

Om overgødskning med blåsten

Af AAGE HENRIKSEN

I sommeren 1957 gjorde konsulent *K. Skriver*, Dybvad, i forsøg med tilførsel af blåsten til kornsorter forskellige iagttagelser, der lod formode, at kobbergødning skal nedbringes for at give fuld virkning i udbringningsåret. I et forsøg ved Asaa fandtes således kun en meget beskednen virkning af 25 og 50 kg blåsten udbragt ovenpå jorden 2 dage efter såning af byg, medens der på arealet udenom forsøget stod en stor afgrøde uden symptomer på kobbermangel; der var her tilført 25 kg blåsten pr. ha, som var nedharvet ca. en måned før såningen. Resultatet af forsøget (forsøg 313, 57. Beretning om Planteavlssarbejdet i Jylland 1957) var iøvrigt følgende:

	Udbytte og merudbytte	
Grundgødet	3.7	hkg kærne/ha
25 kg blåsten, ikke nedbragt	+ 1.3	» »
50 » » » »	+ 2.7	» »
25 » » nedbragt	+ 36.0	» » (ca.)

Yderligere kom i sommerens løb enkelte »gamle« kobberforsøg frem i gulspidssyge vårsædmarker. Resultaterne af disse forsøg havde ikke vist merudbytte for tilførsel af ikke-nedbragt blåsten i 1. år, hvorfor man ikke havde gennemført kobbergødskning af de pågældende arealer.

På grundlag af de ovenfor anførte iagttagelser kan man formode, at mange etårige forsøg på kobbertrængende jorder ville have givet større merudbytte, hvis den tilførte blåsten var blevet nedbragt. I konsekvens heraf påbegyndte De samvirkende jyske Landboforeninger i foråret 1958 en forsøgsserie, hvori virkningen af blåsten udbragt som overgødskning efter kornets såning sammenlignes med en tilsvarende mængde blåsten nedharvet før såningen. Uanset hvad udfaldet af disse forsøg måtte blive, har det

imidlertid interesse at få konstateret, hvor langt kobber i blåsten, der udstrøs på overfladen, trænger ned i jorden i løbet af en vækstperiode. Beretninger om undersøgelse af dette spørgsmål i Danmark har ikke kunnet findes, men fra svensk side angives (STEENBERG, EKMAN, LUNDBLAD og SVANBERG, 1949), at man ikke har kunnet påvise stigning i jordens totale kobberindhold under 5 cm dybde 6 år efter udstrøning af 50 kg blåsten uden nedbringning. Jorden havde i disse 6 år ikke været bearbejdet.

Der synes således at ske en meget stærk fastlægning af kobberet i et tyndt overfladelag af jorden, hvilket på ingen måde er overraskende, idet analytiske undersøgelser viser, at jordens kobberindhold er meget fast bundet; 0,01 normal saltsyre er således kun i stand til at frigøre gennemsnitlig ca. 6 pct. af jordens totale kobberindhold (HENRIKSEN og JENSEN, 1958).

Forsøgenes udførelse

Som forsøgskar anvendtes 30 cm lange glaserede rør med en indvendig diameter på 15 cm. Rørene blev nedgravede, så at kun 5 cm befandt sig over jordoverfladen. Ovenpå et tyndt gruslag i bunden af rørene blev forsøgsjorderne anbragt i sådanne mængder, at overfladen i rørene efter ca. en måneds sammensynkning befandt sig i niveau med jordoverfladen udenom. Med hver af de 4 forsøgsjorder fyldtes 3 rør, som den 2. maj tilførtes kobbermængder svarende til 25, 50 og 100 kg blåsten pr. ha — i form af 10 ml kobbersulfatopløsning indeholdende henholdsvis 44,2, 88,4 og 176,8 mg $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Med en pipette med fin spids fordeltes væskemængden jævnt over de 176,8 cm^2 jordoverflade i hvert rør. I forsøgstiden blev jorden i rørene kun vandet af nedbøren, som udgjorde 317 mm.

