

Coboltindholdet i en række danske jorde

Ved *J. Dissing Nielsen*

835. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

Nærværende beretning er et led i de undersøgelser, der ved Statens Planteavlslaboratoriums jordbundskemiske afdeling er udført over kemisk bestemmelse af jordens indhold af plantenæringsstoffer, specielt mikronæringsstoffer. Det eksperimentelle arbejde er udført og beretning udarbejdet af videnskabelig assistent, lic. agro. *J. Dissing Nielsen*.

Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

Indledning

Grundstoffet cobolt er kendt som et mikronæringsstof, der er nødvendigt for normal udvikling og trivsel af dyrenes organisme. Cobolt indgår således i det for den levende organisme essentielle vitaminkomplex B₁₂, som er en sammensat heterocyclisk forbindelse, der antages at medvirke ved opbygningen af en række af den levende celledens enzymsystemer.

Filmer & Underwood (6) iagttog, at en i Australien og New Zealand kendt utrivselssygdom hos får kaldet »wasting disease« kunne afhjælpes ved et tilskud af et uorganisk coboltsalt. Senere blev det fastslået af de samme forfattere, at et lignende sygdomssymptom hos kvæg kunne henføres til visse græsningsarealer, især kystegne, hvor kvæget vantrivedes; men når dyrene fik mineralstoffer med cobolt, ophørte sygdommen, og det samme kunne opnås ved at tilføre græsgangene coboltindholdige mineralblandinger. På lignende måde kunne i andre lande: Irland, Holland, Skotland, USA, Rusland, Sverige, Norge og Danmark utrivsel hos får og kvæg afhjælpes med tilskud af cobolt.

Her i landet blev sygdommen særlig bemærket under den anden verdenskrig af *Bendixen & Pedersen* (5), og gennem behandlingsforsøg syntes det godtgjort, at årsagen til sygdommen var mangel på cobolt i foderet.

Man ved nu, at coboltmangel (acoboltose) er en gammelkendt sygdom i visse sandjordsegne

i Nord-, Midt- og Vestjylland, hvor den betegnes som »Slikkesyge«, »Vosk« eller »Voskhed«. Medens sygdommen i Australien især var fremtrædende i sommerens tørkeperiode optrådte sygdommen i Danmark under staldfodringsperioden, hvor dyrene var henvist til mere eller mindre coboltfattigt foder, medens de i sommermånederne forholdsvis let var stand til at forsyne sig med coboltrige planter eller plantedele. Sygdommen var især hyppig hos ungdyr, hvis coboltforråd ret hurtigt opbrugtes, hvorefter det coboltfattige foder ikke var tilstrækkeligt til opretholdelse af sundhedstilstanden hos ungdyrene. Sygdommens opblussen under den anden verdenskrig blev henført til krigstidens afspærringsforhold med mangel på såvel indførte foderstoffer som kunstgødning. Efter at fodrings- og gødningsforholdene igen normaliseredes, blev sygdommens akutte optræden sjældnere, om end der stadigvæk kan påvises enkelte tilfælde af acoboltose.

Om indvirkningen af cobolt på plantevækste foreligger der forholdsvis få oplysninger. Først efter at en mangelsygdom hos får og kvæg kunne diagnosticeres som acoboltose, blev der forøget interesse for belysning af planternes indhold af og forhold overfor cobolt.

Scharrer & Schropp (13) påviste ved sandkulturforsøg, at tilførsel af små mængder cobolt som coboltsulfat nedsatte udbyttet hos de fleste planter, hvorimod udbyttet af majs og byg forøgedes. Ved vandkulturforsøg (*Asmu*

(2)) fandtes dog, at tilførsel af 1-2 mg cobolt-oxid pr. liter næringsopløsning fremkaldte vækstforstyrrelser også hos disse plantearter.

Vandkulturforsøg med havre viste (*Asmus* (2)), at små tilførsler af cobolt ingen indflydelse havde på udbyttet af kærne og halm. Planterne absorberede store mængder af cobolt, og stigningen i indholdet var næsten proportional med tilførslen. Ved større tilførsler af cobolt fik planterne forgiftningssymptomer, som viste sig ved etiolerede blade og stærkt nedsat udbytte. Stigningen i planternes coboltkoncentration var ledsaget af et fald i jernindholdet, hvilket forfatteren angav som den sandsynligste årsag til nedgangen i chlorophyllindholdet, idet jern er nødvendigt for chlorophylsyntesen i grønne planter.

