenttia. Mainittakoon, että boorimäärä 2,8 g/taimi on nykykäsityksen mukaan jo 280-kertainen yliannos!

HAVERRAEN, O. 1966. Boron too is an essential trace element for Norway Spruce and Scots Pine. Norsk Skogbr. 12 (22):788-805.

Astiakokeessa todetut selvät boorinpuutosoireet hävisivät kuukaudessa, kun maahan annettiin booraksia 10 kg/ha vesiliukoisena. Lisätuloksia luvattiin, mutta niitä ei ole löytynyt.

APPLETON, E.J. & SLOW, L.J. 1966. Nutritional disorders and fertilizer trial in *Pinus radiata* stands in Waimea County, Nelson. N.Z.J. For. 11(2):185-201.

Uudessa Seelannissa todettujen kasvuhäiriöiden parantamiseksi kokeiltu sinkkiruiskutus ei parantanut puita. Kokeet kuparilla ja fosforilla olivat tuloksettomia. Typpi- ja boorilannoitus antoi positiivisen tuloksen (WILL et al 1963).

Uusissa kokeissa todettiin magnesiumilla ja typellä päästävän hyvään tulokseen, mutta osa puista oli edelleen kasvuhäiriön vaivaamia.

Booraksia annettiin vaikeasti kasvuhäiriöisille puille joko maahan 122 kg/ha tai ruiskuttamalla 37 kg/ha sekoitettuna 546 litraan vettä. Molemmissa tapauksissa lannoitus esti kasvuhäiriön kehittymisen jatkossa. Lannoituksen jälkeisinä neljänä vuotena pituuskasvu oli booria saaneilla puilla noin 82 cm/v, ja niissä näkyi edelleen ajoittain kasvuhäiriöoireita.

Kirjoittaja piti kuitenkin booria saaneidenkin puiden kasvua epätydyttävänä.

PROCTER, J. 1967. A nutritional disorder of pine. Commonwealth For. Rev. 46:145-154.

Sw-Tansanian vuoristossa tunnetuilla kuudella kasvuhäiriöalueella tehdyt kokeet (26 kpl) osoittivat, että boorilannoitus melkein aina vähensi kasvuhäiriötä ja paransi kasvua. Yhtään mittaustulosta ei kuitenkaan esitetä. Booraksi oli tehokkainta ruiskutettuna tai sekoitettuna maahan, jolla sitten täytettiin istutuskuoppa. Normaalisti maan pintaan levitettyinä tarvittiin booria suuret määrät. Lisäksi todettiin, että boori oli tehokkainta, kun se annettiin ennen sadekauden alkua istutuksen yhteydessä (1,4 g/taimi) ja sama annos toistettiin vuoden kuluttua.

SNOWDON, P. 1971. Observations on boron deficiency in *Pinus radiata*. Austr. Forest. Tree Nutrition Conf. Sept. 1971.

Kasvuhäiriöalueelta tuotuja maanäytteitä tutkittiin kasvihuoneessa käyttäen koekasvina mm. *Pinus radiatan* taimia. Boorin poisjättäminen täysravinnelannoituksesta ei vähentänyt pituuskasvua, mutta aiheutti 9 kk lannoituksen jälkeen kasvuhäiriöitä 26,5 - 42,2 %:ssa taimista. Vastaava osuus booria saaneiden joukossa oli 0-3 %. Saadun tuloksen tilastollista testausta ei teksti kommentoi.

Vastaavalla tavalla testattiin 20 erilaista kivennäismaanäytettä, joista osa oli kasvuhäiriöalueilta osa terveiltä kasvupaikoilta. Lannoitus ilman booria tuotti 8 kuukaudessa voimakkaat "boorinpuutosoireet" 5:llä maanäytteellä. Kasvuvaikutuksista ei ole mainintaa, ei myöskään siitä, kokeiltiin ko saatujen puutosoireiden parantamista boorilannoituksella.

WILL, G.M. 1971. The occurrence and treatment of boron deficiency in New Zealand Pine forests. Res. Leaflet. For. Inst. N.Z. For. Serv. 32.

Ei esitetä tutkimustuloksia ollenkaan, vaan yleisiä käsityksiä, joiden joukossa esiintyy tutkijan (KNIGHT) teoria, että kyseessä ei ole boorin puutos. Väite perustui laajoihin maaja neulasanalyysitutkimuksiin. Boorin puutteeksi oletettu latvakato ei parantunut läheskään aina boorilannoituksilla, joita oli tehty ilmeisen runsaasti.

WINDSOR, G.J. & KELLY, J. 1971. The effect of fertilization on shoot dieback and foliar boron and sulphur concentrations in several clones of *Pinus radiata*. Austr. Forest Tree Nutrition Conf. Sept. 1971:241-257.

Siemenpuuklooneissa havaitut alhaiset B-arvot aiheutuivat todennäköisesti voimakkaan makrolannoituksen aiheuttamasta ohentumisilmiöstä. Häiriön kuvaus osoitti mukana olleen sienitauteja tms.

Boorifritit tai boronoitu superfosfaatti eivät parantaneet puuston kasvua, kuntoa eivätkä lisänneet käpyjen määrää. Kokeissa sattui lisäksi virheitä.

VAIL, J.W., PARRY, M.S. & CALTON, W.E. 1961. Boron deficiency dieback in pines. Plant and Soil XIV no 4:393-398.

Latvakatoja esiintyi vuoristossa, Tanganjikassa. Esitettyjen neulasanalyysien perusteella kysessä ei ollut boorin puute, vaan kosteiden paikkojen Fe- ja Mn-ongelmat ja toisaalla pelkät pääravinteiden puutostilat ja todennäköisesti sinkin puute. Booraksi + Zn-liuoksen ruiskutus poisti oireet, mutta puusto parani myös kokeen ulkopuolella.

Toisessa ruiskutuskokeessa 3 kuukauden välein kahdesti toistettu booraksilannoitus (0,5 %) antoi tilastollisesti merkitsevän pituuskasvun lisäyksen ja latvakatojen häviämisen maaliskuun - lokakuun välisenä aikana. Koe oli suhteellisen pieni, ja havaintojakso lyhyt. Tulos on osoitus alueella esiintyneestä boorin puutteesta.

Tutkitulla alueella vallitsi selvä kalin ja fosforin puute sekä boorin puute 2-4-vuotisessa taimistossa.

Kolmannessa kokeessa hivenravinteet annettiin maahan, jolloin laikkulannoitus (booraksia 2,8 g/10-vuotias taimi) tuotti 1,5 vuodessa merkitsevän kasvun lisäyksen Pinus patula- ja P. radiata -lajeilla. Alueella boorin puutos on todettu lisäksi neljällä muulla kasvilla. Pahimmat puutosalueet olivat vanhalla, ilmeisesti huuhtoutuneella ja rapautuneella vulkaanista alkuperää olevalla alueella, joten tulos soveltuu erinomaisen huonosti Suomen oloihin. Alueella otettiin käytännön menetelmäksi antaa booraksia sadekauden lopulla 17 kg/ha, mutta tuloksista ei ole myöhemmin kuulunut mitään. Lisäksi artikkelin liiallisen lyhentämisen vuoksi jäi epäselväksi suoritettujen kokeiden ja tehtyjen neulasanalyysien välinen yhteys. Huomattavaa on, että positiiviset vaikutukset näkyivät erittäin nopeasti käsittelyn jälkeen.

SNOWDON, P. 1973. Problems in the diagnosis of boron deficiency in *Pinus radiata*. FAO/IUFRO Int. Symp. Forest Fertilization 3-7.12.1973. Paris 1-5.

Raportti sisältää eräitä tuloksia astiakokeista, jotka antavat lisävalaistusta boorinpuutteen analysoimisen vaikeuteen alle 15-senttisillä *Pinus radiatan* taimilla. Maastokokeiden tuloksia ei ole esitetty.

BRAEKKE, F.H. 1979. Boron deficiency in forest plantations on peatland in Norway. Medd. Norsk Inst. Skogsforsk. 35.3.

Boorina käytettiin booraksia, mutta se annettiin aina yhdessä kuparin kanssa. Boorimäärät olivat pieniä 0,12 - 1,22 kg/ha. Pohjalannoite "AST" sisälsi booria 0,02 %, joten kokeessa oli kysymys lisäboorin antamisesta. Kokeet suoritettiin ojitetuilla soilla, mutta tuloksista tehtiin liian pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Kokeet olivat lisäksi kestoltaan noin 1-2-vuotisia. CuB-lisäyksellä saatiin tässä ajassa merkitsevä kasvun lisäys, mutta puulaji voi olla joku muu kuin mänty (ei mainita). Tutkimus ei ole käyttökelpoinen boorinpuutoshypoteesin todistamiseen.

KUPARIKOKKEITA

RADEMACHER, B. 1940. Kupfermangelerscheinungen bei Forstgewächsen auf Heideböden. Mitt. Forstwirtschaft und Forstwissenschaft. Heft 4:335-344.

Tutkijalla oli käytettävissään vuonna 1936 tehty kartta kuparinpuutosalueista Pohjois-Saksassa ja Itämeren alueelta. (Kuparinpuutos näkyy selvästi viljalajeilla jyvättömyytenä).

Männyn taimilla tehdyissä kuparisulfaattikokeissa (200 kg/ha eli 0,75 g/astia) todettiin kuparia vaille jääneiden kasvien olevan väriltään epäterveitä, osa niistä kuoli ja lopuissa neulaset muuttuivat ruskeanpunaisiksi. Myöhemmin "kuparinpuutos" johti kasvun pysähtymiseen ja "tupsukasvaimiin" harvoissa jäljellä olevissa taimissa. Kuparia saaneet taimet olivat hyväkuntoisia. Kasvualustana käytettiin kauralla kuparinpuutosmaaksi todettua maata, johon oli sekoitettu jonkin verran "ravinneköyhää" hiekkaa. Sama koe toistettiin kylvämällä männyn siemenet. Tulos oli sama kuin edellä. Maastossa suoritettu koe (100 g CuSO_4 /puu) ei tuottanut mainittavia tuloksia kahdessa vuodessa.

KANWAR, J.S. 1959. Mineral nutrition of *Pinus radiata*. Indian For. 85:237-240.

Ammoniumsulfaatti alensi suurina määrinä hiekka-savimaan pH:ta ja aiheutti neulasten värivikoja, jotka poistuivat Cr + V + Ni + Co + Cu + Mn + Zn + Mo -käsittelyllä. Alkup. ei nähty.

VSEVOLOZHKAYA, G.K. 1959. Experiments on the use of trace elements for tree seedlings. Primen. Mikroelem. sel. Khoz. Medits. Baku, 1958:471-479.

Zn, Cu, B tai Mn annettuna mm. *Pinus silvestris* -taimille lisä-

sivät juurten ja rungon kasvua ja yhteyttävää pinta-alaa. Paras tulos saatiin kun hivenlannoitteet annettiin yhdessä kalkin ja NPK:n kanssa (?). Alkup. ei nähty.

AGNISTIKOVA, V.N. & SHCERBAKOV, A.P. 1960. Effect of trace elements on seedlings of pine, elm, honeysuckle, and on carbohydrate storage. Soobshsh. Lab. Lesoved. Akad. Nauk. 2:114-128.

Karuilla hiekka-savimailla todettiin positiivinen Cu-vaikutus männyn taimilla. 15 kg H_3BO_3 /ha (?) heikensi männyn kasvua. Alkuperäistä ei nähty.