Optagning af jordprøver fandt sted den 20. august. Fra hvert rør blev der med en bred spatel optaget 4 jordprøver, hver repræsenterende et lag på ca. 1 cm tykkelse. Efter lufttørring blev hver prøve vejlet og analyseret for såvel kompleksopløseligt kobber (K_{Cu}) som total-kobberindhold efter andetsteds beskrevne metoder (HENRIKSEN og JENSEN, 1958).

Der anvendtes grundigt blandede prøver af jorder fra fire lokaliteter: en sandjord fra Jyndevad, en sandjord (gråsand) fra

Grindsted, en lerjord fra Virumgaard og en humusjord fra Ans nord for Silkeborg. Analyseresultaterne af jorderne før nedlægningen fremgår af nedenstående oversigt:

	Rt	Humus pct.	Cu, mg/kg jord	
			K _{Cu}	total
Jynde vad	5.2	2.0	0.5	2.2
Grindsted	4.7	3.1	0.4	1.0
Virumgaard	5.1	2.5	28.9	41.4
Ans	5.6	27.2	4.0	11.8

Forsøgenes resultater

Resultaterne af kobberbestemmelserne i de optagne jordprøver er angivet i tabel 1—4. Tallene i tabellernes 4. kolonne angiver den tilsatte mængde blåsten omregnet til mg Cu pr. rør. I kolonnerne 5 og 6 findes analyseresultaterne udtrykt i den almindelige enhed: mg Cu pr. kg jord. Disse resultater er omregnet til mg Cu genfundet i den optagne jordmængde (kolonne 2) for hver enkelt prøve (= mg Cu fundet ÷ mg Cu i jordmængden før forsøget); disse resultater findes i kolonnerne 7 og 8. De to sidste kolonner viser, hvor stor en procentdel af det tilsatte kobber der er genfundet med de to analysemetoder. Hvert analyseresultat repræsenterer gennemsnit af tre af hinanden uafhængige analyser.

De tilførte kobbermængder ses at være bundet i de øverste 3 cm af jordlaget. Kun i Jynde vad-jorden er der en antydning af stigende totalkobberindhold også i 3—4 cm dybde med de to største kobbertilførsler, men stigningen andrager kun 0,4 pct. af det tilførte kobber. I jorderne fra Jynde vad, Grindsted og Virumgaard findes langt den overvejende del heraf (75—97 pct.) i den øverste cm af jorden, medens humusjorden fra Ans viser et afvigende billede. Da der ved totalkobberbestemmelsen her kun er genfundet fra 51 til 59 pct. af de tilførte mængder i de øverste 3 cm og intet i 3—4 cm dybde, kan der kun tænkes den forklaring, at vinden må have bortført fine, stærkt kobberholdige humuspartikler fra de utildækkede jordoverflader i tørre perioder. Noget lignende kan være sket i Grindsted-jorden med 25 og 50 kg og i Jynde vad-jorden med 100 kg kobbersulfat pr. ha, hvor det ikke har været muligt at genfinde de tilsatte kobbermængder

Tabel 1. Analyseresultater af de optagne prøver af jord fra Jyndevad
(Før forsøg: KCu 0.5; mg total-Cu/kg jord 2.2)

Dybde, cm	g jord optaget	CuSO ₄ kg/ha	= mg Cu tilsat	mg Cu/kg jord		= mg Cu i jordmængden genfundet		% Cu af tilsat genfundet	
				KCu	total	KCu	total	KCu	total
0-1.....	237	25	11.3	26.5	47.0	6.16	10.62	54.5	93.8
1-2.....	254	»	»	2.4	5.2	0.48	0.76	4.2	7.1
2-3.....	241	»	»	0.7	2.6	0.05	0.10	0.4	0.9
3-4.....	220	»	»	0.5	2.2	0	0	0	0
Ialt:								59.1	101.8
0-1.....	225	50	22.5	59.9	88.3	12.98	19.87	57.6	88.3
1-2.....	220	»	»	4.8	12.9	0.95	2.85	4.2	10.4
2-3.....	218	»	»	0.9	3.2	0.09	0.22	0.4	1.0
3-4.....	257	»	»	0.6	2.6	0	0.10	0	0.4
Ialt:								62.2	100.1
0-1.....	223	100	45.1	123.4	151.7	27.52	33.88	61.0	75.0
1-2.....	225	»	»	25.8	32.5	5.09	6.82	12.6	15.1
2-3.....	219	»	»	1.7	6.1	0.26	0.85	0.6	1.9
3-4.....	232	»	»	0.8	3.0	0.05	0.19	0.1	0.4
Ialt:								74.3	92.4

