

Virkningen af forskellige kobbermidler indgranuleret i NPK-gødninger

Af A. J. Andersen

Afdelingen for landbrugsforsøg, Risø, Roskilde

De moderne blandingsgødninger indeholder ofte forskellige sekundære plantenæringsstoffer, som under fabrikationen samgranuleres med gødningsmidlets indhold af hovedplantenæringsstoffer. Allerede i begyndelsen af 1960'erne markedsførtes her i landet en PK-gødning med et kobberindhold på 0,4%, og i de seneste år er der udbudt NPK-gødninger, som indeholder små mængder kobber (Cu).

I gødningsfabrikationen tilsættes Cu i form af vandopløseligt kobbersulfat, men dette omdannes under fremstillingsprocessen således, at Cu i de færdige NPK-gødninger forekommer i tungtopløselige forbindelser. Det er derfor nærliggende at spørge, om Cu-effekten er afhængig af, om Cu under fabrikationen tilsættes i vandopløselig form, eller om man uden kvalitetsmæssige følger kan anvende andre og eventuelt billigere Cu-midler ved fremstillingen af disse gødninger.

Steenbjerg's undersøgelser over forskellige Cu-mineralers gødningsværdi (5) og 16 års resultater fra et kobbermiddelforsøg ved Ulfborg (3) tyder ikke på, at virkningen af tungtopløselige Cu-forbindelser er væsentlig ringere end virkningen af det vandopløselige kobbersulfat. Erfaringer fra praksis og resultater fra talrige markforsøg udført af Landbo- og Husmandsforeningernes forsøgsvirksomhed tyder på en helt tilfredsstillende virkning af Cu indgranuleret i PK-gødning i form af kobbersulfat.

Virkningen af Cu indgranuleret i NPK-gødninger er derimod endnu ikke tilstrækkelig belyst i forsøg. *Ødelien* fandt (7), at effekten af små mængder Cu i kobbersulfat blev noget reduceret ved at sammengranuleres med NPK-gødninger, men hvis gødningen tilførtes i pulveriseret form, var virkningen lige så god som af Cu tilført i kobbersulfat separat. Her fra landet foreligger resultater fra 11 markforsøg

i 2 år (3) med Norsk Hydros NPK-gødning 15:4:12, som indeholder 0,3% Cu, der under fabrikationen er tilsat som henholdsvis kobbersulfat, kobbernitrat og kobberilte. Disse resultater tyder på, at Cu indgranuleret i form af kobbersulfat har virket fuldt så godt som Cu i kobbersulfat tilført separat, medens indgranulering i form af kobbernitrat og kobberilte har givet en lidt ringere effekt.

I det følgende meddeles resultater fra et karforsøg, hvor virkningen af 6 forskellige Cu-midler indgranuleret i Norsk Hydros NPK-gødning 15:4:12 er sammenlignet med virkningen af Cu i kobbersulfat tilført separat.

Materiale og metoder

I karforsøget blev anvendt en hedesandjord, som i tidligere forsøg havde givet sikre udslag for kobbergødskning (6). Jorden var ved udtagningen næringsfattig og sur ($R_t = 4,2$); indholdet af EDTA-opløseligt Cu var 0,17 mg pr. kg, og af syreopløseligt Cu fandtes 0,38 mg pr. kg. Der blev tilført 5 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 0,5 g $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ og 12,5 g $CaCO_3$ pr. kar à 21 kg jord, og varierende mængde NPK-gødning uden Cu blev kombineret med stigende mængde NPK-gødning, som indeholdt 0,3% Cu, således at alle kar blev tilført 24 g NPK (15:4:12) med stigende mængde Cu.

Der blev afprøvet 6 NPK-gødninger (15:4:12) med 0,3% Cu, som var indgranuleret i form af kobbersulfat, kobbernitrat, kobberilte (Hør-gaards), rent kuprooxid, rent kuprioxid og kopperhaftstaub. I hvilken kemisk form Cu forekommer i det sidstnævnte stof er ikke oplyst fra fabrikken. Gødningerne blev iblandet hele jordmængden i karrene. Forsøget blev vandet med afioniseret vand til ca. 70% af vandkapaciteten, og der blev anvendt plast i stedet for

Tabel 1. Indholdet af kobber i de anvendte NPK-gødninger og dets opløselighed i vand

Kobbergødning	Total Cu		Vandopløseligt Cu
	%	ppm	% af total
NPK-CuSO ₄	0,29	100	3,4
NPK-Cu(NO ₃) ₂	0,31	30	1,0
NPK-CuO + Cu ₂ O....	0,29	90	3,0
NPK-Cu ₂ O.....	0,29	60	2,0
NPK-CuO.....	0,31	70	2,3
NPK-Kupferhaftstaub.	0,30	60	2,0

messinghane på vandledningen for at undgå tilførsel af Cu under vandingen.