HALL, M.J. 1961. The ^establishment of pines on poor deep sands at Longford, Victoria. Appita, 15(2):68-76.

Esikokeissa $CuSO_4$ ei lisännyt superfosfaatin vaikutusta maasto-olosuhteissa, mutta kasvihuonekokeessa kuparin poisjättäminen heikensi *Pinus radiatan* pituuskasvua, mutta ei biomassan tuotosta, kun kuparin lähteenä käytettiin kuparikloridia n. 8 kg/ha.

RUITER, J.H. 1969. Suspected Copper Deficiency in Radiata Pine. Plant and Soil XXXI (1):197-200.

SE-Australiassa tehty *Pinus radiatan* lannoituskoe osoitti selvät "kuparinpuutosoireet", joita ei voitu täysin poistaa hivenseoksella, joka sisälsi $CuSO_4$ 5 g/puu. Kasvualusta oli huuhtoutunut ravinneköyhä hiekka. Erityisesti urean ja superfosfaatin yhteisvaikutus näytti lisäävän kasvuhäiriöitä (Neulasten Cu oli tällöin 1,0 ppm).

WILL, G.M., GADGIL, R.L. & KNIGHT, P.J. 1971. Copper deficiency Mangawhai Forest. Rep. For. Res. Inst. 1970. N.Z. For. Serv.

Hiekkamaaperällä (Uusi Seelanti) todettu kasvuhäiriö voitiin poistaa CuSO_4 :lla, joka kohotti neulasten Cu-pitoisuuden < 1 ppm \rightarrow n. 3 ppm. Alkuperäistä julkaisua ei ole nähty, joten kriittikkiä ei voi esittää.

LEAR, van, D.H. & SMITH, W.H. 1972. Relationships between macro- and micronutrient nutrition of slash pine on three coastal plain soils. Plant and Soil 36:331-347.

Liiallinen fosforilannoitus aiheutti hivenravinnepuutteita. NPCu- tai NPKMgCuMnZn -lannoitus tuotti parhaan kasvun kasvi-huonekokeissa. Kaikki testaukset tehtiin täysin lannoittamattomaan kontrolliin, joten hivenravinteiden erillisvaikutuksia ei tämä tutkimus paljasta.

WILL, G.M. 1972. Copper deficiency in Radiata pine planted on sands at Mangawhai Forest. N.Z.J. For. Sci. 2(2):217-221.

Neulasanalyysi antoi alle 1 ppm:n Cu-arvoja. Kokeissa käytettiin CuSO_4 28 kg/ha, jota annettiin yksin ja NPK + MgBZn -pohjalle. Kokeen perustamisvuonna ei havaittu paranemista, joten CuSO_4 annosta lisätiin 56 kg/ha. Tällä käsittelyllä oireet hävisivät lähes täysin 16 kk lannoituksen jälkeen. Samasta kokeesta selvisi, että kyseessä ei voinut olla sulfaatti-ionin vaikutus, koska esim. K_2SO_4 ei parantanut oireita ollenkaan. NP-lannoitus vaikutti negatiivisesti. Kuparia sisältänyt täyslannoitus antoi heikomman tuloksen kuin pelkkä kupari.

KNIGHT, P.J. 1975. Copper deficiency in Pinus radiata in a peat soil nursery. N.Z.J. For. Sci. 5(2):209-218.

Turvealustalle perustettu taimitarha Uudessa Seelannissa oli osoittautunut kuparinpuutealueeksi. Neulasten Cu-pitoisuus oli

vain 2 ppm. Turpeessa kuparia oli alle 0,7 ppm. Kuparioksi-
kloridi- ja kuparioksidiruiskutukset ja -lannoitukset muut-
tivat taimet terveeseen näköisiksi kuudessa viikossa . Ruis-
kutettu liuos sisälsi 0,4 % Cu-oksikloridia tai -oksidia
11,2 tai 22,4 kg/ha. Maahan annettiin vain Cu-oksikloridia
10 kg/ha. Eri käsittelyjen väliset erot olivat vähäisiä.

Kasvihuonekokeissa kokeiltiin puutosoiretaimiin kuparioksi-
divalmistetta, joka annettiin vesisuspensionä (40 mg/taimi).
Tulos oli 75 %:ssa +Cu-taimista positiivinen ja 75 %:ssa
-Cu-taimista negatiivinen.

PÄÄTELMIÄ

Boori

Ulkomailla boorin lähteenä on yleisimmin käytetty booraksia^{*)}, jota on annettu (useimmiten Pinus radiatalle) 1,4 - 3,0 g/taimi, 0,12 - 122 kg/ha hajalevityksenä tai 37 kg/ha ruis-kuttamalla. Lannoitusreaktiota mitattiin useimmiten oireiston poistumisena, mikä parhaissa tapauksissa tapahtui muutamassa viikossa tai muutamassa kuukaudessa. Toisinaan parantamista ei tapahtunut ollenkaan. Pituuskasvun mittauksia tutkimuksissa on epäilyttävän vähän. Silloin kun niitä on esitetty, on boorilla saatu kasvunlisäyksiä. Osa kokeista on suoritettu alueilla, joissa ilmeisesti ei ole boorinpuutosta. Yhdestä tutkimuksesta (PROCTER 1967) paljastuu näkemys, ettei annettu suhteellisen suuri kerta-annos booria riitä kuin yhdeksi vuodeksi. Yleensä boorilannoituksen pitkä-aikaisvaikutuksista ei saada selkeätä kuvaa. Joukossa on luotettavasti esitettyjä tuloksia, mutta monet käytetyistä lähteistä eivät ole tieteellisiä tutkimuksia ollenkaan, joskin ilmeisesti perustuvat kyllä aina jonkinlaisiin kasvihuone- tai kenttäkokeisiin. Monet maastokokeista oli suoritettu happamalla, karuilla kasvupaikoilla, joista vain BRAEKKEN tutkimus oli tapahtunut turvemilla. Siinäkin boorin ohella oli annettu kuparia tai boorimäärä oli niin pieni, ettei vaikutusta edes odotettu (?), joten booritutkimuksissa Suomessa joudutaan turvautumaan omaan perustutkimukseen. Lisäsyitä tähän ovat puulajin ja ilmaston erilaisuus. Mm. boorinpuutosoireisto ei ollut täysin yhteneväinen Suomessa kuvatun kasvuhäiriön kanssa.

^{*)} Booraksi, kuten lannoiteboraattikin ovat, kuten useimmat muutkin boorilannoitteet boorihapon Na-suoloja (tetraboraatteja etc.). Booraksin B-sisältö on noin 11 %, kun se lannoiteboraateilla vaihtelee 14-15 %:n välillä.

Kupari

Kuparilannoitteena on yleisimmin käytetty kuparisulfaattia maahan annettuna 28-300 kg/ha, 5-100 g/puu, (harvemmin kuparikloridia 8 kg/ha), kuparioksidikloridia 10 kg/ha maahan, kuparioksidia maahan ja ruiskutuksena 11-22 kg/ha tai 40 mg/taimi. Kuparisulfaatti ei osoittautunut kovinkaan tehokkaaksi, mm. annos 100 g/puu ei poistanut puutosoireita maastossa. Positiivisiakin tuloksia on saatu, esim. kun kuparisulfaattia on annettu kahtena peräkkäisenä vuonna suuria määriä (28 + 56 kg/ha). Muilla kupariyhdisteillä tulos on ollut parempi. Kuparioksidivesisuspensionä 40 g/taimi oli tehokain käsittely kasvihuoneolosuhteissa, mutta myös turvealustalle perustetussa taimitarhassa sekä Cu-oksidi että Cu-oksikloridi osoittautuivat hyviksi. Valitettavasti CuSO_4 -lannoituksia ei raportoitu samalta kasvualustalta.

Onnistuessaan kuparilannoituksenkin vaikutukset näkyvät jo kuudessa viikossa - 16 kuukaudessa. Kuparilannoituksen kestoajasta ei tietoja löytynyt. Suurin osa raportoiduista kuparikokeista oli suoritettu nykykäsityksen mukaan tilastollisesti oikeaoppisesti. Raporttien heikkoutena oli kasvutulosten puuttuminen. Ilmeisesti Pinus radiatalla hivenravinnepuutteiden aiheuttama kasvutappio on niin suuri, ettei pituus- kasvumittauksia ja niiden analysointia ole katsottu tarpeelliseksi.

Suomen turvemaiden metsiä ajatellen läpikäydyistä tutkimuksista selviää yksi asia: Kannattaa kokeilla erilaisia kupariyhdisteitä, vaikka meillä todetut kasvuhäiriöt eivät harvoja poikkeuksia lukuunottamatta muistutakaan ulkomailla kuvattuja oireita. Itse asiassa Suomessa on nyt hyvin samantapainen tilanne kuin Saksassa RADEMACHERIN tutkimuksen aikana (1940). Maatalouspuolella tunnetaan laajoja kuparipuutosalueita, joita hoidetaan CuSO_4 -yliannoksilla. Metsätalouden tutkijat ovat tosin Suomessa tehneet kuparikokeita jo 30 vuotta ilman erityisempää menestystä (poikkeustapaukset ovat koejärjestelyiltään heikkoja).

Sekä boorin että kuparin osalta on suurin osa tutkimustyötä tehty maatalous- ja puutarhatutkimuksen yhteydessä. Esim. kotimaisia selvityksiä on varsin runsaasti saatavilla. Liitän ohkeen myös joukon ulkomaisia lähteitä luettelona, joka on suora kopio FAO:n Soils Bulletin 17:sta (1972) (Trace elements in soils and agriculture), jonka on koostanut M. SILLANPÄÄ.

REFERENCES

1. Abdel Ghani, A.M. Eisengehalt und verfügbares Eisen in  gyptischen B den. 1964 Z. Pfl.ern hr. D ng. Bodenk., 107: 136-145.
2. Agerberg, L.S. Bor- och Kopparhalt i nagra norrlandska akerjordar. III. 1959 W sternorrland. Kungl. Skogs. Lantbr. Akad. Tidskr., 98: 343-351. B, Cu
3. Agulhon, H. Emploi du bore comme engrais catalytique. R.C. Acad. Sci., 1910 Paris, 150: 288-291 (Ref. Stiles 1961).
4. Ahmed, S. and Evans, H.J. Cobalt: A micronutrient element for the growth of 1960 soybean plants under symbiotic conditions. Soil Sci., 90: 205. Co
5. Albrecht, W.A., Gay, L.P. and Jones, G.S. J. Appl. Nutrition 13: 20. 1960 (Ref. Underwood 1962).
6. Alexander, G.V., Nusbaum, R.F. and McDonald, N.S. The boron and lithium content 1951 of human bones. J. Biol. Chem. 192: 489. B, Li
7. Alexander, M. Introduction to microbiology. Wiley, New York. 1962
8. Allaway, W.H. Agronomic controls over the environmental cycling of trace 1968 elements. Adv. Agron., 20: 235-274.
9. Almond, H. Determination of traces of cobalt in soils. Anal. Chem., 1953 25: 166-167.
10. Amin, J.V. and Joham, H.E. A molybdenum cycle in the soil. Soil Sci., 1958 85: 156-160. Mo
11. Anderson, M.S. Composts as a means of garbage disposal. Proc. Soil Sci. 1956 Soc. Fla., 16: 134-145.
12. Anderson, P. Nutritional muscular dystrophy in cattle, with special 1960 reference to the functional state of thyroid. Acta Pathol. Microbiol. Scand., 48. Supl. 43 (134): 91.
13. Andrews, E.D. Cobalt concentrations in some New Zealand fodder plants grown 1966 on cobalt-sufficient and cobalt-deficient soils. New Zealand J. Agric. Res., 9: 829-838.
14. Anonymous. Manganese deficiency and toxicity in citrus. 1971 Agric. Gazette of N.S. Wales, Feb. 1971: 36-38. V
15. Arent, H. Die Spurenelemente im D ngewesen. (Literature Review, Bonn, Ref. 1959 Brandenburg and Koronowski 1969).
16. Arnon, D.I. and Stout, P.R. Molybdenum as an essential element for higher plants. 1939 Plant Physiol. 14: 599-602. Mo V
17. Askew, H.O. Molybdenum in relation to the occurrence of xanthin calculi in sheep. 1958 New Zealand J. Agric. Res. 1: 447-454.
18. Aso, K. On the physiological influence of manganese compounds on plants. 1902 Bull. Coll. Agric., Tokyo, 5: 177-185. V