Tabel 2. Analyseresultater af de optagne prøver af jord fra Grindsted
(Før forsøg: KCu 0.4; mg total-Cu/kg jord 1.0)

Dybde, cm	g jord optaget	CuSO ₄ kg/ha	= mg Cu tilsat	mg Cu/kg jord		= mg Cu i jordmængden genfundet		% Cu af tilsat genfundet	
				KCu	total	KCu	total	KCu	total
0-1.....	254	25	11.3	34.6	40.7	8.69	10.08	76.9	89.2
1-2.....	266	»	»	0.6	1.8	0.05	0.21	0.4	1.9
2-3.....	223	»	»	0.4	1.4	0	0.08	0	0.7
3-4.....	193	»	»	0.4	0.9	0	0	0	0
Ialt:								77.3	91.8
0-1.....	215	50	22.5	80.6	97.1	17.24	20.66	76.6	91.8
1-2.....	234	»	»	1.9	4.1	0.35	0.73	1.6	3.3
2-3.....	217	»	»	0.7	1.4	0.07	0.08	0.3	0.4
3-4.....	221	»	»	0.4	1.1	0	0	0	0
Ialt:								78.5	95.5
0-1.....	205	100	45.1	171.4	214.7	35.05	43.79	77.7	97.1
1-2.....	222	»	»	5.9	8.1	1.22	1.55	2.7	3.4
2-3.....	200	»	»	0.6	1.7	0.04	0.12	0.1	0.3
3-4.....	196	»	»	0.4	1.0	0	0	0	0
Ialt:								80.5	100.8

Tabel 3. Analyseresultater af de optagne prøver af jord fra Virumgaard
(Før forsøg: KCu 28.9; mg total-Cu/kg jord 41.4)

Dybde, cm	g jord optaget	CuSO ₄ kg/ha	= mg Cu tilsat	mg Cu/kg jord		= mg Cu i jordmængden genfundet		% Cu af tilsat genfundet	
				KCu	total	KCu	total	KCu	total
0-1.....	209	25	11.3	69.1	87.5	8.40	9.72	74.3	86.0
1-2.....	185	»	»	30.7	48.8	0.33	1.32	2.9	11.7
2-3.....	197	»	»	27.1	41.4	0	0	0	0
3-4.....	197	»	»	28.5	42.0	0	0	0	0
Ialt:								77.2	97.7
0-1.....	195	50	22.5	107.5	137.6	15.32	18.76	68.0	83.4
1-2.....	195	»	»	31.1	51.6	0.43	2.03	1.9	9.0
2-3.....	188	»	»	29.9	46.4	0.19	0.94	0.8	4.2
3-4.....	207	»	»	28.8	40.7	0	0	0	0
Ialt:								70.7	96.6
0-1.....	192	100	45.1	178.5	212.5	28.72	42.20	63.7	93.6
1-2.....	179	»	»	30.8	48.9	0.34	1.34	0.8	3.0
2-3.....	193	»	»	28.4	42.7	0	0.25	0	0.6
3-4.....	186	»	»	27.5	41.1	0	0	0	0
Ialt:								64.5	97.2

Tabel 4. Analyseresultater af de optagne prøver af jord fra Ans
(Før forsøg: KCu 4.0; mg total-Cu/kg jord 11.8)