Gødningernes indhold af Cu og dets opløselighed i vand er anført i tabel 1. Total-Cu blev bestemt efter behandling af en prøve med salpetersyre og flussyre, men det viste sig, at der ikke gik mere i opløsning ved denne behandling end ved anvendelse af den officielle metode (1) til ekstraktion af tungtopløselige forbindelser (rystning 1 time med 10 % saltsyre i forholdet 1:80). Vandopløseligt Cu er bestemt ved rystning af 10 g gødning i 800 ml vand i 1 time. Kun 1-3,5 % af totalindholdet af Cu var vandopløseligt.

Efter forsøgets afslutning blev der fra alle

forsøgsleddene udtaget jordprøver, som ekstraheredes med henholdsvis 0,02 M EDTA (dinitrium-ethylendiamintetraacetat) som beskrevet af Henriksen og Jensen (2) og ved kogning med en blanding af salpetersyre og perchlorsyre (8). Kobber i afgrøderne blev bragt i opløsning ved foraskning med salpetersyre og perchlorsyre. Både i jordekstrakterne og i planteaskeopløsningerne blev Cu-bestemmelserne udført ved absorptionsflammetometri.

Virkingen af Cu indgranuleret i NPK-gødning blev sammenlignet med virkingen af Cu i CuSO₄ · 5H₂O tilført separat. Der blev tilført stigende mængde Cu, som det vil fremgå af tabellerne i følgende afsnit. Forsøget blev gennemført med stålhavre i sommeren 1966 og derefter fortsattes med rødkløver, som blev høstet 6 gange, inden forsøget afsluttedes i oktober 1967. Ved tilberedning af karrene før såning af rødkløver den 1. september 1966 blev de øverste ca. 10 cm jord taget op og iblandet 10 g Cu-fri NPK-gødning, og efter 3. høst den 3. juli 1967 blev der udstrøet 10 g NPK-gødning pr. kar på jordoverfladen. Forsøget var i sommermånederne placeret i det fri (voliere) og i vintermånederne i drivhus med tilskud af

Tabel 2. Tørstofudbytte af havre fra karforsøg med stigende tilførsel af forskellige kobbergødninger til hedesandjord

Kobbergødning	Tilført mg Cu pr. kar					
	0	6	12	24	48	72
	g kerne tørstof pr. kar					
CuSO ₄ · 5 H ₂ O.....	44,0	81,0	87,5	93,5	92,5	94,5
NPK-CuSO ₄	44,0	82,0	86,5	81,5	98,5	95,5
NPK-Cu(NO ₃) ₂	44,0	74,0	63,5	79,5	86,5	89,5
NPK-CuO + Cu ₂ O.....	44,0	77,0	82,5	92,0	95,0	96,5
NPK-Cu ₂ O.....	44,0	80,5	82,0	92,0	94,0	94,0
NPK-CuO.....	44,0	83,0	85,0	90,0	92,5	99,0
NPK-Kupferhaftstaub....	44,0	83,5	82,0	87,0	83,5	84,0
	g halmtørstof pr. kar					
CuSO ₄ · 5 H ₂ O.....	110,0	98,5	101,0	103,0	107,0	112,5
NPK-CuSO ₄	110,0	103,0	104,5	102,0	109,5	109,5
NPK-Cu(NO ₃) ₂	110,0	103,0	98,5	114,0	111,5	106,5
NPK-CuO + Cu ₂ O.....	110,0	103,5	108,5	107,0	114,0	110,5
NPK-Cu ₂ O.....	110,0	103,5	102,5	105,0	107,0	112,5
NPK-CuO.....	110,0	101,5	103,0	110,0	110,0	110,0
NPK-Kupferhaftstaub....	110,0	96,5	99,0	110,0	98,0	106,0

Tabel 3. Kobberindholdet i havre fra karforsøg med stigende tilførsel af forskellige kobbergødninger til hedesandjord