19. Atkinson, H.J., Giles, G.R. and Desjardins, J.G. Effect of farmyard manure on the trace element content of soils and of plants grown thereon. *Plant and Soil* 10: 32-36.
20. Bacon, C.W., Leighty, W.R. and Bullock, J.F. Boron, copper, manganese and zinc requirement tests of tobacco. *U.S.D.A. Tech. Bull.* 1009: 27.
21. Baldacci, E. and Refatti, E. Su due casi di clorosi da ferro in piante di pere. 1963 (On two cases of iron chlorosis in pear plants.) *Not. Mal. Piante* 64 (Ref. Leh 1969).
22. Bandyopadhyaya, A.K. and Adhikari, M. Trace element relationships in rice soils: 1968 I. Alluvial soils of West Bengal. *Soil Sci.* 105: 244-247.
23. Barber, S.A. and Olson, R.A. Fertilizer use on corn. Changing patterns in 1968 fertilizer use. *Proc. Symp. Soil Sci. Soc. Amer.* p. 163-188.
24. Baron, H. Chemische Bestimmung der Mikronährstoffe B, Fe, Co, Cu, Mn, Mo und Zn im boden. *Landw. Forsch.* 7: 82-89.
25. Barshad, I. Molybdenum content of pasture plants in relation to toxicity 1948 to cattle. *Soil Sci.* 66: 187-195.
26. Barshad, I. Factors affecting the molybdenum content of pasture plants. 1951 I and II. *Soil Sci.* 71: 297-313 and 387-398.
27. Bassett, R.H., etc. The cotton gin and oil mill press. *March* 21: 56. 1959 (Ref. Berger 1969).
28. Bear, F.E. Chemistry of the soil. Reinhold, New York. 373 p. 1955
29. Bear, F.E. Soils in relation to crop growth. Reinhold, London. 297 p. 1965
30. Bear, F.E., Toth, S.J. and Prince, A.L. Variation in mineral composition of 1948 vegetables. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 13: 380-384.
31. Beck, A.B. The levels of copper, molybdenum and inorganic sulphate in some 1962 Western Australian pastures. *Austral. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 2(4): 40-45.
32. Beeson, K.C. The mineral composition of crops with particular reference to the 1941 soils in which they were grown: A review and compilation. *U.S.D.A. Misc. Publ. No. 369*: 164 p.
33. Beeson, K.C., Gray, L. and Adams, M.B. The absorption of mineral elements by 1947 forage plants.
I. The phosphorus, cobalt, manganese and copper content of some common grasses. *J. Amer. Soc. Agron* 39: 356-362.
34. Beeson, K.C., Gray, L. and Hammer, K.C. The absorption of mineral elements by 1948 forage plants.
II. The effect of fertilizer elements and liming materials on the content of mineral nutrients in soybean leaves. *J. Amer. Soc. Agron.* 40: 533-562.
35. Benne, E.J., Hoglund, C.R., Longnecker, E.C. and Cook, R.L. Animal manures. 1961 *Mich. Agr. Exp. Sta. Cir.* 231 p.

36. Bentley, O.G. and Phillips, P.H. The effect of low manganese rations upon dairy
1951 cattle. J. Dairy Sci. 34: 396-403.
37. Berger, J. The world's major fibre crops, their cultivation and manuring.
1969 Centre d'Etude de l'Azote, Zurich. 294 p.
38. Berger, K.C. Micronutrient deficiencies in the United States.
1962 Agric. and Food Chem. 10: 178-181.
39. Berger, K.C., etc. Introductory Soils, MacMillan, New York.
1967
40. Bertrand, G. Sur l'intervention du manganese dans les oxidations provoquées par
1897 la laccase. C.R. Acad. Sci., Paris, 124: 1032-1035, 1355-1358,
(Ref. Stiles, 1961).
41. Bertrand, G. Chem. Zeit. 49: 613 p. (Ref. Purvis 1951).
1903
42. Bertrand, G. Sur l'emploi favorable du manganese comme engrais. R.C. Acad.
1905 Sci., Paris, 141: 1255-1257 (Ref. Stiles, 1961).
43. Bertrand, G. Sur le Rôle des infiniments petits en agriculture.
1912 8th Internat. Congr. Appl. Chem. 28: 30-48 (Ref. Whetstone et al. 1942).
44. Bertrand, G. and Javillier, M. Influence du manganese sur le développement de
1911 l'Aspergillus niger. Compt. Rend. Acad. Sci. 152: 225-228 (Ref. Stiles, 1961).
45. Bertrand, G. and Agulhon, H. Compt. Rend. Acad. Sci. 155: 248 (Ref. Underwood 1962).
1912
46. Bertrand, G. and de Waal, H.L. Sur la teneur comparative en bore des plantes
1936 cultivées sur le même sol. C. R. Acad. Sci. Paris 202: 605-609.
47. Bertrand, G. and Silberstein, L. (New determinations of the boron content of plants
1937 cultivated on the same soil.) C. R. Acad. Agr. France 23: 454-456.
48. Biddulph, O. Translocation of radioactive mineral nutrients in plants. Kansas
1953 St. Coll, Agric. Exp. Sta. Rept. 4: 48-58.
49. Bingham, F.T. Relation between phosphorous and micronutrients in plants.
1963 Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27: 389-391.
50. Bingham, F.T., Garber, R.J. Solubility and availability of micronutrients in
1960 relation to phosphorous fertilization. Soil Sci. Soc. Amer. Proc.
24: 209-213.
51. Bingham, F.T., Martin, J.P. and Chastain, J.A. Effects of phosphorous fertilization
1958 of California soils on minor element nutrition of citrus. Soil Sci. 86:
24-31.
52. Black, C.A. Soil-plant relationships, John Wiley, New York, London, Sydney. 792 p.
1968
53. Boawn, L.C. and Leggett, G.E. Zinc deficiency of the Russet Burbank potato.
1963 Soil Sci. 95: 137-141.

54. Boawn, L.C. and Leggett, G.E. Phosphorous and zinc concentrations in Russet Burbank
1964 potato tissues in relation to development of zinc deficiency symptoms.
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28: 229-232.
55. Boawn, L.C. and Viets, F.G. Jr. Zinc fertilizer tests on sugar beets in Washington.
1956 J. Amer. Soc. Sugar Beet Tech. 9: 212-216.
56. Boawn, L.C., Viets, F.G. Jr. and Grawford, C.L. Effect of phosphate fertilizer on
1954 zinc nutrition of field beans. Soil Sci. 78: 1-7.
57. Boisshot, P. and Durroux, M. Mouvement du fer et du manganèse dans les sols
1950 calcaires. Am. Agron. 1: 551-554.
58. Rolle-Jones, E.W. The interrelationships of iron and potassium in the potato plant.
1955 Plant and Soil 6: 129-173.
59. Boratynski, K., Roszyk, E., Roszykova, S. et al. (Content of plant available forms
1967 of Cu, Mn, Mo and Zn in silt soils). Eng. Summary. Roczniki Glebozn.
18: 57-70.
60. Bortels, H. Molybdän als Katalysator bei der biologischen Stickstoffbindung.
1930 Arch. Mikrobiol. 1: 333-342.
61. Bortels, H. Über die Bedeutung des Molybdäns für stickstoffbindende Nostocaceen.
1940 Arch. Mikrobiol. 11: 155-186.
62. Bould, C. and Hewitt, E.J. Mineral nutrition of plants in soils and in culture
1963 media. Plant Physiology (ed. F.C. Steward) Vol. III: 15-133.
63. Bowen, H.J.M. Trace elements in biochemistry. Academic Press, New York.
1966
64. Boyd, H.W. Manganese Toxicity to peanuts (groundnuts) in autoclaved soil.
1971 Plant and Soil 34: 133-144.
65. Bradshaw, A.D., McNeilly, T.S. and Gregory, R.P.G. Industrialization, evolution
1965 and the development of heavy metal tolerance in plants. Ecology and the
Industrial Society. (ed. E.G. Goodman, R.W. Edwards and J.M. Lambert)
327-343 p.
66. Brandenburg, E. Die Herz- und Trockenfäule der Rüben als Bormangel-Erscheinung.
1931 Phytopath. Z. 3: 499-517.
67. Brandenburg, E. Über die Grundlagen der Boranwendung in der Landwirtschaft.
1939 Phytopath. Z. 12(I): 1-122.
68. Brandenburg, E. and Koronowski, P. Die nichtparasitären Krankheiten, VIII. Bor.
1969 Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Verlag Paul Parey, Berlin.
2. Teil: 132-170.
69. Brandenburg, E., Schneider, A. and Eibner, A. Eisen- und Molybdänmangel auf sauren
1963 Hochmoorböden. Landw. Forsch. 17: 104-112.
70. Branton, D. and Jacobson, L. Iron transport in pea plants. Plant Physiol. 37:
1962 539-545.
71. Brickner, V. J. Biol. Chem. 38: 191 (Ref. Underwood 1962).
1919

72. Brogan, J.C. Metal organic complexes in soils. *Orbital* 1: 26-31.
1966
73. Bröker, W. Genetisch-Physiologische Untersuchungen über die Zinkverträglichkeit
1963 von *Silene inflata*. *Flora, Jena* 153: 122-156.
74. Bromfield, S.M. and Skerman, V.B.D. Biological oxidation of manganese in soils.
1950 *Soil Sci.* 69: 337-348.
75. Brown, A.L., Krantz, B.A. and Eddings, J.L. Zinc-phosphorus interactions as
1970 measured by plant response and soil analysis. *Soil Sci.* 110: 415-420.
76. Brown, A.L., Yamaguchi, S. and Leal-Diaz, J. Evidence for translocation of iron in
1965 plants. *Plant. Physiol.* 40: 35-38
77. Brown, J.C. An evaluation of bicarbonate-induced iron chlorosis.
1960 *Soil Sci.* 89: 246-247
78. Brown, J.C. Iron chlorosis in plants. *Adv. Agron.* 13: 329-369.
1961
79. Brown, J.C., Holmes, R.S., Tiffin, L.O. et al. Hypotheses concerning iron chlorosis.
1959 *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 23: 321-324.
80. Brown, J.C., Tiffin, L.O., Holmes, R.S., et al. Internal activation of iron in
1959 soybeans as affected by root growth medium. *Soil Sci.* 87: 89-94.
81. Broyer, T.C., Carlton, A.B., Johnson, C.M. and Stout, P.R. Chlorine - A micro-
1954 nutrient element for higher plants. *Plant Physiol.* 29: 526-532.
82. Burleson, C.A., Docas, A.O. and Gerard, C.J. The effect of phosphorous fertilization
1961 on zinc nutrition of several irrigated crops. *Soil Sci. Amer. Proc.*
25: 365-368.
83. Butler, J.R. Trace element distribution in some Lancashire soils.
1954 *Soil Sci.* 5: 156-166.
84. Cain, J.C. and Shear, C.B. Nutrient deficiencies in deciduous tree fruits and nuts.
1964 *Hunger Signs in Crops* (ed. H.B. Sprague) David McKay, New York. P. 287-326.
85. Cannell, G.H., Bingham, F.T. and Garber, M.J. Effects of irrigation and phosphorus
1960 on vegetative growth and nutrient composition of tomato leaves.
Soil Sci. 89: 53-60.
86. Chandler, W.H. Zinc as a nutrient for plants. *Bot. Gaz.* 98: 625-646.
1937
87. Chapman, Diagnostic criteria for plants and soils. Univ. of California, Div. Agr.
1966 *Sci.* (Ref. Cheng and Ouellette 1970).
88. Cheng, B.T. and Ouellette, G.J. Effects of steam sterilization and organic
1970 amendments on the manganese status and associated characteristics of acid
soils. *Soil Sci.* 110: 383-388.
89. Chenoweth, M.B. Chelation as a mechanism of pharmacological action.
1956 *Pharmac. Rev.* 8: 57-87.