Dybde, cm	g jord optaget	CuSO ₄ kg/ha	= mg Cu tilsat	mg Cu/kg jord		= mg Cu i jordmængden genfundet		% Cu af tilsat genfundet	
				KCu	total	KCu	total	KCu	total
0-1.....	147	25	11.3	34.1	48.9	4.42	5.85	39.1	47.3
1-2.....	103	»	»	5.6	14.4	0.16	0.28	1.4	2.5
2-3.....	99	»	»	4.1	11.9	0	0	0	0
3-4.....	108	»	»	4.0	11.2	0	0	0	0
Ialt:								40.5	49.8
0-1.....	124	50	22.5	77.3	110.7	9.09	12.26	40.4	54.5
1-2.....	115	»	»	7.9	16.8	0.45	0.58	2.0	2.6
2-3.....	109	»	»	5.0	13.9	0.11	0.23	0.5	1.0
3-4.....	131	»	»	4.0	10.8	0	0	0	0
Ialt:								42.9	58.1
0-1.....	154	100	45.1	141.4	169.0	21.16	24.21	46.9	53.7
1-2.....	124	»	»	14.1	27.5	1.13	1.95	2.5	4.3
2-3.....	112	»	»	5.8	14.6	0.30	0.31	0.4	0.7
3-4.....	135	»	»	3.9	11.7	0	0	0	0
Ialt:								49.8	58.7

kvantitativt; her er forskellen mellem de tilsatte og genfundne mængder dog ikke væsentlig større end forklarligt ved uundgåelige prøveudtagnings- og analysefejl.

Jyndeved-jorden synes at have den mindste og Grindsted-jorden den største bindingskapacitet. I den første genfindes således 15 pct. af det tilsatte kobber i 100 kg blåsten pr. ha i 1—2 cm dybde imod kun 3,4 pct. i samme lag i den sidste. I Virumgaard-jorden gør en vis uregelmæssighed sig gældende, idet der her genfindes en større procentdel i 1—2 cm dybde af det tilførte kobber i 25 og 50 end i 100 kg blåsten pr. ha. Det må antages, at ved optagningen er jordlaget 1—2 cm med 25 og 50 kg blåsten pr. ha blevet »forurennet« med jord fra det stærkt kobberholdige overfladelag. I det hele taget er det meget vanskeligt at skille de to jordlag kvantitativt fra hinanden; det er derfor muligt, at kobberindholdet i den øverste cm af jordlaget i virkeligheden er større, end tallene angiver.

K_{Cu} -bestemmelserne tyder på, at Jyndeved-jorden binder det tilførte kobber stærkere end Grindsted-jorden, medens den sidste som ovenfor anført på den anden side har større bindingskapacitet. I begge jorder genfindes en større procentdel af det tilførte kobber fra 100 kg end fra 25 kg blåsten pr. ha, og det samme gælder for Ans-jorden. Dette er i overensstemmelse med, hvad man kan forvente, idet den først tilsatte kobbermængde må formodes at blive stærkest bundet. I Virumgaard-jorden går tendensen imidlertid tydeligt i modsat retning; her genfindes den største procentdel ved den mindste kobbertilsætning — et forhold, som ikke uden videre lader sig forklare.

Imidlertid må man tage i betragtning, at K_{Cu} -værdierne i nærværende materiale næppe dækker de kobbermængder, som komplexon maksimalt er i stand til at frigøre fra de pågældende jorder. Ved bestemmelsen anvendtes den sædvanlige fremgangsmåde, hvor 10 g jord bringes i kontakt med 100 ml 0,02 molær komplexonopløsning i 2 timer; der er dog næppe tvivl om, at et videre forhold mellem jord og væske ville have resulteret i højere K_{Cu} -værdier med de store kobbermængder. Analyser af jordprøver fra markforsøg med stigende kobbermængder viser således, at gennemsnitligt 90 pct. af det tilførte kobber genfindes i sandjorder; for lerjorder er det tilsvarende tal 85 pct. og for sort-

sandede og humusjorder 65 pct. af det tilførte kobber, altså gennemgående højere værdier end i nærværende forsøg (HENRIKSEN, 1957). Da prøverne fra markforsøgene er udtaget til 20 cm dybde, bliver K_{Cu} -værdierne selv efter tilførsel af 100 kg blåsten pr. ha sjældent højere end 15, hvilket sikkert betinger en mere fuldstændig ekstraktion.

Oversigt

I nedgravede rør med 4 forskellige jorder gennemførtes forsøg med tilførsel af kobber i mængder svarende til 25, 50 og 100 kg blåsten pr. ha. Hovedformålet var at bestemme, hvor langt ned i jorden kobbertilførslen kunne efterspores, når blåstenen udbragtes ovenpå jorden, som derpå udsattes for nedbøren i en normal vækstperiode.