Kobbergødning	0	Tilført mg Cu pr. kar				
		6	12	24	48	72
		ppm Cu i kernetørstof				
CuSO ₄ 5 H ₂ O.....	3,2	3,0	4,5	5,5	6,6	7,2
NPK-CuSO ₄	3,2	1,7	2,0	2,5	3,0	4,1
NPK-Cu(NO ₃) ₂	3,2	2,3	1,9	2,0	2,4	3,3
NPK-CuO + Cu ₂ O.....	3,2	2,6	3,1	3,3	3,2	3,8
NPK-Cu ₂ O.....	3,2	2,2	2,5	3,0	3,1	4,5
NPK-CuO.....	3,2	2,3	2,6	2,7	2,1	3,6
NPK-Kupferhaftstaub....	3,2	2,3	2,0	2,3	2,8	3,9
		ppm Cu i halmtørstof				
CuSO ₄ 5 H ₂ O.....	2,5	3,3	4,0	4,5	5,4	6,3
NPK-CuSO ₄	2,5	3,1	3,2	3,5	3,7	4,0
NPK-Cu(NO ₃) ₂	2,5	2,6	3,4	3,1	3,3	3,1
NPK-CuO + Cu ₂ O.....	2,5	2,5	2,7	2,8	3,3	3,2
NPK-Cu ₂ O.....	2,5	3,1	2,9	2,7	3,3	3,8
NPK-CuO.....	2,5	2,7	3,2	3,4	2,9	3,2
NPK-Kupferhaftstaub....	2,5	2,6	2,6	2,7	3,2	4,6

kunstlys 18 timer i døgnet. Kort tid efter, at forsøget var flyttet i drivhus, forekom der i nogle af karrene kraftige angreb af knoldbægersvamp. Ved gentagne og omhyggelige sprøjtninger med karatane lykkedes det at begrænse angrebet så meget, at forsøget kunne fortsætte, men det har uden tvivl øget usikkerheden på forsøgsresultaterne.

Resultater

Udbyttet af kernetørstof blev fordoblet ved tilførsel af Cu, men halmudbyttet var praktisk taget uafhængigt af forsøgsbehandlingen (tabel

2). Middelfavgelserne på udbyttebestemmelserne var på 9,3 og 7,0% af gennemsnitsudbyttet af henholdsvis kerne og halm, og dette indebærer, at forskellen mellem to forsøgsbehandlinger skal være på ca. 12 g tørstof pr. kar, før den med 95% sandsynlighed kan anses for sikker. Udbyttemaximum for kerne er opnået ved en tilførsel af ca. 24 mg Cu pr. kar. Der kan ikke konstateres nogen overbevisende forskel mellem de forskellige Cu-gødningers indflydelse på kerneudbyttet, men der er en antydning af, at Cu indgranuleret i form af kobbernitrat og kupferhaftstaub har virket lidt rin-

Tabel 4. Total optaget kobber i havre fra karforsøg med stigende tilførsel af forskellige kobbergødninger til hedesandjord

Kobbergødning	0	Tilført mg Cu pr. kar				
		6	12	24	48	72
		optaget mg Cu pr. kar				
CuSO ₄ 5 H ₂ O.....	0,41	0,57 a	0,79	0,97	1,19	1,38
NPK-CuSO ₄	0,41	0,46 ab	0,51 ab	0,56 a	0,71 a	0,83 ab
NPK-Cu(NO ₃) ₂	0,41	0,47 ab	0,45 ab	0,51 a	0,57 bcd	0,62 c
NPK-CuO + Cu ₂ O.....	0,41	0,46 ab	0,55 a	0,60 a	0,68 ab	0,72 bc
NPK-Cu ₂ O.....	0,41	0,49 ab	0,50 ab	0,56 a	0,65 abc	0,85 a
NPK-CuO.....	0,41	0,47 ab	0,56 a	0,62 a	0,52 d	0,70 c
NPK-Kupferhaftstaub....	0,41	0,44 b	0,43 b	0,50 a	0,55 cd	0,83 ab

Tabel 5. Total tørstofudbytte af rødkløver fra karforsøg med stigende tilførsel af forskellige kobbergødninger til hedesandjord

Kobbergødning	0	6	Tilført mg Cu pr. kar			
			12	24	48	72
			g tørstof pr. kar			
CuSO ₄ · 5 H ₂ O.....	168	182	179	180	172	174
NPK-CuSO ₄	168	175	177	178	172	172
NPK-Cu(NO ₃) ₂	168	168	180	167	164	180
NPK-CuO + Cu ₂ O.....	168	164	180	177	164	178
NPK-Cu ₂ O.....	168	184	183	181	177	165
NPK-CuO.....	168	181	176	172	162	172
NPK-Kupferhaftstaub..	168	181	174	169	170	168

gere end de øvrige Cu-midler, der er anvendt.