90. Christensen, P.D., Toth, S.J. and Bear, F.E. The Status of soil manganese as
1950 influenced by moisture, organic matter and pH. Soil Sci. Soc. Am.
Proc. 15: 279-282.
91. Collins, W.K., Jones, G.L., Weybrev, J.A. and Matzinger, D.F. Crop Sci. 1: 407
1961 (Ref. McCants and Woltz 1967).
92. Cottenie, A., Kino, L. and Gabriels, K. (Relationships between the trace-element
1970 contents of leaves and the nutrient medium). 2nd Coloquio eur. medit.;
Cent. Edafol. Biol. aplic. Cuarto, Sevilla: 43-52. (Ref. Soils and Fert.
34: 3188).
93. Cotter, D.J. and Mishra, U.N. The role of organic matter in soil manganese
1968 equilibrium. Plant and Soil 29(3): 439-448.
94. Coupron, C. (Determination of the stability constants of metallo-organic complexes
1967 in soils). Engl. Sum. French original. Annls. Agron. 18: 623-638.
95. Cousins, F.B. and Cairney, I.M. Some aspects of selenium metabolism in sheep.
1961 Aust. J. Agric. Res. 12: 927-943.
96. Davies, E.B. Factors affecting molybdenum availability in soils. Soil Sci.
1956 81: 209-221.
97. Davies, E.B. and Grigg, J.L. Molybdenum and its use in grassland production.
1953 New Zealand J. Agric. 87: 561-567.
98. Dawson, C.R. and Tarpley, W.B. Copper oxidases. The enzymes (eds. J.B. Summer and
1951 K. Myrback) Acad. Press, New York. Vol II, 454-489.
99. DeKock, P.C. Iron nutrition of plants at high pH. Soil Sci. 79: 167-175.
1955
100. Delas, J. and Dartigues, A. (Trace elements in France, Examples of regional
1970 problems, II. The South-West.) Annls. Agron. 21: 603-615. (Ref. Soils
and Fert. 34: 2757).
101. Delas, J., Delmas, J. and Demias, C. Etude par dilution isotopique du cuivre
1960 incorporé dans les sols depuis 70 ans. C.R. Acad. Sci. Paris.
250: 3867-3869.
102. Delas, J., Delmas, J., Rives, M. and Bavdel, C. Toxicité du cuivre dans le sols
1959 viticoles du sud-ouest atlantique. C.R. Acad. Agric. France 45: 651-655.
103. De Mumbrum, L.E. and Jackson, M.L. Copper and zinc exchange from dilute neutral
1956 solutions by soil colloidal electrolytes. Soil Sci. 81: 353-357.
104. DiGleria, J., Klimes-Smik, A. and Dvoracsek, M. Bodenphysik und Bodenkolloidik.
1962 B. Fischer, Jena (Ref. Leh. 1969).
105. Dobrovolskii, V.V. (Characteristics of the distribution of minor elements in the
1961 soils and plants of Ustyurt). Pochvovedenie 2: 65-70. (Ref. Soils and
Fert. 24: 1769).
106. Dolar, S.G. Availability of copper, zinc and manganese in a Wisconsin soil catena.
1970 Diss. Abstr. 31 B: 468-469 (Ref. Soils and Fert. 34: 2746).
107. Donald, L. Nutrient deficiencies in cotton. Hunger Signs in Crops (ed. H.B. Sprague).
1964 David McKay, New York. p. 59-98.

108. Dressler, H. and Dawson, C.R. On the nature and mode of action of the copper protein, tyrosinase. I and II. *Biochim. et Biophys. Acta* 45: 508-514 and 515-524. 1960
109. Duarte, U.M., Leley, V.K. and Narayana, N. Micronutrient status of the Bombay State soils. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 9: 41-53. 1961
110. Duncan, O.W. Correction of zinc deficiency in wheat on the Darling Downs, Queensland. *Od. J. Agric. Anim. Sci.* 24: 287-292. 1968
111. Dykeman, W.R. and de Sousa, A.S. Natural mechanism of copper tolerance in a copper swamp forest. *Can. J. Bot.* 44: 871-878. 1966
112. Eaton, F.M. Deficiency, toxicity and accumulation of boron in plants. *J. Agr. Res.* 69: 237-277. 1944
113. Ekman, P., Karlsson, N. and Svanberg, O. Investigations concerning cobalt problems in Swedish animal husbandry. *Acta. Agric. Scand.* II: 103-130. 1952
114. Ellenberg, H. *Bodenreaktion. Handbuch der Pflanzenphysiologie* (ed. W. Ruhland), Springer-Verlag, Berlin. p. 638-708. 1958
115. Ellis, R. Jr., Davis, J.F. and Thurlow, D.L. Zinc availability in calcareous Michigan soils as influenced by phosphorus level and temperature. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 28: 83-86. 1964
116. Epstein, E. and Stout, P.R. The micronutrient cations iron, manganese, zinc and copper: Their uptake by plants from the adsorbed state. *Soil Sci.* 72: 47-65. 1952
117. Ernst, W. *Ökologisch - soziologische Untersuchungen an Schwermetallpflanzengesellschaften Südfrankreichs und des Östlichen Harzvorlandes.* Flora, Jena 156: 301-318. 1966
118. Estep, R. and Keefer, R.F. Fractionation of soil zinc after application of Zn-65 to two soil series kept continuously moist or alternately wetted and dried. *Proc. W. Va Acad. Sci.* 41: 85-92. 1969
119. Evans, H.J., Purvis, E.R. and Bear, F.E. Effect of soil reaction on availability of molybdenum. *Soil Sci.* 71: 114-124. 1951
120. FAO. *Production Yearbook 1968.* FAO, Rome. Vol. 22: 814 p. 1969
121. Fleming, G.A. Copper and nitrogen in the nutrition of wheat on cutaway peat. *Irish J. Agric. Res.* 1: 81-82. 1961
122. Fleming, G.A. Distribution of major and trace elements in some common pasture species. *J. Sci. Fd. Agric.* 14: 203-208. 1963
123. Fleming, G.A. Trace elements in plants with particular reference to pasture species. *Outlook on Agric.* IV: 270-285. 1965
124. Fleming, G.A. and Walsh, T. Selenium occurrence in certain Irish soils and its toxic effects on animals. *Proc. R. Irish Acad. B.* 58: 151-166. 1957
125. Flemons, K. and Siman, A. Goulburn lucerne failures linked with induced manganese toxicity. *Agric. Gazette of N.S. Wales*, Dec. 1970: 662-663. 1970

126. Follet, R.H. and Lindsay, W.L. Profile distribution of zinc, iron, manganese and copper in Colorado soils. Colo. State Univ. Exp. Sta. Tech. Bull. 110: 79. 1970
127. Forbes, R.M., Cooper, A.R., and Mitchell, H.H. On the occurrence of beryllium, boron, cobalt and mercury in human tissues. J. Biol. Chem. 209: 857. 1954
128. Foy, C.D. and Brown, J.C. Toxic factors in acid soils: I. Characterization of aluminium toxicity in cotton. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27: 403-407. 1963
129. French, C.E., Smith, C.B., Fortman, H.R. et al. Survey of ten nutrient elements in Pennsylvania forage crops. Penn. State Univ. Agr. Expt. Sta. Bull. 624: 28 p. 1957
130. Gärtel, W. Die Bedeutung der Spurennährstoffe im Weinbau. Landw. Forsch. 16: 121-132. 1962
131. Gärtel, W. Über die Ursachen der Chlorose auf verdichteten Kalkböden. Weinberg und Keller 12: 143-164. 1965
132. Gille, G.L. and Graham, E.R. Isotopically exchangeable cobalt: The effect of soil pH and ionic saturation of the soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35: 414-416. 1971
133. Giordano, P.M. and Mortvedt, J.J. Effect of substrate Zn level on distribution of photo-assimilated C¹⁴ in maize and bean plants. Plant and Soil 35:193-196. 1971
134. Gladstones, J.S. and Drover, D.P. The mineral composition of lupins. A survey of copper, molybdenum and manganese contents of lupins in the south west of Western Australia. Austral. J. Exp. Agr. Anim. Husb. 2: 46-53. 1962
135. Gliński, J. (Forms of copper in soils of the Keczna - Włodawa lake - Land). Annls. Univ. Mariae Curie Skłodowska 20E: 1-24. (In Polish). 1967
136. Gliński, J. and Krupiński, A. (The occurrence of trace elements Cu, Co, Ni, V, Sr and Ba in the soils and hay in the northern part of region of the Wieprz-Krzna canal). Annls. Univ. Mariae Curie Skłodowska (F) 24: 67-78. (In Polish). 1969
137. Goldschmith, V.M. Geochemistry (ed. A. Muir): Clarendon Press, Oxford. 730 p. 1954
138. Gouny, P. and Cornillon, P. (Trace elements in France. Examples of regional problems. III. The South-East.) Annls. Agron. 21: 617-628. (Ref. Soils and Fert. 34: 2759). 1970
139. Grable, A.R. Soil aeration and plant growth. Adv. Agron. 18: 57-106. 1966
140. Graham, E.R. Soil mineralogy as an index to trace-element status of some Australian soils. Soil Sci. 75: 333-343. 1953
141. Granick, S. Iron metabolism in animals and plants. Trace Elements (ed C.A. Lamb et al.), Academic Press, New York. 1958
142. Gregory, R.P.G. and Bradshaw, A.D. Heavy metal tolerance in populations of Agrostis tenuis. Sibth and other grasses. New Phytol. 64: 131-143. 1965
143. Gris, E. De l'action des composés ferrugineux sur la végétation. Compt. Rend. Acad. Sci. 17: 679. 1843

