

Om mikronæringsstofferne mangan (Mn), kobber (Cu), molybdæn (Mo) og kobolt (Co) i afgræs- ningsprøver fra henholdsvis lermuld og sandmuld

Af J. FIND POULSEN

1. Indledning

Danske landbrugsafgrøder er ret indgående undersøgt for visse organiske stofgrupper og en række mineralstoffer, som i gødningsmæssig henseende må henregnes til makronæringsstoffer, det vil sige stoffer, som af afgrøderne optages i forholdsmæssig stor mængde.

Denne vel noget ensidige undersøgelse af markafgrøder, som afgjort har været af betydning for en rationel og økonomisk gødningsanvendelse og vel navnlig for bedømmelsen af afgrødernes ernæringsmæssige værdi, skyldes ikke mindst, at udslagene for en tilførsel af makronæringsstoffer som kvælstof, fosfor og kalium hyppigt har været lette at iagttage, hyppigt har ført til en økonomisk fordel, og at analysemetodikken til en bestemmelse af disse stoffer, såvel i voksemediet som i afgrøderne forlængst var nået den grad af enkelhed og nøjagtighed, der er en forudsætning for udførelsen af mange analyser.

De samme forhold har ikke gjort sig gældende for bestemmelsen af andre grundelementer, som også må anses for nødvendige for planternes trivsel og deres fodringsmæssige værdi. Det drejer sig her om stoffer, de såkaldte mikronæringsstoffer, der kun optages af planterne i små mængder.

Afgrødernes ret minemale behov for disse stoffer har her i landet, hvor man har anvendt og anvender store staldgødningsmængder, hidtil været dækket eller delvis dækket ved denne anvendelse, men det forøgede udbytte på dyrkede og vel navnlig nyopdyrkede jorder har afsløret ernæringsmæssige mangler,

kendetegnet ved visse symptomer, der lidt efter lidt har kunnet tydes på rette måde. Hjælpemidler hertil har bl.a. været analyser af jord og planter, men egnede og tilstrækkelige nøjagtige analysemetoder har først forholdsvis sent kunne tages i brug.

Medens der for nogle mikronæringsstoffer er udarbejdet metoder til jordbundsanalyser, hvis resultater kan være retningsgivende for tilførsel eller ikke tilførsel af pågældende stof, er det ret begrænset, hvad der vides om variationer, forårsaget af klima, jordtype og andre forhold, i markafgrøders indhold af mikronæringsstoffer. Disse forhold kan ikke være uden interesse, da et vist indhold af dette eller hint mikronæringsstof i husdyrenes foder er af ernæringsmæssig betydning.

Som regel er der til mælkekvæg og ungvæg flere foderemner til rådighed i vinterhalvåret end om sommeren i græsningsperioden, hvor navnlig ungkreaturerne ofte kan være henvist til græsarealer af forskellig kvalitet. En systematisk undersøgelse af markafgrøders indhold af mikronæringsstoffer burde vel derfor begynde med græsmarksafgrøder og vel at mærke med veldefinerede prøver fra hele vækstperioden.

Til orientering om, hvad afgræsningsprøver kan indeholde af visse mikronæringsstoffer, skal nedenfor anføres resultater af prøver, udtaget i løbet af vækstperioderne 1957 og 1958 fra samme ejendom i henholdsvis Roskilde og Ribe amt. Prøverne fra Roskilde amt til undersøgelse for molybdæn er dog fra en anden tilsvarende ejendom, end de til mangan, kobber og kobolt udtagne prøver. Det må endvidere bemærkes, at der kun er bestemt kobolt i prøverne fra Roskilde amt, idet prøverne fra Ribe amt ikke var i laboratoriets besiddelse, da koboltanalyserne var under udførelse. Alle prøverne stammer fra den undersøgelse af udnyttelsesgraden af græsproduktionen ved sribegræsning og skiftefoldsafgræsning, som gennemførtes i treåret 1956/58, for Roskilde amt på lermuldet, og for Ribe amt på sandmuldet jord. Prøverne stammer altså fra sædskiftemarker, som kun anvendtes til græsning for malkekøer og eventuel høbjergning og ensilering.

Det må understreges, at disse prøver ikke repræsenterer de vidt forskellige jordtyper eller typer af forskellig bonitet inden for de to amter, samt at der savnes oplysninger om prøvernes sammensætning, f.eks. med hensyn til kløverprocent, og om ud-

viklingstrin på udtningsdatoen. De i tabellerne anførte datoer gælder for prøvernes modtagelse på laboratorierne.

2. Mangan (Mn)

Mangan i forbindelser af forskellig art er ret udbredt i jorden. Ud fra grundstoffernes mængdeforhold i jordskorpen regnes mangan at udgøre ca. 0,09 %. Mangan må vel derfor ud fra et geologisk synspunkt henregnes til et makroelement. For markafgrøder og andre vækster regnes mangan derimod for et typisk mikroelement. Variationsbredden for indhold af mangan i planter er meget stor, men regnes med et middelindhold på ca. 50 mg/kg tørstof, vil et tilsvarende middelindhold f.eks. for makronæringsstoffet kvælstof (N) udgøre ca. 14600 mg/kg tørstof.