Kobberkoncentrationen i halmtørstoffet steg med stigende Cu-tilførsel, medens den i kerner først faldt og dernæst steg med stigende tilførsel (tabel 3). Totaloptagelsen af Cu i havreafgrøden er vist i tabel 4, og disse tal er for hver mængde tilført Cu indbyrdes sammenlignet efter »Duncan's new multiple range test« (4). De tal, der har et indeksbogstav fælles med andre tal i samme kolonne, er ikke signifikant forskellige på 5%’s niveauet. Det fremgår heraf, at Cu-optagelsen efter tilførsel af indtil 24 mg Cu pr. kar var omtrent ens, uanset hvilket Cu-middel der blev indgranuleret i NPK-gødningen, og gennemføres vurderingen ved en signifikansgrænse på 1%, er der ingen sikre forskelle på virkningen af disse gødninger. Derimod er der en tydelig større Cu-optagelse fra kobbersulfat tilført separat, end fra Cu indgranuleret i NPK-gødning.

Rødkløveren blev høstet 2 gange (27. de-

cember 1966 og 31. marts 1967) i løbet af vinterperioden og 4 gange i sommerperioden (22. juni, 24. juli, 24. august og 16. oktober). Det gennemsnitlige tørstofudbytte i de 6 afgrøder var: 22,0 - 36,0 - 51,0 - 33,0 - 18,0 - 14,0 g pr. kar. Tabel 5 giver en oversigt over totaludbytteerne, som viser, at der ikke er opnået merudbytter i rødkløver for gødskning med Cu.

Kobberkoncentrationen i kløveren steg med stigende Cu-tilførsel, og der var en signifikant forskel på virkningen af de forskellige gødninger. Tabel 6 giver en oversigt over total optaget Cu i rødkløver, og da der ikke var udbytteforskelle, illustrerer disse resultater tillige forsøgsbehandlingens gennemsnitlige indflydelse på Cu-koncentrationen i afgrøderne. Total Cu-optagelsen i rødkløver er ligesom for havren vedkommende sammenlignet ved hjælp af Duncan's test på 5%’s signifikans-niveauet, og det ses, at der heller ikke for rødkløver kan kon-

Tabel 6. Total kobberoptagelse i 6 rødkløverafrøder fra karforsøg med stigende tilførsel af forskellige kobbergødninger til hedesandjord

Kobbergødning	0	6	Tilført mg Cu pr. kar			
			12	24	48	72
			optaget mg Cu pr. kar			
CuSO ₄ · 5 H ₂ O.....	0,63	0,79 a	0,97 a	1,57	2,17	2,38
NPK-CuSO ₄	0,63	0,71 ab	0,81 b	1,05 a	1,42 a	1,74 a
NPK-Cu(NO ₃) ₂	0,63	0,67 ab	0,81 b	0,94 b	1,18 c	1,60 b
NPK-CuO + Cu ₂ O.....	0,63	0,64 b	0,88 ab	1,03 a	1,23 c	1,49 c
NPK-Cu ₂ O.....	0,63	0,73 ab	0,84 b	1,15 a	1,35 ab	1,63 ab
NPK-CuO.....	0,63	0,75 ab	0,83 b	1,05 a	1,23 c	1,68 ab
NPK-Kupferhaftstaub..	0,63	0,77 a	0,78 b	1,06 a	1,26 bc	1,63 ab

stateres nogen sikker forskel mellem de forsøgsled, der blev tilført indtil 24 mg Cu indgranuleret i NPK-gødningen. Både for havren og rødkløveren synes der imidlertid at være en noget større differentiering mellem gødningernes virkning på Cu-optagelsen ved de to største mængder tilført Cu. Men kun fra det forsøgsled, hvor Cu er indgranuleret i form af kobbernitrat, er optagelsen i begge afgrøder og fra begge Cu-mængder signifikant lavere end optagelsen i de afgrøder, som er tilført NPK-gødning med Cu indgranuleret i form af kobbersulfat. Optagelsen fra de øvrige NPK-gødninger var i forhold hertil noget varierende, og nogen klar og sikker konklusion kan der ikke drages af denne sammenligning.