144. Gris, E. Nouvelles expériences sur l'action de composés ferrugineux solubles
1844 appliqués à la végétation et spécialement au traitement de la chlorose
et de la débilité des plantes. *Compt. Rend. Acad. Sci* 19: 1 118-1 119.
145. Gupta, U.C. Relationship of total and hot-water soluble boron and fixation of
1968 boron, to properties of podzol soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 32: 45-48.
146. Gupta, U.C. and Cutcliffe, J.A. Determination of optimum levels of boron in
1971 rutabaga leaf tissue and soil. *Soil Sci.* 111: 382-385.
147. Güttler, R. Über den Gehalt wildwachsender Pflanzen an Kalium, Phosphor, Eisen
1941 und Mangan. *Forsch. dienst.* 11: 485-522.
148. Györi, D. Néhány talajtipus mikroelem készlete. *Agrokem. Talajt.* 7: 97-110.
1958
149. Haas, A.R.C. The turmeric determination of water-soluble boron in soils of citrus
1944 orchards in California. *Soil Sci.* 58: 123-137.
150. Hale, J.B. and Heintze, S.G. Manganese toxicity affecting crops on acid soils.
1946 *Nature* 157: 554.
151. Harmer, P.M. Studies on the effect of copper sulfate applied to organic soil on
1946 the yield and quality of several crops. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* CuSO₄
10: 284-294.
152. Hart, E.B., Steenbock, H., Waddel, J. and Elvehjem, C.A. *J. Biol. Chem.* 77: 797
1928 (Ref. Underwood 1962).
153. Hartley, W.J. Selenium treatment of animal diseases and unthriftiness.
1961 *N.Z. J. Agric.* 103: 475-483.
154. Hawkes, H.E. Geochemical prospecting in the Blackbird cobalt district, Idaho.
1952 *Bull. Geol. Soc. Amer.* 63: 1 260.
155. Hawkins, G.E., Wise, G.H., Matrone, G. and Waugh, P.K. Manganese in the nutrition
1955 of young dairy cattle fed different levels of calcium and phosphorus.
J. Dairy Sci. 38: 536-547.
156. Healy, W.B. Ingested soil as a possible source of elements for grazing animals.
1970 *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 30: 11-19.
157. Heintze, S.G. Studies on soil manganese. *J. Soil Sci.* 8: 287-300.
1957
158. Heintze, S.G. Manganese ; phosphate reactions in aqueous systems and the effects
1968 of applications of monocalcium phosphate on the availability of manganese
to oats in an alkaline fen soil. *Plant and Soil* 29(3): 407-423.
159. Heintze, S.G. and Mann, P.J.G. Soluble complexes of manganic manganese.
1949 *J. Agric. Sci.* 39: 80.
160. Henkens, Ch. H. Grepn uit het onderzoek over sporenelementen. (Abstracts on
1961 research on trace elements). *Landbouvoorlichting* 18/1: 60-64.
161. Hercus, C.E., Benson, W.N. and Carter, C.L. Endemic goitre in New Zealand and
1925 its relation to the soil-iodine. *J. Hyg., Camb.* 24: 321-402.

162. Hewitt, E.J. Metal interrelationships in plant nutrition. I. Effects of some
1953 metal toxicities on sugarbeet, tomato, oat, potato and marrowstem kale
grown in sand culture. *J. Exp. Bot.* 4: 59-64.
163. Hewitt, E.J. The present status of research on the importance of iron, manganese,
1961 zinc and boron in crop nutrition. Summary and discussion of the papers;
Co-op. res. project on trace elements of the Sub-Comm. Agric. Res. of ECA
meeting in Dublin, May 1959. FAO, Rome.
164. Hewitt, E.J. The essential nutrient elements: Requirements and interactions in
1963 plants. *Plant Physiology* (ed. F.C. Stewart). Acad. Press, New York and
London. Vol. III: 137-360.
165. Hey, E. and Knabe, O. Fertilizing low-moor soils with micronutrients. *Z. Landes-*
1963 *kultur* 4: 277-295.
166. Hiatt, A.J. and Ragland, J.L. Manganese toxicity of Burley tobacco. *Agron. J.*
1963 55: 47-49.
167. Hill, A.C. Toth, S.J. and Bear, F.E. Cobalt status of New Jersey soils and
1953 forage plants and factors affecting the cobalt content of plants.
Soil Sci. 76: 273-284.
168. Hodgson, J.F. Chemistry of the micronutrient elements in soils. *Adv. Agron.* 15:
1963 119-159.
169. Holmes, R.S. and Brown, J.C. Iron and soil fertility. *Soil, 1957 Yearbook of*
1957 *Agriculture.* U.S.D.A., Washington, D.C. p. 111-115.
170. Holm-Hansen, O., Gerloff, G.C. and Skoog, F. Cobalt as an essential element for
1954 blue-green algae. *Physiol. Plant* 7: 665-675.
171. Houghland, G.V.C. Nutrient deficiencies in the potato. Hunger signs in crops
1964 (ed. H.B. Sprague). p. 219-244.
172. Hoyt, P.B. and Nyborg, M. Toxic metals in acid soils: II. Estimation of plant-
1971 available manganese. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35: 241-244.
173. Hristov, G. Microfertilizing with Mo of irrigated alfalfa grown on Cinnamon
1971 forest soil in South Bulgaria. *Pl. Sci. (Sofia)* VIII (1): 29-36.
174. Huff, L.C. A sensitive field test for detecting heavy metals in soil or sediments.
1951 *Econ. Geol.* 46: 524-540.
175. Hull, R. Sugarbeet diseases. *Great Brit. Min. Agr., Fish and Food Bull.* 142: 55.
1960
176. Hupkens van der Elst, F.C.C. Agricultural development of peat soils in the Waikato
1962 district, New Zealand. *Trans. (Comm. IV and V) Int. Soil Conf., New*
Zealand, C 14: 8 p.
177. Irving, H. and Williams, R.J.P. The stability of transition - metal complexes.
1953 *J. Chem. Soc.* 3192-3210.
178. Jackman, R.H., During, C., Andrews, E.D. and Lynch, P.B. An evaluation of the
1962 usefulness of the New Zealand soil classification: *Trans. (Comm. IV and V)*
Int. Soil Conf., New Zealand, B: 11 p.

179. Jackson, M.L. Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., U.S.A. 1958
180. Jackson, M.L. Chemical composition of soils. Chemistry of the Soil (ed. F.E. Bear) 1964 Reinhold, New York. 71: 141.
181. Jacobson, L. Maintenance of iron supply in nutrient solutions by a single addition of ferric potassium ethylenediamine tetraacetate. 1951 Plant Physiol. 26: 411-413.
182. Jacobson, L. and Oertli, J.J. The relation between iron and chlorophyll contents in chlorotic sunflower leaves. 1956 Plant Physiol. 31: 199-204.
183. Janick, J., Schery, R.W., Woods, F.W. and Ruttan, V.W. Plant science: An introduction to world crops. 1968 W.H. Freeman, San Francisco. 629 p.
184. Javillier, M. Internat. Congr. Appl. Chem. Arig. Commun. 15: 145. (Ref. Purvis 1912 1951).
185. Jensen, E.H., Lesperance, A.L. Crops & Soils 16: 22 (Ref. Grable 1966). 1964
186. Jensen, H.L., and Lamm, C.G. On the zinc content of Danish soils. 1961 Acta Agric. Scand. 11: 63-80.
187. Johansson, O. Mikronäringsämnenas betydelse i modern växtodling. I. Kungl. Skogs- o. Lantbr. akad. Tidskr. 107: 85-90. 1968
188. Johnson, C.M. Diagnostic criteria for plants and soils (ed. H.G. Chapman). 1966 Univ. California, Div. Agr. Sci., Berkeley, p. 286-301.
189. Johnson, C.M., Pearson, G.A. and Stout, P.R. Molybdenum nutrition of crop plants. 1952 Plant and soil factors concerned with molybdenum deficiencies in crop plants. Plant and Soil IV: 178-196.
190. Johnson, C.M., Stout, P.R., Royer, T.C. and Carlton, A.B. Comparative chlorine requirements of different plant species. 1957 Plant and Soils. VIII: 337-353.
191. Jones, H.E. and Scarseth, G.D. The calcium-boron balance in plants as related to boron needs. 1944 Soil Sci. 56: 15-24.
192. Jones, L.H.P. Interaction of molybdenum and iron in soils. 1956 Science 123: 1 116.
193. Jones, L.H.P. The solubility of molybdenum in simplified systems and aqueous soil suspensions. 1957 J. Soil Sci. 8: 313-327.
194. Jones, W.W. and Smith, P.F. Nutrient deficiencies in citrus. 1964 Hunger signs in crops (ed. H.B. Sprague). David McKay, New York. p. 359-414.
195. Kanwar, J.S. Influence of organic matter on copper fixation in soil. 1954 J. Indian Soc. Soil Sci. 2: 73-80. cu
196. Karlsson, N. Analytical work on zinc in the vegetation of Middle Sweden. 1952 Acta Agric. Scand. II: 173-182.
197. Keefer, R.F. and Singh, R.N. Residual effect of zinc sources on plant growth and on P-Zn interaction in soybeans. 1969 Proc. W. Va Acad. Sci. 41: 27-38.

198. Keener, H.A., Percival, G.P. and Morrow, K.S. Cobalt tolerance in young dairy
1947 cattle. J. Dairy Sci. 30: 557.
199. Keith, T.B., Miller, R.C., Thorp, W.T.S. and McCarthy, M.A. J. Animal Sci. 1: 120.
1942 (Ref. Underwood 1962).
200. Kent, N.L. and McCance, R.A. The absorption and excretion of minor elements by man.
1941 I. Silver, gold, lithium, boron and vanadium. Biochem. J. 35: 837, 877.
201. Kenworthy, A.L. Nutrient element composition of leaves from fruit trees.
1950 Prov. Amer. Soc. Hort. Sci. 55: 41-46.
202. Kirchgessner, M., Merz, G. and Oelschläger, W. Der Einfluss des Vegetationsstadiums
1960 auf den Mengen- und Spurenelementgehalt dreier Grasarten.
Arch. Tierernähr. 10: 414. (Ref. Underwood 1962).
203. Klemm, K. Die Mikronährstoffversorgung der Böden der Bezirke Halle und Magdeburg:
1968 Albrecht-Thaer Arch. 12: 877-888.
204. Kocialkowski, Z., Czekalski, A. and Baluk, A. (The contents of trace elements in
1967 meadow soils and plants from the middle part of the Notec River Valley).
Rocz. Nauk Roln. T. 93: 155-176.
205. Koronowski, P. Die Nichtparasitären Krankheiten, Handbuch der Pflanzenkrankheiten,
1969 2. Teil; X. Mangan: 211-246; XIII. Molybdän: 333-350.
206. Kranz, B.A., Brown, A.L., Fischer, B.B., Pendery, W.E. and Brown, V.W. Foliage
1962 sprays correct iron chlorosis in grain sorghum. Calif. Agr. 16: 5-6.
207. Kranz, B.A., Melsted, S.W., Nutrient deficiencies in corn, sorghums and small
1964 grains. Hunger signs in crops (ed. H.B. Sprague). David McKay, New York,
p. 25-57.
208. Kubota, J. Cobalt content of New England soils in relation to cobalt levels in
1963 forages for ruminant animals. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28: 246-251.
209. Kubota, J., Lazar, V.A., Langan, L.N. and Beeson, K.C. The relationship of soils to
1961 molybdenum toxicity in cattle in Nevada. Soil Sci. Soc. Amer. Proc.
25: 227-232.
210. Kubota, J., Lemon, F.R. and Allaway, W.H. The effect of soil moisture content upon
1963 the uptake of molybdenum, copper and cobalt by alsike clover. Soil Sci.
Soc. Amer. Proc. 27: 679-683.
211. Lakanen, E. Outukummun kaivoksen ympäristön hivenaine-pitoisuuksista. (Trace
1965 element levels in the vicinity of Outokumpu copper mine). Ann. Agric.
Fenn. 4: 290-298.
212. Lakanen, E. The effect of liming on the adsorption and exchange characteristics of
1967 trace elements in soils. Acta Agric. Scand. 17: 131-139.
213. Lakanen, E. Mineral composition of Finnish timothy. Ann. Agric. Fenn. 8: 20-29.
1969
214. Lakanen, E. and Erviö, R. A comparison of eight extractants for the determination
1971 of plant available micronutrients in soils. Acta Agr. Fenn. 123: 223-232.