Lundblad (9) udførte flerårige markforsøg med tilførsel af cobolt i mængder på 0, 5 og 10 kg pr. ha. På forsøgsarealet blev der 1. år dyrket byg og de følgende år vedvarende græs. Resultaterne viste ingen forskel i kærneudbyttet, medens halmudbyttet nedsattes nogle procent ved gødskning med cobolt. I de følgende års græsafgrøder var der ingen forskelle mellem forsøgsarealerne i udbyttet af høg, medens koncentrationen af cobolt i planterne forøgedes stærkt ved gødskning med cobolt.

Fra Norge angiver *Røyset* (11), at coboltmangel hos planter sandsynligvis ikke er påvist med sikkerhed, men koncentrationen af cobolt i planterne var i mange tilfælde under den minimumsværdi, som angives at være nødvendig for at undgå sygdomssymptomer hos kvæg og får.

Bælgplanterne har gennemgående en større coboltkoncentration end græsser og rodfrugter (*Mitchell* (10)), og blade og strå lidt større indhold end frø (*Wehrmann* (17)). For græsafgrøder til slæt gælder, at coboltindholdet stiger fra 1. til 4. slæt, hvor der ikke er gødet med cobolt; medens der for gødede parceller straks efter cobolttilførslen er en stigning i græsafgrødernes coboltindhold, hvorefter det aftager med tidspunktet fra tilførslen af cobolt (*Seiffert* (15)).

Cobolt er nødvendigt for rodknoldbakterier-

nes kvælstoffbinding, idet dannelsen af leg-hæmoglobin, som er nødvendigt for det kvælstoffbindende enzymsystems funktion, kræver medvirken af det coboltholdige vitamin B₁₂. *Ahmed* (1) fandt således, at soyabønneplanter afhængige af den symbiotiske kvælstoffbinding udviste tydelige symptomer på kvælstofmangel i de kar, hvor næringsopløsningen ikke indeholdt cobolt. Tilsætningen af 0,01 ppm af cobolt gav normal vækst.

Planternes optagelse af cobolt kan ikke direkte jævnføres med det totale coboltindhold i en jord. Selvom en græsmarksafgrøde for at have tilstrækkeligt cobolt til at være tjenligt til foder for kvæg og får kun behøver at optage 1% af coboltindholdet i muldlaget, kan afgrødens coboltindhold være for lille til at opretholde dyrenes sundhedstilstand, fordi kun en ringe del af jordens cobolt er tilgængeligt for planterne.

Det totale indhold af cobolt i enhver jord er bestemt bl.a. af dens geologiske oprindelse. Indholdet er således faldende fra (13,34-6,49 ppm) i de basiske bjergarter paragneis og orthogneis til (4,98-1,49 ppm) i den kvartsholdige granit (*Scholl* (14)). Mangel på cobolt optræder derfor hyppigst på jorde, som hidrører fra forvitring af sandsten og granit (*Swaine & Mitchell* (16)). Det totale indhold varierer vertikalt kun lidt for de første 50 cm, idet cobolt for størstedelen er indbygget i mineralernes krystalgitter, som kun forvittres langsomt under normale forhold, og den vertikale transport af cobolt er derfor af ringe betydning.

Det totale coboltindhold i nogle danske jorde er undersøgt af *Schambye* (12) og varierede fra 5,66 til 3,04 ppm i dybden fra 0-25 cm og fra 4,00 til 0,96 ppm i dybden fra 25 til 40 cm .

Den plantetilgængelige del af jordens cobolt, som kun udgør en ringe del af det totale indhold, bestemmes efter behandling af jorden med forskellige extractionsopløsninger: vand, svage syreopløsninger, saltopløsninger eller opløsninger af kompleksdannere. *Mitchell* (10) sammenlignede ammoniumacetatopløsning,

2,5% eddikesyre og EDTA (komplexon III) 0,05 n, som extraktionsmidler for cobolt og fandt, at extractens coboltindhold var stigende i den nævnte rækkefølge. Endvidere syntes sammenhængen mellem planternes og jordextractens indhold af cobolt at være bedst ved anvendelse af EDTA, hvorfor Mitchell foretrak dette extraktionsmiddel.