Det kan synes overraskende, at der ikke kunne opnås merudbytte i rødkløver for Cu-tilførsel, når der opnåedes et så betydeligt udslag i havren – fordobling af kerneudbyttet. Dette må formentlig skyldes, at der efter opgødsning og kalkning af jorden er sket en øget omsætning af humusstofferne, og dette kan have medført en frigivelse af Cu fra komplekse kobberhumater. Antagelsen af, at en sådan frigørelse af Cu er foregået gennem vækstperioden, understøttes af, at Cu-optagelsen fra grundgødet (uden Cu) i forhold til optagelsen fra de gødede forsøgsled steg gennem vækstperioden. Cu-optagelsen i 1. kløverafgrøde fra grundgødet var f.eks. kun 14% af den maksimale optagelse i kar, der var tilført kobbersulfat, medens den i sidste afgrøde af rødkløver (6. slet) var 40%. Endvidere tyder analyser af

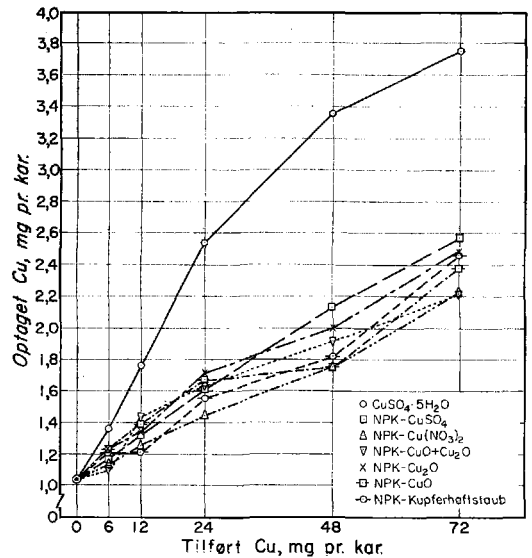


Fig. 1. Totaloptagelsen af Cu i 1 havre- og 6 rødkløverafgrøder fra karforsøg med hedesandjord tilført stigende mængder af forskellige Cu-gødninger.

jordprøver udtaget ved forsøgets afslutning på, at der er sket en Cu-frigørelse, idet EDTA-opløseligt Cu i grundgødet steg fra 0,17 til 0,60 mg Cu pr. kg jord.

Figur 1 viser sammenhængen mellem tilført og total optaget Cu i havre og rødkløver, og i tabel 7 er meroptagelsen af Cu anført som procent af den tilførte mængde (beregnet som differencen mellem det grundgødede og det tilsvarende Cu-gødede forsøgsled). Det mest bemærkelsesværdige i denne sammenligning er, at Cu-optagelsen er meget større fra kobbersulfat tilført separat end fra de forskellige Cu-

Tabel 7. Meroptagelsen af kobber i procent af den tilførte mængde (optagelseskoefficienten \times 100)

Kobbergødning	6	Tilført mg Cu pr. kar			
		12	24	48	72
		optaget i % af tilført Cu			
CuSO ₄ · 5 H ₂ O.....	5,3	6,0	6,2	4,8	3,8
NPK-CuSO ₄	2,2	2,3	2,4	2,3	2,1
NPK-Cu(NO ₃) ₂	1,7	1,8	1,7	1,5	1,6
NPK-CuO + Cu ₂ O.....	1,0	3,2	2,5	1,8	1,6
NPK-Cu ₂ O.....	3,0	2,5	2,8	2,0	2,0
NPK-CuO.....	3,0	2,9	2,6	1,5	1,8
NPK-Kupferhaftstaub.....	2,8	1,4	2,2	1,6	2,0

Tabel 8. Afgrødernes optagelse af kobber indgranuleret i NPK-gødning i forhold til optagelsen fra blåsten tilført separat. Tilført 72 mg Cu pr. kar

Kobbergødning	Havre	Rødkløver, slet nr.					
		1	2	3	4	5	6
CuSO ₄ · 5 H ₂ O.....	100	100	100	100	100	100	100
NPK-CuSO ₄	60	75	77	68	70	74	83
NPK-Cu(NO ₃) ₂	45	54	64	59	80	92	90
NPK-CuO + Cu ₂ O.....	52	65	64	54	60	73	75
NPK-Cu ₂ O.....	61	74	67	66	61	78	71
NPK-CuO.....	51	65	57	68	83	95	81
NPK-Kupferhaftstaub...	60	82	60	71	64	67	68

midler indgranuleret i NPK-gødning. Endvidere at det i alle tilfælde er en meget lille part af det tilførte Cu, der er blevet optaget af planterne gennem denne ret langvarige og intensive dyrkning af jorden. Kurveforløbene og variationerne i tallene for Cu i NPK-gødning tyder ikke på, at der er nogen væsentlig forskel på virkningen af forskellige Cu-midler indgranuleret i NPK-gødning.