215. Langelüddeke, P. Versuche mit Eisenchelaten zur Bekämpfung der Kalkchlorose an
1961 Obstbäumen und Reben. Dissert., Giessen (Ref. Leh 1969).
216. Lawton, K. Chemical composition of soils. Chemistry of the Soil (ed. F.E. Bear).
1955 53-84. Reinhold, New York. p. 53-84.
217. Le Compte, S.B., Jr. Conn. Agr. Exp. Sta. New Haven Bull. 444. (Ref. McCants and
1941 Woltz 1967).
218. Leeper, G.W. The forms and reactions of manganese in the soil. Soil Sci.
1947 63: 79-94.
219. Lees, H. A note on the copper-retaining power of a humic acid from peat soil.
1950 Biochem. J. 46: 450-451.
220. Legg, S.P. and Sears, L. Zinc sulphate treatment of parakeratosis in cattle.
1960 Nature 186: 1 061-1 062.
221. Leh, H.O. Die Nichtparasitären Krankheiten, Handbuch der Pflanzenkrankheiten,
1969 2. Teil: XI. Eisen: 247-289; XII. Zink: 289-333.
222. Leonard, C.D. and Stewart, I. An available source of iron for plants.
1953 Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 62: 103-110.
223. Leonard, C.D. and Stewart, I. Chelated iron as a corrective for lime induced
1954 chlorosis in citrus. Proc. Fla. Sta. Hort. Soc. 66: 49-54.
224. Leonard, C.D. and Stewart, I. Longevity of chelated iron treatments applied to
1955 citrus trees. Proc. Fla. State Hort. Soc. 68: 59-64.
225. Lewis, A.H. The teart pastures of Somerset. III. Reducing the teartness of
1943 pasture herbage. J. Agric. Sci. 33: 58-63.
226. Leyden, R.F. and Toth, S.J. Behavior of zinc sulphate as foliar applications and
1960 as soil application in some New Jersey soils. Soil Sci. 89: 223-228.
227. Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. A micronutrient soil test for Zn, Fe, Mn and Cu.
1969 Agron. Abstracts: p. 84.
228. Lipman, C.B. and Mackinney, G. Proof of the essential nature of copper for higher
1931 plants. Plant Physiol. 6: 593-599.
229. Lounamaa, J. Trace elements in plants growing wild on different rocks in Finland.
1956 A semi-quantitative spectrographic survey. Ann. Bot. Soc. Zool. Bot.
Fenn. "Vanamo", 29(4): 196.
230. Lovering, T.S., Huff, L.C. and Almond, H. Dispersion of copper from the San
1950 Manuel Copper Deposit, Pinal County, Arizona, Econ. Geol. 45: 493-514.
231. Lowe, R.H. and Evans, H.J. Cobalt requirement for the growth of Rhizobia
1962 J. Bact. 83: 210.
232. Lucas, R.E. The effect of the addition of sulphates of copper, zinc and manganese
1946 on the absorption of these elements by plants grown on organic soils.
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 10: 269-274.
233. Lucas, R.E. and Davis, J.F. Relationships between pH values of organic soils and
1961 availabilities of 12 plant nutrients. Soil Sci. 92: 177-182.

234. Lundblad, K. and Johansson, O. Resultat av de senaste årens svenska mikroelement-försök Försök med koppar. St. Jordbr. Förs. Medd. 60/64: 39-90.
235. Lyon, G.L., Brooks, R.R., Peterson, P.J. and Butler, G.W. Trace elements in a New Zealand Serpentine Flora. Plant and Soil XXIX: 225-240.
236. MacMillan, K.A. and Hamilton, H.A. Carrot response to soil temperature, and copper, manganese, zinc and magnesium. Canadian J. Soil Sci. 51: 293-297.
237. MacVicar, R. and Struckmeyer, B.E. The relation of photoperiod to the boron requirement of plants. Bot. Gaz. 107: 454-461.
238. Madison, J.H. Principles of Turfgrass Culture. Reinhold, New York. 420 p. 1971
239. Mäkitie, O. On the cobalt/nickel ratio in arable soils. J. Sci. Agric. Soc. Finl. 1962 34: 91-95.
240. Mazé, P. Influences respectives des éléments de la solution minérale sur le développement du maïs. Ann. Inst. Pasteur. 28: 1-68 (Ref. Stiles 1961).
241. McCants, C.B. and Woltz, W.G. Growth and mineral nutrition of tobacco. Adv. Agron. 1967 19: 211-265.
242. McGeorge, W.T. A study of lime-induced chlorosis in Arizona orchards. Univ. Arizona Tech. Bull. 117. 1949
243. McHargue, J.S., Woodmansee, C.W. and Rapp, K.E. Kentucky Agr. Expt. Sta. Bull. 439 1942 (Ref. McCants and Woltz 1967).
244. McIlrath, W.J. and de Bruyn, J.A. Calcium-boron relationships in Siberian millet. 1956 Soil Sci. 81: 301-310.
245. McKenzie, R.M. The influence of cobalt on the reactivity of manganese dioxide. 1971 Aust. J. Soil Res. 9: 55-58.
246. McMurtrey, J.E., Jr. Nutrient deficiencies in tobacco. Hunger Signs in Crops. 1964 (ed. H.B. Sprague). David McKay, New York. p. 99-142.
247. Mederski, H.J. and Wilson, J.H. Effect of soil temperature and soil moisture on manganese absorption by soybean plants. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1955 19: 461-463.
248. Meek, B.D., MacKenzie, A.T. and Grass, L.B. Effects of organic matter, flooding time, and temperature on the dissolution of iron and manganese from soil in situ. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32: 634-638. 1968
249. Merkle, F.G. Oxidation-reduction processes in soils. Chemistry of the soil 1955 (ed. F.E. Bear). Reinhold, New York. p. 200-218.
250. Messing, J.H.L. The effects of lime and superphosphate on manganese toxicity in steam-sterilized soil. Plant and Soil 23: 1-16. 1965
251. Miller, G.W. Carbon dioxide-bicarbonate absorption, accumulation effects on various plant metabolic reactions and possible relations to lime-induced chlorosis. 1960 Soil Sci. 89: 241-245.
252. Miller, G.W., Brown, J.C. and Holmes, R.S. Chlorosis in soybean as related to iron, phosphorus, bicarbonate and cytochrome oxidase activity. Plant Physiol. 1960 35: 619-625.

253. Miller, J.F. and Byers, H.G. Selenium in plants in relation to its occurrence in soils. *J. Agric. Res.* 55: 59-68. 1937
254. Miller, M.H. and Ohlrogge, A.J. Water-soluble chelating agents in organic materials. 1958a I. Characterization of chelating agents and their reactions with trace metals in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 22: 225-228.
255. Miller, M.H. and Ohlrogge, A.J. Water-soluble chelating agents in organic materials. 1958b II. Influence of chelate-containing materials on the availability of trace metals to plants. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 22: 228-231.
256. Misra, S.G. and Sharma, M.D. Studies on the lease of adsorbed copper by soils and compost. *Soil and Plant Food* 6: 103-105. 1961
257. Mitchell, R.L. The distribution of trace elements in soils and grasses. *Proc. Nutr. Soc.* 1: 183-189. 1944
258. Mitchell, R.L. Trace Elements: Chemistry of the soil (ed. F.E. Bear), Reinhold, 1955 New York, ACS Monograph No. 126: 253-286.
259. Mitchell, R.L. Trace element contents of plants. *Research (London)* 10: 357-362. 1957
260. Mitchell, R.L. Trace elements in Scottish soils. *Proc. Nutr. Soc.* 19: 148-154. 1960
261. Mitchell, R.L. Soil aspects of trace element problems in plants and animals. 1963 *J. Royal Agric. Soc. Engl.* 124: 75-86.
262. Mitchell, R.L. Trace elements in soils. Chemistry of the soil (ed. F.E. Bear). 1964 Reinhold, New York. p. 320-368.
263. Mitchell, R.L., Scott, R.O., Stewart, A.B. and Stewart, J. Cobalt manuring and pining in stock. *Nature (London)* 148: 725. 1941
264. Mokady, R. The effect of partial pressure of oxygen in field soils on lime-induced chlorosis. *Plant and Soil* 15: 377-386. 1961
265. Mortensen, J.L. Complexing of metals by soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 27: 179-186. 1963
266. Nair, K.P.P. and Cottenie, A. A statistical evaluation of the inter-relationships between particle-size fractions, free iron oxide and trace elements. *J. Soil Sci.* 22(22): 203-209. 1971
267. Nason, A. and McElroy, W.D. Modes of action of the essential mineral elements. 1963 *Plant Physiology III* (ed. F.C. Steward), p. 451-536.
268. National Academy of Sciences. Principles of plant and animal pest control. 1968 I. Plant-disease development and control. Washington, D.C. p. 205.
269. Navrot, J. and Gal, M. Effect of clay type on the "availability" of zinc in some Mediterranean rendzina soils. *J. Soil Sci.* 22(1): 1-4. 1971
270. Navrot, J. and Ravikovitch, S. Zinc availability in calcareous soils. 1969 III. The level and properties of calcium in soils and its influence on zinc availability. *Soil Sci.* 108: 30-37.

271. Neelakantan, V. and Mehta, B.V. Copper status of soils of Western India. 1961 Soil Sci. 91: 251-256.
272. Nelson, W.L. and Barber, S.A. Nutrient deficiencies in legumes for grain and forage. Hunger Signs in Crops (ed. H.B. Sprague). David McKay, New York. p. 143-179.
273. Ng, S.K. and Bloomfield, C. The effect of flooding and aeration on the mobility of certain trace elements in soils. Plant Soil 16: 108-135.
274. Nicolls, O.W., Provan, D.M.J., Cole, M.M. and Tooms, J.S. Geobotany and geochemistry in mineral exploration in the Dugald River Area, Cloncurry District, Australia. Trans. Inst. Min. Metall. 74: 695-709.
275. Nobbe, F. and Siegert, T. Über das Chlor als spezifischer Nährstoff der Buchweizen-1862, 1863 pflanze. Landw. Versuch-Stat. 4: 318-340; 5: 116-136 (Ref. Stiles 1961).
276. Oertel, A.C. Relation between trace-element concentrations in soil and parent material. J. Soil Sci. 12: 119-128.
277. Øien, A., and Semb, G. Undersøkelse av analysemetoder for kopper i jord ved hjelp av karforsøk of planteanalyser. Forskn. og Forsøk. Landbr. 18: 90-97.
278. Olsen, C. Iron absorption in different plant species as a function of the pH 1958 value of the solution. C.R. Trav. Lab., Carlsberg 31: 41-59.
279. Olsen, S.R., Watanabe, F.S. and Cole, V.C. Effect of sodium bicarbonate on the 1960 solubility of phosphorus in calcareous soils. Soil Sci. 89: 288-291.
280. Olson, R.V. and Berger, K.C. Boron fixation as influenced by pH, organic matter 1946 content and other factors. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 11: 216-220.
281. O'Moore, L.B. Status of research on copper, molybdenum and cobalt. Summary and 1961 discussion of the papers; Co-op; res. project on trace elements of the
282. Owen, E.C. The excretion of borate by the dairy cow. 1944 J. Dairy Res. 13: 243-248.
283. Page, E.R. Studies in soil and plant manganese. 1962, a II. The relationship of soil pH to manganese availability. Plant Soil 16: 247-257.
284. Page, E.R. Studies in soil and plant manganese. III. The availability of higher 1962, b oxides of manganese to oats. Plant Soil 17: 99-108.
285. Parker, M.B. and Harris, H.B. Soybean response to molybdenum and lime and the 1962 relationship between yield and chemical composition. Agron. J. 54(6):480-483.
286. Peech, M. Availability of ions in light sandy soils as affected by soil erosion. 1941 Soil Sci. 51: 473-486.
287. Pearson, P.B. The nutrition of sheep and goats. Agric. Chemistry II. (ed. D.E.H. 1951 Frear). Lancaster Press, Lancaster, Pa. p.411-432.
288. Pearson, P.B. and Winchester, C.F. The nutrition of horses and mules. 1951 Agric. Chemistry II (ed. D.E.H. Frear). Lancaster Press, Lancaster, Pa. p. 388-410.