Resultaterne viser, at 75 til 94 pct. af det tilførte kobber genfindes i den øverste cm af jorden. Under 3 cm dybde påvistes ubetydelige stigninger i jordens totale kobberindhold kun i 2 tilfælde: Jynde vad-jord med 50 og 100 kg blåsten pr. ha. Da kun en mindre brøkdel af kornarternes samlede rodmasse, specielt i tørre sandjorder, befinder sig i de øverste 3 cm, betyder dette, at kornplanterne har dårlige muligheder for at optage kobber fra blåsten tilført uden nedbringning. I betragtning af det meget høje kobberindhold i det allerøverste jordlag må risikoen for overslæbning af kobber til de ikke-kobbergødede parceller i markforsøg med tilførsel af blåsten endvidere betragtes som meget stor; navnlig må dette forhold tages i betragtning ved flerårige forsøg. Analyseresultater fra de ikke-kobbergødede parceller i 97 markforsøg med stigende kobbermængder viser da også en gennemsnitlig stigning på 0,33 K_{Cu} -enheder fra prøveudtagningen før udbringningen af kobber til prøveudtagningen efter høst. De fundne ændringer ($\Delta K_{Cu} = K_{Cu}$ efter høst $\div K_{Cu}$ før udbringning af blåsten) fordeler sig således:

ΔK_{Cu}	> \div 0.7	\div 0.3-0.6	\pm 0.2	+ 0.2-0.6	+ 0.7-1.0	> + 1.0
Antal Forsøg	0	4	47	30	7	9

Dette tyder på, at der i praksis ofte sker en sådan overslæbning, der navnlig i flerårige forsøg kan påvirke resultaterne.

Den tilnærmelsesvis kvantitative genfindelse af de tilsatte kobbermængder i de tre af forsøgsjorderne viser, at den anvendte metode til bestemmelse af totalt kobberindhold tør anses for pålidelig.

SUMMARY

Top-dressing with copper sulphate

Four soils of different types (sand, loam and humus) were placed in glazed drain pipes sunk vertically into the ground and top-dressed with copper sulphate in amounts corresponding to 25, 50 and 100 kg per hectare. The soils were exposed to precipitation (317 mm) for 3½ months (May-August).

Determinations of EDTA-soluble and total acid-soluble copper after exposure showed that 75 to 94 per cent of the applied copper was recovered in the topmost 1-cm layer of sand and loam soil. (Losses of copper in the humus soil were probably due to wind drift of copper-rich humus particles from the soil surface in dry intervals). Slight increases in total copper content below a depth of 3 cm were only observed in one of the sand soils dressed with 50 and 100 kg/ha copper sulphate. This suggests that cereals will have poor opportunities for uptake of copper applied without being drilled into the soil, since only a minor part of the root system of cereal plants usually develops in the upper 3 cm of soil.

The very high copper content of the upper 1-cm soil layer also suggests that the risk of mechanical carry-over of copper to neighbour control plots in field experiments is very real. In agreement herewith soil analyses from control plots in 97 field experiments with copper sulphate showed an average increase of 0,33 p.p.m. EDTA-soluble copper in soil samples taken before fertilizer application and after harvest. This fact deserves particular attention in experiments of several years' duration.

The approximately quantitative recovery of the applied copper in three of the four experimental soils indicates that the method used for total copper determination is reliable.

LITTERATUR

- Henriksen, Aage*, 1957. — Kobberbestemmelser i jord sammenlignet med virkningen af kobbergødskning. — Tidsskrift for Planteavl, 61, 685—717.
- Henriksen, Aage, og Jensen, H. L.*, 1958. — Chemical and microbiological determinations of copper in soil. — Acta Agriculturae Scandinavica, VIII, 441—469.
- Steenberg, M., Ekman, P., Lundblad, K., og Svanberg, O.*, 1949. — Om kopparhalt i jord och vegetation och resultat av fleråriga gödslingsförsök i koppar. — Meddelande Nr. 4 från Kungl. Lantbruksakademiens Vetenskapsavdelning.