Andre (*Baron (4), Lakanen (7)*) anvendte en ammoniumacetatopløsning til extraction og bestemte flere mikronæringsstoffer, deriblandt cobolt, i samme extract. Extraktionskapaciteten af ammoniumacetatopløsning af pH 4,65 var omtrent halvdelen af kapaciteten for 2,5% eddikesyre og dobbelt så stor som for neutralt ammoniumacetat.

Banerjee (3) undersøgte med en række almindeligt anvendte opløsninger extractionen af cobolt fra forskellige jorde under varierende forhold og søgte at fastslå, hvilke former tilsat cobolt antager i jorden. Undersøgelsen viste, at det tilsatte cobolt indgår dels i en ombyttelig form, som kan ekstraheres med neutral ammoniumacetatopløsning og dels i en stærkere adsorberet form, der kan ekstraheres med 0,1 n saltsyre. Derimod synes dannelsen af tungtopløselige coboltsalte ikke at være af nævneværdig betydning, selvom coboltphosphat ved pH over 7,0 er tungt opløseligt.

Jordens dræningstilstand synes at være af ret stor betydning for pløjelagets indhold af tilgængelige mikronæringsstoffer, herunder også cobolt (*Swaine (16)*). Under dårlige dræningsforhold havde jorden et større indhold af tilgængeligt cobolt, end når jorden var vel-drænet. Dræningsvirkningen henførtes til forskelle i forvittringshastighed af ferromagnesiumminerale, i typer af dannede lerminerale og i tilstanden af de sekundære mikronæringsstoffer; organiske kompleksforbindelser synes her at have særlig betydning. I jorde med pH over 7 er der mulighed for dannelse af tungtopløselige forbindelser mellem calcium, cobolt og phosphor, hvorved indholdet af ombytteligt cobolt formindskes væsentligt.

Den foreliggende undersøgelse omfatter en bestemmelse af ekstraherbart cobolt i en række

jordprøver, som var indsendt af forsøgsstationerne. Prøverne var fordelt med 37 fra Jylland og 16 fra Øerne. De var indsamlet til en undersøgelse med henblik på phosphorforbindelsernes kemi og plantetilgængelighed, og der var i denne forbindelse foretaget teksturanalyse samt bestemmelse af prøvernes humusindhold, pH(H₂O) og Ft. Undersøgelsen blev i første række udført med prøver fra muldlaget, men desuden blev der foretaget en sammenligning mellem indholdet af tilgængeligt cobolt i forskellige jorddybder samt mellem forskellige opløsningsmidlers indhold af cobolt efter extraction af den samme jordprøve.

Coboltbestemmelse

Coboltsalte danner i vandige opløsninger Co⁺⁺ eller rettere Co(H₂O)₆⁺⁺, som er rød eller lyserød afhængig af de tilstedeværende anioner, koncentration og temperatur. I basisk opløsning iltes Co⁺⁺ til Co⁺⁺⁺, men analytisk har kun den første form betydning.

Co⁺⁺ fældes i svagt sur væske af α -nitroso- β -naphthol som et rødt bundfald, der er uopløseligt i mineralsyrer men let ekstraheres med forskellige organiske opløsningsmidler. Dette forhold er udnyttet til udvikling af en række analysemetoder, hvorved cobolt først fældes som α -nitroso- β -naphthol-kompleks, hvorefter det ekstraheres med et organisk opløsningsmiddel, toluen, petroleumsether, etc., og extractens coboltconcentration måles spektrofotometrisk. Udover nitroso-naphthol har o-nitrosocresol og nitroso-R-salt, som er natrium saltet af 1-nitroso-2-hydroxi-naphthalene-3,6-disulfonate, anvendelse ved kompleksbinding af cobolt, hvorefter komplekset ekstraheres med et passende extraktionsmiddel. Ved coboltbestemmelse anvendes også hyppigt fysisk-kemiske analyseprincipper bl.a. spektrografi (*Swaine & Mitchell (15)*) og isotopfortynding (*Banerjee et. al. (3)*).