289. Plotnikov, K.H. Veterinarija 37:53; (Nutrition Abstr. Revs. 30: 1138).
1960
290. Powrie, J.K. A field response by subterranean clover to cobalt fertilizer.
1960 Austral. J. Sci. 23: 198-199.
291. Prohászka, K. and Horváth, R. Lucernalisztek mikroelestartalma. Agrochem. Talajtan
1970 19: 85-92.
292. Purves, D. and MacKenzie, E.J. Enhancement of trace-element content of cabbages
1970 grown in urban areas. Pl. Soil 33: 483-485.
293. Purvis, E.R. Minor element supplements. Agric. Chemistry (ed. D.E.H. Frear):
1951 Van Nostrand, New York. p. 324-344.
294. Purvis, E.R. and Carolus, R.L. Nutrient deficiencies in vegetable crops. Hunger
1964 Signs in Crops (ed. H.B. Sprague). David McKay, New York. p. 245-286.
295. Quastel, J.H. Lecture on soil metabolism. Roy. Inst. Chem. (London) Lect. Monogr.
1946 Reports. (Ref. Bould and Hewitt 1963).
296. Quastel, J.H. Microbial activities of soil as they affect plant nutrition. Plant
1963 Physiology III (ed. F.C. Steward). Academic Press, New York and London.
p. 671-756.
297. Quraishi, M.S.I. and Cornfield, A.H. Effects of addition of varying levels of
1971 copper, as oxide or phosphate, on nitrogen mineralization and nitrification
during incubation of a slightly calcareous soil receiving dried blood.
Plant and Soil 35: 51-55.
298. Rajaratnam, J.A., Lowry, J.B., Avadhani, P.N. and Corley, R.H.V. Boron: Possible
1971 role in plant metabolism. Science (Amer. Ass. Adv. Sci.) 172: 1142-1143.
299. Randhawa, N.S. and Broadbent, F.E. Soil organic matter-metal complexes. 6.
1965 Stability constants of zinc-humic acid complexes at different pH values.
Soil Sci. 99: 362-366.
300. Randhawa, N.S., Kanwar, J.S. and Dijkhawan, D.S. Distribution of different forms of
1961 manganese in the Punjab soils. Soil Sci. 92: 106-112.
301. Rathore, V.S., Wittwer, S.H., Jyung, W.H. et al. Mechanism of zinc uptake in bean
1970 (*Phaseolus vulgaris*) tissue. Physiol. Pl. 23: 908-919.
302. Raulin, J. Etudes chimiques sur la végétation. Ann. Sci. Nat. Bot. 5 Sér.
1869 11: 93-299.
303. Raymond, F.W. The nutritive value of forage crops. Adv. Agron. 21: 1-108.
1969
304. Reilly, C. Accumulation of copper by some Zambian plants. Nature, London.
1967 215: 667-668.
305. Reitz, H.J., Leonard, C.D., Stewart, I. et al. Recommended fertilizers and
1959 nutritional sprays for citrus. Fla. Agr. Expt. Sta. Bull. 536-A: 1-16.
306. Reuther, W., Embleton, T.W. and Jones, W.W. Mineral nutrition of tree crops.
1958 Ann. Rev. Plant Physiol. 9: 175-206. (Ref. Jones and Smith 1964).

307. Reuther, W. and Smith, P.F. Iron chlorosis in Florida citrus groves in relation to
1952 certain soil constituents. Proc. Fla. State Hort. Soc. 65: 62-69.
308. Reuther, W. and Smith, P.F. Effects of high copper content of sandy soil on growth
1953 of citrus seedlings. Soil Sci. 75: 219-224.
309. Reuther, W., Smith, P.F. and Scudder, G.K., Jr. Relation of pH and soil type to
1953 toxicity of copper to citrus seedlings. Proc. Florida State Hort. Soc.
66: 73-80.
310. Rogers, L.H., Gall, O.E. and Barnette, R.M. Soil Sci. 47: 237. (Ref. Russell 1961).
1939
311. Rogers, L.G. and Wu, C. Zinc uptake by oats as influenced by application of lime
1948 and phosphate. J. Amer. Soc. Agron. 40: 563-566.
312. Rossiter, R.C., Curnow, D.H. and Underwood, E.J. The effect of cobalt sulphate on
1948 the cobalt content of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L. v.
Dwalganup) at three stages of growth. J. Austral. Inst. Agric. Sci. 14: 9-14.
313. Russel, F.C. and Duncan, D.L. Minerals in pasture: deficiencies and excesses in
1956 relation to animal health. Commonw. Bur. Anim. Nutr. Tech. Commun.
15: 1-170
314. Russell, E.W. Soil conditions and plant growth. Jarrold, Norwich. 688 p.
1961
315. Ryan, P., Lee, J. and Peebles, T.F. Trace element problems in relation to soil
1967 units in Europe. FAO, Rome. World Soil Resources Report 31.
316. Sanchez, C. and Kamprath, E.J. Effect of liming and organic matter content on the
1959 availability of native and applied manganese. Soil Sci. Soc. Amer.
Proc. 23: 302-304.
317. Sauchelli, V. Trace elements in agriculture. Reinhold, New York. 248 p.
1969
318. Schachtschabel, P. Reaktion und Kalkbedarf von Hochmoorböden. Z. Pfl. ernähr.
1953 Düng. Bodenk. 60: 21-27.
319. Scharrer, K. and Höfner, W. Über die Sorption und Auswaschung des Zinks im Boden.
1958 Z. Pfl. Ernähr. Düng. Bodenk. 81: 201-212.
320. Scharrer, K. und Schaumlöffel, E. Über die Kupferaufnahme durch Sommergetreide auf
1960 Kupfermangelböden. Z. Pfl. Ernähr. Düng. Bodenk. 89: 1-17.
321. Schiller, H., Gusenleitner, J., Lengauer, E., Hofer, B., Voak, H. and Meissner, H.
1967 Fruchtbarkeitstörungen bei Rindern im Zusammenhang mit Düngung, Flora und
Mineralstoffgehalt des Wiesenfutters. Landwirtschaft.-chem. Bundesversuchs-
anst. Linz/D.7: 1-136.
322. Schmehl, W.R. and Humbert, R.P. Nutrient deficiencies in sugar crops. Hunger Signs
1964 in Crops (ed. Sprague). David McKay, New York. p. 415-450.
323. Schropp, W. Die Nichtparasitären Krankheiten, IX. Kupfer. Handbuch der Pflanzenk-
1969 heiten. Verlag Paul Parey, Berlin. 2. Teil: 170-210.
324. Semb, G. and Øien, A. Orienterande undersøkelser over manganmangel i relasjon till
1970 pH og manganinnholdet i jorda. Forskn. Forsøk i Landbr. 21: 125-138.

325. Sherman, G.D., McHargue, J.S. and Hodgkiss, W.S. Determination of active manganese
1942 in soils. *Soil Sci.* 54: 253-257.
326. Shütte, K.H. The biology of the trace elements, their role in nutrition,
1964 Grosley Lockwood, London. 228 p.
327. Sillanpää, M. Trace elements in Finnish soils as related to soil texture and
1962a organic matter content. *J. Sci. Agric. Soc. Finland* 34: 34-40.
328. Sillanpää, M. On the effect of some soil factors on the solubility of trace
1962b elements. *Agrogeol. Publ.* 81: 1-24.
329. Sillanpää, M. and Lakanen, E. Readily soluble trace elements in Finnish soils.
1966 *Ann. Agric. Fenn.* 5: 298-304.
330. Sillanpää, M. and Lakanen, E. Trace element contents of plants as a function of
1969 readily soluble soil trace elements. *J. Sci. Agric. Soc. Finland*
41: 60-67.
331. Singh, D., Dogne, R.S. and Dikshit, R.G. Copper status of medium black soils
1969 (Indore District), M.P. *Indian J. Agric. Chem.* 2: 73-76.
332. Sivaragasingham, S., Alexander, L.T. Gady, J.G. and Cline, M.G. Laterite.
1962 *Adv. Agron.* 14: 1-60.
333. Smith, S.E. The nutrition of dairy cattle. *Agric. Chemistry* (ed. D.E.H. Frear)
1951 Vol. 2: 347-374.
334. Soltanpour, P.N., Reuss, J.O. and Walker, J.G. Zinc experiments on potatoes in the
1970 San Luis Valley of Colorado. *Amer. Pot. J.* 47: 435-443.
335. Somers, I.I. and Shive, J.W. The iron-manganese relation in plant metabolism.
1942 *Plant Physiol.* 17: 582-602.
336. Sommer, A.L. Copper as an essential element for plant growth. *Plant Physiol.*
1931 6: 339-345.
337. Sommer, A.L. and Lipman, C.B. Evidence of the indispensable nature of zinc and
1926 boron for higher green plants. *Plant Physiol.* 1: 231-249.
338. Sorensen, R.C., Oelsligle, D.D. and Knudsen, D. Extraction of Zn, Fe and Mn from
1971 soils with 0.1 N hydrochloric acid as affected by soil properties,
solution: soil ratio, and length of extraction period. *Soil Sci.* 111:
352-359.
339. Southwick, R.W. Pressure injection of iron sulphate into citrus trees. *Proc. Amer.*
1945 *Hort. Sci.* 46: 27-31
340. Spencer, W.F. Effects of heavy applications of phosphate and lime on nutrient
1960 uptake, growth, freeze injury and root distribution of grapefruit trees.
Soil Sci. 89: 311-318.
341. Sprague, H.B. (editor). *Hunger Signs in Crops.* David McKay, New York. 461 p.
1964a
342. Sprague, H.B. Why do plants starve? *Hunger Signs in Crops.* (ed. H.B. Sprague)
1964b p. 1-24.