Det er nærliggende at spørge, om den forskel, der er konstateret mellem kobbersulfat tilført separat og Cu i NPK-gødninger, er permanent, eller den ændres og eventuelt udlignes med tiden. I tabel 8 er optagelsen fra de kar, der er tilført 72 mg Cu indgranuleret i NPK-gødning angivet i forhold til optagelsen fra de kar, der er tilført samme mængde Cu i kobbersulfat. Det ses, at der er en tendens til, at forskellen mellem kobbersulfat og NPK-Cu udlignes med tiden. Dette kunne tyde på, at det tilførte Cu, som det måtte forventes, omdannes i jorden, således at tilgængeligheden på længere sigt bliver bestemt af jordtypens kemiske egenskaber og er uafhængig af, i hvilken form Cu tilføres.

Sammendrag

I et karforsøg med en Cu-fattig hedesandjord blev virkningen af 6 forskellige Cu-midler indgranuleret i Norsk Hydro's NPK-gødning 15:4:12 sammenlignet og vurderet i forhold til virkningen af Cu tilført i form af kobbersulfat. Virkningen blev målt ved tørstofproduktionen og Cu-optagelsen i en havre- og seks rødkløverafgrøder.

Resultaterne for kerneudbytterne i havren antydede en lidt ringere virkning af Cu indgranuleret i form af kobbernitrat og kupferhaftstaub end af de øvrige prøvede Cu-midler. Denne forskel kunne imidlertid ikke genfindes i rødkløverafgrøderne, hvor tørstofproduktionen var uafhængig af forsøgsbehandlingen. Der kunne derfor ikke konstateres nogen overbevisende forskel på de her afprøvede Cu-midler indgranuleret i NPK-gødning, og vurderet alene på grundlag af tørstofproduktion var virkningen den samme som af Cu tilført i form af kobbersulfat. Koncentrationen af Cu var derimod betydelig højere i de afgrøder, der blev tilført kobbersulfat, end i de afgrøder, der blev tilført Cu indgranuleret i NPK-gødningen.

Summary

The effect of different copper materials incorporated in compound fertilizers.

The effects of small amounts of different copper materials incorporated in compound fertilizers were measured in a pot experiment with a copper deficient light sandy soil using oats and clover as test crops. The compound fertilizer (NPK 15:4:12, type Norsk Hydro) contained 0,3 % copper which was added before the granulation process.

The effects of Cu added in NPK was compared with that of Cu in copper sulphate added separately. A crop of oats was succeeded by red clover (6 cuttings) during a growing period of seventeen months. Differences in the effects of Cu incorporated in NPK fertilizers could be observed in the dry matter production of oats but the total uptake of Cu by oats and red clover were almost independent of the copper materials incorporated in the NPK fertilizers. The results showed that the

plant uptake of Cu added in compound fertilizers was lower than of Cu added in copper sulphate.

Litteratur

1. Arbejdsmetoder for kemiske undersøgelser af mælk og mejeriprodukter, foderstoffer samt gødningsstoffer og grundforbedringsmidler fastsatte af Ministeriet for Landbrug og Fiskeri. A/S J. H. Schultz Bogtrykkeri, København 1941.
2. *Henriksen, A. and H. L. Jensen* (1958): Chemical and Microbiological Determination of Copper in Soil. *Acta Agrilculturae Scandinavica* 8:441-469.
3. *Olesen, Johs. og Jens Hedegaard* (1968): Forsøg med kvælstof, fosfor og kalium samt magnesium og mikronæringsstoffer. Beretning om fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforeninger 1967, 331-338.
4. *Steel, R. G. D. and J. H. Torrie* (1960): Principles and Procedures of Statistics. London.
5. *Steenbjerg, F.* (1943): Kobber i jord og kulturplanter. II. Undersøgelser over kobbermineralers gødningsværdi. *Tidsskr. f. Planteavl*, bd. 47, 557-599.
6. *Steenbjerg, F.*: Personlig meddelelse.
7. *Ødelien, M.* (1964): Noen eksempler på virkningen av små mængder av visse mikronæringsstoffer. *Nordisk Jordbrugsforskning. Supplement* 8, Del I, 72-78.
8. *Øien, Asbjørn* (1966): Sammenligning av analysemetoder for vurdering av tilgjengelig kop- per i jord. *Forskning og forsøk i landbruket* 73-78.