Ved den nærværende undersøgelse er anvendt β -nitroso- α -naphthol som kompleksdanner og toluen som extraktionsmiddel, hvorved der er opnået en velegnet analysemetodik for rutineanalyser af jordextracter.

Reagenser

Til alle vandige opløsninger anvendes ionbyttet og glasdestilleret vand.

Extraktionsopløsning: 0,02 M opløsning af komplekson III (EDTA, 2Na), $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$. 7,442 g komplekson III opløses i vand ad 1 l og neutraliseres med 1,5 ml konc. ammoniak til pH ca. 7,0.

Koncentreret salpetersyre: HNO_3 65%

1-n saltsyre: HCl ca. 3,5%

Kaliumperoxodisulfat $K_2S_2O_8$

Stødpudeopløsning: 500 g neutralt natriumcitrat ($C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O$) opløses under opvarmning i vand ad 1 liter.

Natriumhydroxid 5 n: 200 g natriumhydroxid (NaOH) opløses i vand ad 1 liter.

Indikator: Metylrødt (alkoholisk opløsning).

Nitrosoopløsning: 1,0 g 2-nitroso-1-naphthol, BDH ($C_{10}H_6(OH)NO$), opløses i metanol ad 100 ml.

Toluen: C_7H_8 .

Natriumhydroxid 2 n: 80 g natriumhydroxid (NaOH) opløses i vand ad 1 liter.

Standardopløsninger:

a) *Forrådsopløsning*. 0,476 g $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ opløses i 1 liter 1 n svovlsyre (H_2SO_4), 1 ml 100 μg Co.

b) *Brugsopløsning*. 10 ml forrådsopløsning ad 1 liter vand (1 ml 1 μg Co).

Fremgangsmåde

Extraction. 20-40 g jord, tørret, knust, sigtet gennem 2 mm sigte og blandet, afvejes og rystes i plasticflasker 1 time med kompleksonopløsning i forholdet 2 g/5 ml. Extractet filtreres gennem et Munktell filter 00 15 cm, og 20-50 ml af filtratet (1-10 μg Co) overføres til 100 ml kvartsdigler.

Standard. Standardkurven fremstilles ved at overføre 0-2-4-6-8 og 10 ml brugsopløsning svarende til 0-10 μg Co til 100 ml kvartsdigler sammen med 25 ml kompleksonopløsning, hvorefter der anvendes samme fremgangsmåde som ved coboltanalysen i jordextracter.

Foraskning. Diglernes indhold inddampes på

sandbad og glødes i 30 min. i en elektrisk ovn ved 600°C. Efter afkøling tilsættes 5 ml konc. salpetersyre og med målespatel ca. 1,4 g kaliumperoxodisulfat, der inddampes igen på sandbad og glødes først over en bunsenbrænder og derpå i elektrisk ovn ved 600°C i en time. Efter afkøling opløses glødningsresten under opvarmning i 10 ml 1 n saltsyre, og indholdet overføres til 100 ml erlenmeyer-kolber med glasslib. Diglerne skylles med 3 gange 5 ml vand, og vaskevand + saltsyreudtræk opvarmes for sigtigt i glaskolben, indtil alt er opløst.

Farvefremkaldelse. Efter afkøling tilsættes opløsningerne 5 ml stødpudeopløsning (Nacitrat), opvarmes på vandbad til 60-70°C og neutraliseres med 5 n natriumhydroxid (metylrødt som indikator). Efter neutralisationen tilsættes 0,25 ml nitrosoopløsning og opløsningerne henstår i mørke i mindst 2 timer.

Efter henstanden udtrækkes coboltkomplekset ved kraftig rystning i 2 min. med 10 ml toluen, og opløsningerne overføres ved skylning med 15 ml vand til 100 ml skilletragte med glasslib. Analyseopløsningen rystes igen i 1 min. Efter kort tids henstand fjernes den vandige fase, og skilletragtens sider og glasprop skylles med 15 ml vand. For at fjerne overskud af reagens tilsættes analyseopløsningen 10 ml 2 n natriumhydroxid og rystes kraftigt i 2 min. Den vandige fase fjernes og skyllingen med 15 ml vand og rystningen med 10 ml natriumhydroxid gentages i 1 min. Efter fjernelse af den vandige fase filtreres gennem Munktell filter 00 7 cm.