343. Steinberg, R.A. Symptoms of molybdenum deficiency in tobacco. *Plant Phys.* 28:
1953 317-322.
344. Stewart, I. and Leonard, C.D. Iron chlorosis of citrus; its possible causes and
1952a developments of new methods of control through the soil. *Citrus Mag.* 32(8):
6-9.
345. Stewart, I. and Leonard, C.D. Chelates as sources of iron for plants growing in the
1952b field. *Science* 116: 564-566.
346. Stewart, J., Mitchell, R.L., and Stewart, A.B. Pining in sheep: its control by
1941 administration of cobalt and by use of cobalt-rich fertilizers. *Empire J.*
Exp. Agric. 9: 145-152.
347. Stiles, W. Trace elements in plants. University Press, Cambridge. 249 p.
1961
348. Stout, P.R. and Johnson, C.M. Yearbook of Agriculture (ed. A. Stefferud).
1957 U.S. Govt. Printing Off., Washington, D.C. p 139-150
349. Sullivan, J.T. The chemistry of forage crops. *Agricultural Chemistry* (ed. D.F.H.
1951 Frear): 61-89. Lancaster Press, Lancaster, Pa.
350. Svanberg, O., Ekman, P. and Persson, N.E. Introductory note on the determination
1949 of copper fixation in soils by means of E.M.F.'s of concentration cells.
Ann. Roy. Agric. Coll. Sweden 16: 545-557.
351. Swaine, D.J. The trace-element content of soils. *Commonwealth Bur. Soils.*
1955 *Techn. Comm.* 48: pp. 157.
352. Swaine, D.J. The trace-element content of fertilizers. *Commonwealth Bur. Soils,*
1962 *Techn. Comm* 52: pp. 306.
353. Swaine, D.J. and Mitchell, R.L. Trace element distribution in soil profiles.
1960 *J. Soil Sci.* 11: 347-368.
354. Szalay, A. and Szilágyi, M. Laboratory experiments on the retention of micro-
1968 nutrients by peat humic acids. *Plant and Soil* XXIX: 219-224.
355. Tähtinen, H. Boorilannoituksen jälkivaikutus (Residual effect of boron fertiliz-
1970 ation). *Ann. Agric. Fenn.* 9: 331-335.
356. Tainio, A. Hivenaineiden puutteesta Suomen Kasvinviljelyssä. *Suom.*
1953 *Kemistilehti* 26: 192-196.
357. Taper, C.D. and Leach, W. Studies in mineral nutrition. III. The effects of
1957 calcium concentration in culture solution upon the absorption of iron and
manganese by dwarf kidney beans. *Canad. J. Bot.* 35: 773-777.
358. Thacker, F.J. and Beeson, K.C. Occurrence of mineral deficiencies and toxicities
1958 in animals in the United States and problems of their detection. *Soil Sci.*
85: 87-94.
359. Thompson, L.M. Soils and Soil Fertility. McGraw-Hill, New York. 451 p.
1957
360. Thorne, D.W., Wann, F.B. and Robinson, W. Hypotheses concerning lime-induced
1951 chlorosis. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 15: 254-258.

361. Thorne, D.W. Zinc deficiency and its control. *Adv. Agron.* 9: 31-65.
1957
362. Tisdale, S.L. Ph.D. Thesis, Purdue University (Ref. Tisdale and Nelson 1966).
1949
363. Tisdale, S.L. and Nelson, W.I. Soil fertility and fertilizers. Macmillan, New York.
1966 694 p.
364. Titatarn, P., Kurmarohita, K. and Tanuttamavong, P. An investigation on the status
1967 of some minor elements in low humic gley soils of Chiangmai in relation to
the production of soybean and peanut (groundnuts). Dept. Agric. Bangkok.
Techn. Bull. No. 8: 8p.
365. Tobia, S.K. and Hanna, A.S. Effect of copper status of Egyptian soils. I. Amount
1958 of copper retained by soils. *Soil Sci.* 85: 302-306.
366. Todd, W.R., Elvehjem, C.A. and Hart, E.B. *Amer. J. Physiol.* 107: 146 (Ref.
1934 Underwood 1962).
367. Truog, E. Lime in relation to availability of plant nutrients. *Soil Sci.* 65: 1-7.
1948
368. Turner, R.G. Heavy metal tolerance in plants. Ecological aspects of mineral
1969 nutrition of plants (eds. I.H. Rorison *et al.*). Blackwell Scientific
Publications, Oxford and Edinburgh. 399-410 p.
369. Turner, R.G. and Gregory, R.P.G. The use of radioisotopes to investigate heavy
1967 metal tolerance in plants. *Isotopes in Plant Nutrition and Physiology.*
IAEA/FAO, Vienna.
370. Twyman, E.S. The iron and manganese requirements of plants. *New Phytol.* 50:
1951 210-226.
371. Ulrich, A. Plant analysis - guide to sugarbeet needs. *Better Crops with Plant*
1962 *Food* 46 (3): 24-31.
372. Ulrich, A. and Ohki, K. Chlorine, bromine and sodium as nutrients for sugarbeet
1956 plants. *Plant Physiol.* 31: 171-181.
373. Underwood, E.J. Trace elements in human and animal nutrition. Academic Press.
1962 New York, - London. 429 p.
374. Underwood, E.J. The mineral nutrition of livestock, Commonwealth Agr. Bureaux
1966 in conjunction with FAO. The Central Press (Aberdeen). 237 p.
375. UNIDO Fertilizer Manual, United Nations, New York. 218 p.
1967
376. United States Department of Agriculture. Yearbook (1957) (Ref. Sauchelli 1969).
1957
377. Van Campen, D. Trace elements in farm animals. *Spán (London)* 13(3): 181-184.
1970.
378. Van Maren, A.F. Unpublished data Univ. of Cal., Agr. Extension Service, Riverside
(ref. Kranz and Melsted 1964).

379. van't Woudt, B.D. and Hagan, R.M. Drainage of Agricultural Lands (ed. N.J. Luthin).
1957 514-578 p. (Ref. Grable 1966).
380. Viets, F.G., Boawn, L.C. and Crawford, C.L. Zinc content of bean plants in relation
1954 to deficiency symptoms. Plant Physiol. 29: 76-79.
381. Viets, F.G., Boawn, L.C. and Crawford, C.L. The effect of nitrogen and types of
1957 nitrogen carrier on plant uptake of indigenous and applied zinc.
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 21: 197.
382. Vlamis, J. and Williams, D.E. Iron and manganese relations in rice and barley
1964 Plant Soil 20: 221-231.
383. Vogt, T. and Bergh, H. (Geochemical and geobotanical ore prospecting. X
1946 Determination of copper in soil.) K. Norske Vidensk. Selsk. For. 19 (21):
76-79.
384. Vose, P.B. and Randall, P.J. Resistance to aluminium and manganese toxicity in
1962 plants related to variety and cation exchange capacity. Nature (London)
196: 85.
385. Vuorinen, J. On the amounts of minor elements in Finnish soils. J. Sci. Agric.
1958 Soc. Finland 30: 30-35.
386. Wahhab, A. and Bhatti, H.M. Trace element status of some West Pakistan soils.
1958 Soil Sci. 86: 319-323.
387. Wain, R.L., Silk, B.J. and Wills, B.C. The fate of manganese sulphate in alkaline
1943 soils. J. Agric. Sci. 33: 18-22.
388. Wallace, A. Role of chelating agents on the availability of nutrients to plants.
1963 Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27: 176-179.
389. Wallace, T. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms,
1951 2nd ed. H.M. Stationery Office, London.
390. Wallace, T. Report on replies to questionnaire. App. III, Co-op. res. project on
1961a trace elements of the Sub-Comm. Agric. Res. of ECA meeting in Dublin,
May 1959. FAO, Rome, 1961.
391. Wallace, T. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms.
1961b Curven Press, London. 125 p. + 312 colour plates).
392. Walsh, T., Golden, S.O. and Fleming, G.A. Soil plant studies on manganese toxicity
1950 in weeds in relation to phosphate application. Trans. Fourth Intern.
Congr. Soil Sci. 3: 115-119.
393. Walter, B. Die Eigenschaften von Weinbergsböden unter chlorotischen Beständen.
1960 Weinberg u. Keller 7: 151-171.
394. Ward, R.C., Langin, E.J., Olson, R.A. and Stuckenholtz, D.D. Factors responsible for
1963 poor response of corn and grain sorghum to phosphorus fertilization.
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27: 326-330.
395. Warrington, K. The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain
1923 other plants. Ann. Bot. 37: 629-672.
396. Watkinson, J.H. Soil selenium and animal health. Trans. (Comm. IV and V)
1962 Int. Soil Conf., New Zealand, A3: 7 p.

397. Wear, J.I. The effect of soil pH and calcium on uptake of Zn by plants.
1956 Soil Sci. 81: 311-315.
398. Weinstein, L.H. and Robbins, W.R. The effect of different iron and manganese
1955 nutrient levels on the catalase and cytochrome oxidase activities of
green and albino sunflower leaf tissues. Plant Physiol. 30: 27-32.
399. Wells, N. Total elements in topsoils from igneous rocks; An extension of geo-
1960 chemistry. J. Soil Sci. 11: 409-424.
400. Whetstone, R.R., Robinson, W.O. and Byers, H.G. Boron distribution in soils and
1942 related data. U.S. Dept. Agric. Tech. Bull. 797: 32 p.
401. Whittington, W.J. The role of boron in the nutrition of certain legumes. Ph.D.
1956 Thesis, Univ. Nottingham, U.K. (Ref. Sauchelli 1969).
402. Whitty, E.B., McCants, C.B. and Shaw, L. Influence of width of fertilized band of
1966 soil on response of Burley tobacco to nitrogen and phosphorus. Tobacco
Sci. 10: 17-22.
403. Wiklander, L. The soil. Handbuch der Pflanzenphysiologie (ed. W. Ruhland).
1958 Springer-Verlag, Berlin. 118-169 p.
404. Wilcox, L.V. Boron injury to plants. Agr. Inform. Bull. 211, U.S. Gov.
1960 Printing Office. 7 p.
405. Wilson, S.B. and Nicholas, D.J.D. A cobalt requirement for non-nodulated legumes
1967 and for wheat. Phytochem. 6: 1057-1066.
406. Winogradow, A.P. Geochemie seltener und nur in Spuren vorhandener chemischer
1954 Elemente im Boden. Akad. Verl., Berlin. 214 p.
407. Winsor, H.W. Penetration and loss of heavy applications of Borax in Florida
1952 Mineral Soils. Soil Sci. 74: 459-466.
408. Withee, L.V. and Carlson, C.W. Foliar and soil applications of iron compounds to
1959 control iron chlorosis of grain sorghum. J. Amer. Soc. Agron. 51: 474-476.
409. Woodhouse, W.W., Jr. Nutrient deficiencies in forage grasses. Hunger Signs in
1964 Crops (ed. H.B. Sprague). David McKay, New York. 181-218 p.
410. Woodruff, C.M., McIntosh, J.L., Mikulcik, J.D. and Sinha, H. How Potassium caused
1960 boron deficiency in soybeans. Bett. Crops 44: 4-11.
411. Wright, J.R. and Lawton, K. Cobalt investigations on some Nova Scotia soils.
1954 Soil Sci. 77: 95-105.
412. Yamasaki, T. (Studies on the excess-moisture injury of upland crops in over-moist
1952 soil from the viewpoint of soil chemistry and plant physiology).
Engl. summary. Bull. Nat. Inst. Agric. Sci. Tokyo, B1: 1-92.
413. Yamasaki, T. "Secondary fertilizer elements" and micro-elements. Agric., Asia,
1968 Special Issue No. 6: 99-111.
414. Young, R.S. Solubility of cobalt in soil. J. Soil Sci. 6: 233-240.
1955
415. Zacherl, M.K., Weiser, M. and Onderscheka, K. Über den Mineralstoffgehalt des Heus.
1965 Wiener Tierärztl. Mon. Schr. 52: 957-967.