Extinctionen i den klare opløsning blev målt i et Engel-kolorimeter med 2 cm kuvetter og med anvendelse af filter nr. 53 (495-565 $m\mu$).

Resultater

Der blev foretaget en sammenligning mellem forskellige extraktionsmidler: Komplekson 0,02 M, eddikesyre 2,5% og ammoniumacetat (20 g ammoniumacetat + 66 g ammoniumsulfat + 60 ml eddikesyre ad 1000 ml med glasdestilleret vand, pH 4,81). Ved extractionen var forholdet mellem jord og væske for kom-

Tabel 1. Sammenligning mellem forskellige extraktionsmidler for cobolt

Lb. nr.	% ler	pH(H ₂ O)	ppm Co i jord		
			komplexon	eddikesyre	ammonium-acetat
47	34,4	7,1	0,31	0,24	0,16
46	33,9	7,1	0,13	0,22	0,20
17	17,7	7,7	0,14	0,12	0,11
5	15,2	8,0	0,05	0,12	0,08
3	11,3	6,0	0,47	0,11	0,11
24	5,9	5,3	0,14	0,08	0,07
10	4,1	6,4	0,07	0,05	0,03
27	2,2	5,8	0,05	0,05	0,04
26	2,1	5,7	0,07	0,02	0,04
25	1,1	5,3	0,15	0,13	0,07
14	0,7	4,5	0,03	0,04	0,04
Gennemsnit			0,15	0,11	0,09

plexon-, eddikesyre- og ammoniumacetatopløsning 2:5, 1:5 og 1:5. Alle analyserne såvel her som i det følgende er gennemført som dobbeltanalyser.

Tabel 1 viser, at komplexon i de fleste tilfælde har kunnet udtrække en større del af jordens cobolt end såvel eddikesyre som ammoniumacetat. I de tilfælde hvor eddikesyre og/eller ammoniumacetat har ekstraheret mere end komplexon, er jordprøven karakteriseret ved et ret højt pH(H₂O). 2,5% eddikesyre har oftest kunnet udtrække en del mere af prøvens cobolt end ammoniumacetat, især ved høje pH(H₂O)-værdier.

Der foreligger kun få oplysninger om sammenhængen mellem jordextractens indhold og planternes optagelse af cobolt. I de følgende analyser blev der alene anvendt 0,02 m komplexon, idet samme extraktionsmiddel anvendes i forbindelse med jordbundsanalyser for andre mikronæringsstoffer, cobber og zink. Desuden opnås en analysemessig fordel, idet komplexon-

extracten har en større koncentration af cobolt end de øvrige extracter.

I tabel 2 er foretaget en opdeling af analyse-materialet efter det fundne lerindhold ved teksturanalysen (Hansen (7)). Det fremgår umiddelbart af såvel tabel 2 som hovedtabellen, at der er sammenhæng mellem jordprøvens indhold af ekstraherbart cobolt og dens lerindhold. Alligevel er der store variationer inden for de 2 grupper, og i gruppen med mere end 10% lerindhold findes der prøver, som har et lavere coboltindhold end gennemsnittet for gruppen med 10% ler og derunder. I tabel 2 er der endvidere anført analyseresultater fra en enkelt tørvejord (Centralgaarden), og coboltindholdet beregnet på vægtbasis er ret højt sammenlignet med indholdet for almindelig agerjord, men omregnes resultatet til mg cobolt pr. liter jord, ses det straks, at på grund af tørvejordens ringe vægtfylde bliver indholdet af samme størrelsesorden som for sandjordene. Korrelationen mellem cobolt- og lerindholdet i

Tabel 2. Kompleksonopløseligt cobolt i jordprøver fra 0-20 cm dybde

Jordtype	Antal prøver		ppm cobolt i tørret jord		
	prøver	gennemsnit	(S)	variationsbredde	Mitchell (10)
Over 10% ler	28	0,391	±0,241	0,95-0,05	Veldrænet 0,38
10% ler og derunder	24	0,078	±0,046	0,18-0,02	Udrænet 1,80
Tørvejord	1	0,79, mg cobolt/l	0,07		
Korrelation = r (Co, ler)		0,41	±0,12		

Tabel 3. Kompleksonopløseligt cobolt i jordprøver (tør jord) fra forskellig dybde

Lb. nr.	0-20 cm		20-50 cm		50-100 cm	
	ppm cobolt	% ler	ppm cobolt	% ler	ppm cobolt	% ler
1	0,18	9,3	0,08	9,8	0,38	15,7
5	0,05	15,2	0,04	14,2	0,08	24,8
6	0,72	12,3	0,75	15,0	0,08	13,9
10	0,07	4,1	0,05	5,5	0,07	6,0
16	0,15	4,6	0,06	4,2	0,08	5,3
17	0,14	17,7	0,10	12,0	0,06	7,6
Gennemsnit	0,22		0,18		0,13	

jordprøverne blev beregnet til $r=0,41 \pm 0,12$ og må vurderes som significant, medens der ingen sammenhæng kunne påvises mellem cobolt- og henholdsvis humus- og fosforindholdet samt pH(H₂O)-værdi, idet korrelationskoefficienten i alle tre tilfælde var mindre end 0,1.

Af hovedtabellen med de enkelte analyse-resultater fremgår det ligeledes, at der er en tydelig sammenhæng mellem ler- og coboltindhold i prøverne, medens der ikke synes at være nogen forbindelse mellem pH(H₂O)-værdi og coboltindhold. Endvidere er der for de 2 grupper anført en fælles middelfejl for enkeltanalyserne beregnet på grundlag af dobbeltbestemmelserne. Middelfejlen forøges en del med stigende indhold af ler i prøven, men målt relativt er den mindst i gruppen med et lerindhold på over 10%. Som anført ligger middelfejlen ved coboltanalysen mellem \pm (10-20%), men analyseusikkerheden kan selvfølgelig formindskes væsentligt ved at udføre 2 eller flere fællesanalyser af hver prøve.

Som der fremgår af tabel 3, er coboltindholdet for de fleste prøver højest i de øverste 20 cm, hvorefter det aftager gennem de næste 2 zoner. I de 2 prøver, hvor coboltindholdet er størst i jordlaget fra 50-100 cm, er lerindholdet ligeledes størst i den underste jordzone.

Sammendrag

Tidligere undersøgelser har vist, at coboltmangel hos kvæg og får særlig optræder i visse sandjordsegne i Jylland, og acoboltose var især hyppig i tiden under den anden verdenskrig på grund af de vanskelige fodringsforhold.

Direkte coboltmangel hos planter er kun påvist hos bælgeplanter afhængige af symbiotisk kvælstoftilførsel. Derimod fremkalder selv små mængder af coboltsalte i næringsopløsningen eller gødningen en kraftig forøgelse af planternes coboltindhold, ofte flere 100%, der i mange tilfælde ledsages af udprægede skadevirkninger som nedsat chlorophylindhold og/eller visning af planterne.

Den plantetilgængelige del af jordens cobolt udgør kun en ringe del af det totale indhold. Et udtryk for tilgængeligheden fås ved at behandle en jordprøve med et passende extraktionsmiddel og analysere extracten.

Ved den foreliggende undersøgelse blev der foretaget en sammenligning mellem forskellige extraktionsmidler: ammoniumacetat, 2,5% eddikesyre og 0,02 m komplexon. Det sidste fandtes at være ret velegnet for rutineanalyser, og i litteraturen angives en bedre sammenhæng mellem planternes og extractens indhold af cobolt for komplexon end for de øvrige extraktionsmidler. 53 jordprøver (0-20 cm dybde) indsendt fra statens forsøgsstationer blev ekstraheret med komplexon og extracten analyseret for indholdet af cobolt, som varierede fra 0,95 ppm til 0,02 ppm. Indholdet var højest i lerjorde med gennemsnit $0,391 \pm 0,241$ ppm og mindst for sandjorde med $0,078 \pm 0,046$ ppm. Indenfor de 2 grupper lerjord og sandjord er der store variationer, lerjorde fra 0,95-0,05 og sandjorde fra 0,18-0,02 ppm. Korrelationen mellem cobolt- og lerindholdet i jordprøverne blev beregnet til $r = 0,41$, medens der ikke kunne påvises nogen sammenhæng mellem jordprøvernes indhold af cobolt og

humus, phosphor eller pH(H₂O)-værdi. En sammenligning mellem forskellige jorddybder viste, at coboltindholdet i almindelighed er størst i muldlaget og aftager med tiltagende jorddybde.

Summary

Investigations of the cobalt content in some danish soils

Previous investigations have demonstrated that cobalt deficiency among cattle and sheep occurs on sandy soils in Jutland, and particularly during the last world war acobaltosis was frequent because of the shortage on imported concentrates and fertilizers.

Cobalt deficiency in plants is only demonstrated for legumes dependent of symbiotic nitrogen fixation. Addition of cobalt to the nutrient solution or the fertilizers gives an increase in the cobalt content of the plants; cobalt excess is frequently attended by marked symptoms of poisoning such as reduced chlorophyl content and/or wilting of the plants. Plant-available cobalt in soil represents only a small part of the total content. An expression for the availability of cobalt in soil is obtained by treating the soil samples with a convenient extracting agent and analysing the extract.

In this investigation the extraction capacity is compared for ammonium acetate solution, acetic acid 2,5% and EDTA-complexone III 0,02 m. The last agent gives the highest amount of extractable cobalt in the soil and is convenient for routine purposes. In the literature the best correlation between cobalt-content of plants and soil extracts is found when complexone is used as extracting agent. The cobalt content in 52 representative Danish soil samples was determined by complexone extraction. In the surface horizon (0-20 cm depth) of all soils the cobalt content varied from 0,95 ppm to 0,02 ppm. In the 28 clay samples the average was $0,391 \pm 0,241$, ranging from 0,95-0,05 ppm. In the 24 sandy soil samples it ranged from 0,18-0,02 ppm with an average of $0,078 \pm 0,046$ ppm. The amount of complexone-extractable cobalt was correlated with the percentage of clay soil ($r = 0,41$), but not with the content of humus or phosphorus, or with soil pH-value. The content of extractable cobalt generally decreases from the surface horizon to the deeper layers.

Litteraturliste

- (1) *Ahmed, S. & Evans, H.*, 1960. Cobalt: A micronutrient element for the growth of soybean plants under symbiotic conditions. *Soil Sci.* 90:205-210.
- (2) *Asmus F.*, 1961. Über den Einfluss von Kobolt auf Ertrag und Qualität von Hafer. »Albrecht-Thaer-Archiv«, Heft. 5/61:375-389.
- (3) *Banerjee, K. D., Roger H. B. & Melsted, S. W.*, 1952. Some aspects of the chemistry of cobalt in soils. *Soil Sci.* v. 75: 421-431.
- (4) *Baron, H.*, 1954. Gemeinsame Extraction und chemische Bestimmung des leichtlöslichen Anteils der Mikronährstoffe Bor, Eisen, Kobalt, Kupfer, Mangan, Molybdän und Zink im Boden. *Landwirtschaftliche Forschung* 7, 2: 87-89.
- (5) *Bendixen, H. C. & Pedersen, J. G. A.*, 1946. Fortsatte undersøgelser over koboltmangel-sygdommen vosk eller voskhed hos kvæg. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Årsskrift, København, 1945-1946: 80-113.
- (6) *Filmer, J. F. & Underwood, E. J.*, 1936. Wasting Disease. Diagnosis, Prevention and Treatment. *Journ. Dept. Agric. Western Australia*, v. 13, 2: 199.
- (7) *Hansen, L.*, 1961. Hydrometermetoden til bestemmelse af jordens tekstur. *Grundförbättring*, 3: 177-187.
- (8) *Lakanen, E.*, 1962. On the analysis of soluble trace element. *Annales Agriculturae Fenniae*, v. 1: 109-117.
- (9) *Lundblad, K.*, 1959. Några försök med kobolt-gödning. *Statens Jordbruksförsök. Medd. nr.* 99.
- (10) *Mitchel, R. L., Reith, J. W. S. & Johnston, Isabel M.*, 1957. Trace element uptake in relation to soil content. *J. Sci. Food Agric.*, 8, suppl., 51-59.
- (11) *Røyset, S.*, 1954. Eit 4-årikt forsøk med molybden og kobolt til eng. *Medd. fra det norske Myrselsk.* 52: 125.
- (12) *Schamby, P. & Jacobsen, I.*, 1955. Cobalt content in some Danish soils. *Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Årsskrift*, 53-77.
- (13) *Scharrer, K. & Schropp, W.*, 1933. Sand- und Wasserkulturversuche mit Nickel und Kobolt. *Zeitschrift f. Pflanzenernährung und Bodenkunde*, A 31, 94-113.
- (14) *Scholl, W.*, 1959. Spurenelementuntersuchung in Gesteinen, Böden und Pflanzen des

Schwarzwaldes unter besonderer Berücksichtigung des Kobalt. Fakultät für Natur- und Geisteswissenschaften der Technischen Hochschule, Karlsruhe.

- (15) *Seiffert, H. H. & Wehrmann, J., 1957.* Düngungsversuche zur Kupfer- und Koboltaufnahme der Futterpflanzen auf einer Podsol und einer Braunerde weide in Schleswig-Holstein. Zeitschrift f. Pflanzenernährung und Bodenkunde, 79: 142-154.

- (16) *Swaine, D. J. & Mitchell, R. L., 1960.* Trace-element distribution in soil profiles. The J. of Soil Sci., v. 11, no. 2: 347-368.
- (17) *Wehrmann, J., 1956.* Mangan, Kupfer und Kobalt in Pflanzen und Böden Schleswig-Holsteinischer Weidegebiete. Plant and Soil, v. 6: 61.

Hovedtabel.

Komplexonopløseligt cobolt i 52 jordprøver fra 0-20 cm dybde
> 10% ler

Lokalitet	% ler	pH(H ₂ O)	ppm cobolt i tørret jord
Årslev.....	11,7	6,8	0,56
»	11,3	6,0	0,43
»	10,2	6,4	0,66
Abed.....	15,2	8,0	0,05
Blangstedgaard.....	12,3	5,9	0,72
»	13,3	6,7	0,39
»	12,8	6,6	0,95
»	12,8	6,1	0,33
Stauning enge, udyrket	22,8	4,6	0,75
» » dyrket .	17,8	6,8	0,13
Højer.....	17,7	7,7	0,14
Roskilde.....	11,4	6,6	0,09
Tystofte.....	11,1	6,4	0,40
»	11,3	6,1	0,23
Silstrup.....	15,5	6,5	0,64
Virumgaard, ukalket ..	12,0	4,7	0,49
» kalket ...	10,7	6,8	0,09
Ødum.....	12,2	7,0	0,30
»	11,6	6,9	0,50
»	12,2	6,8	0,31
»	13,2	7,1	0,61
»	13,4	5,9	0,74
»	10,6	6,0	0,17
Ribe, 0 supf.	34,4	7,1	0,31
» 20 t »	33,9	7,1	0,13
Askov.....	10,1	6,2	0,40
»	11,5	5,9	0,25
»	11,2	6,0	0,19
Middelfejl (m).....			±0,051
Gennemsnit.....			0,391
(m) i % af gennemsnit.			±13

Hovedtabel (fortsat)

Komplexonopløseligt cobolt i 52 jordprøver fra 0-20 cm dybde
≤ 10% ler

Lokalitet	% ler	pH(H ₂ O)	ppm cobolt i tørret jord
Årslev.....	9,3	6,5	0,18
Borris.....	4,1	6,4	0,07
Bølling.....	3,9	6,0	0,15
Vollerum enge, udyrket	0,7	4,5	0,03
» » dyrket	1,5	5,3	0,08
Hornum.....	4,6	6,0	0,15
St. Jynde vad	3,5	4,2	0,07
»	2,9	6,0	0,02
Spangsbjerg.....	7,6	6,2	0,14
»	7,2	6,3	0,07
»	6,7	6,1	0,04
Snejbjerg	5,9	5,3	0,14
»	1,1	5,3	0,15
Karstoft	2,1	5,6	0,07
»	2,2	5,8	0,05
Studsgaard.....	4,9	5,4	0,03
»	5,4	5,5	0,03
»	3,9	5,2	0,04
»	4,3	5,5	0,06
Tylstrup	2,3	5,9	0,09
»	2,8	6,0	0,04
Askov.....	4,1	6,8	0,07
Lundgaard.....	2,4	6,4	0,06
Lammefjord.....	6,9	7,7	0,09
Middelfejl (m).....			±0,017
Gennemsnit.....			0,046
(m) i % af gennemsnit.			±37