Når afgrødernes forholdsvis ringe behov for mangan — trods dets udbredelse i jorden — ofte ikke er dækket, hænger det sammen med, at mangan indgår i et stort antal kemiske forbindelser, og at det forekommer i en række forskellige iltningstrin. Planterne optager kun mangan med iltningstrin 2, altså fra manganoforbindelser, men om manganet som sådanne eller som ombyttelig 2-gyldig kation er tilstede i tilstrækkelig mængde afhænger af faktorer som jordens reaktionstal, jordart, vandindhold, iltadgang, det vil sige jordens bearbejdning, m.m. På lette, tørre jorder, med let adgang for luftens ilt, og på jorder med højt reaktionstal omdannes eventuelle manganoforbindelser let til forbindelser med højere iltningstrin, som er uden værdi for planterne. Det er navnlig på jordtyper af denne art, afgrøder hyppigst bliver udsat for manganmangel, som hos kornarterne, havre og byg, giver sig udslag i den såkaldte »lyspletsyge«.

En nedre grænseværdi for mangan i husdyrenes foder kan der vel ikke med sikkerhed siges noget om, skønt det forlængst er påvist, at mangan er af ernæringsmæssig betydning. Det er bl.a. påvist, at en knoglelidelse, perosis, hos høns skyldes et for lille manganindhold i foderet.

I tabel 1, er anført, hvad der er fundet af mangan i afgræsningsprøver, udtaget i løbet af vækstperioderne 1957 og 1958 fra henholdsvis Roskilde og Ribe amter. Hvad der i øvrigt kan siges om disse prøver er omtalt side 831.

Tabel 1. Analyser af afgræsningsprøver for indhold af mangan (Mn)

| mg/kg tørstof | | | | | | | |
|-------------------------|----|-----------|-----|-------------------------|-----|-----------|-----|
| Roskilde amt | | | | Ribe amt | | | |
| 1957 | | 1958 | | 1957 | | 1958 | |
| 3/5 | 53 | 21/5 | 64 | 19/5 | 65 | 7/5 | 118 |
| 15/5 | 54 | 28/5 | 51 | 25/5 | 89 | 28/5 | 104 |
| 29/5 | 82 | 11/6 | 60 | 13/6 | 83 | 12/6 | 134 |
| 12/6 | 44 | 24/6 | 60 | 27/6 | 84 | 2/7 | 97 |
| 25/6 | 72 | 4/7 | 63 | 24/7 | 129 | 24/7 | 148 |
| 5/7 | 82 | 16/7 | 41 | 16/8 | 114 | 11/8 | 99 |
| 25/7 | 75 | 25/7 | 92 | 28/8 | 105 | 28/8 | 67 |
| 6/8 | 42 | 5/8 | 41 | 25/9 | 73 | 16/9 | 109 |
| 20/8 | 89 | 20/8 | 67 | — | — | — | — |
| 3/9 | 73 | 12/9 | 112 | — | — | — | — |
| Middel af 5 prøver fra: | | | | Middel af 4 prøver fra: | | | |
| 3/5—25/6 | 61 | 21/5—4/7 | 60 | 19/5—27/6 | 80 | 7/5—2/7 | 113 |
| 5/7—3/9 | 71 | 16/7—12/9 | 71 | 24/7—25/9 | 105 | 24/7—16/9 | 106 |

Som gennemsnit er der fundet mere mangan i prøverne fra Ribe end fra Roskilde amt. Flere forhold, bl.a. jordernes reaktionstal, kan være årsag hertil. De fundne værdier for manganindhold i prøverne er gennemgående ret høje og med en enkelt undtagelse lidt større for sidste end for første del af vækstperioden.

3. Kobber (Cu)

Det er omtalt for mangan, at det ud fra grundstoffernes mængdeforhold i jordskorpen udgør ca. 0,09 %. Ud fra samme betragtningssmåde regnes kobber at udgøre ca. 0,01 %.

Kobber findes nogle steder, f.eks. i Amerika, Nordkanada og i Sibirien, som metallisk kobber. Det forekommer dog almindeligvis i jorden som mineraler, undertiden bundet til ilt, men hyppigst til svovl. Af forbindelser, kobberet danner, er kupriforbindelserne, i hvilke det er divalent, de vigtigste for såvel planter som dyr.

Planternes indhold af kobber angives at variere mellem 2 og 20 mg/kg tørstof. Som middelværdier for almindelige markafgrøder regnes med 4—6 mg/kg tørstof.

En for planterne tilstrækkelig forsyning med kobber i løbet af vækstperioden vil i hovedsagen være afhængig af de bindingsformer, hvori kobberet findes i jorden. Dertil kommer forskellige faktorer, som kan virke hæmmende eller frigørende på disse forbindelser.

Det kobber i jorden, der for planterne har forsyningsmæssig interesse, kan findes som kationer i jordvædsken, som ombyttelige kobberioner på jordkolloiderne og som ikke ombytteligt kobber.

Af disse former har sidstnævnte ingen øjeblikkelig værdi for planterne. Det har derimod førstnævnte form — hvis koncentration i jordvædsken imidlertid angives at være så ringe som ca. 0,01 mg/liter — medens kobberet bundet til jordkolloiderne nok har værdi, men må betragtes som meget fast bundet i sammenligning med andre kationer.

Kobberionen er således ikke så let ombyttelig med andre kationer, som f.eks. kaliumionen. Mest effektiv ved denne proces skal ifølge KONRAD MENGEL (*Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze*, 1961) brintionen være, idet en stigende pH-værdi i jorden formindsker den tilgængelige kobbermængde. Tilsvarende virkning har en fysiologisk alkalisk gødning. Det anføres endvidere, at jordvædskens kobberkoncentration i kalkholdige jorder er særdeles ringe, da kobberet her dels bindes stærkt til jordkolloiderne, dels udfældes som tungt opløselige kobberkarbonater.

Det må imidlertid også anføres, at der ud fra mange forsøg og undersøgelser ikke er fundet nogen udpræget sammenhæng mellem reaktionstallet og jordens tilgængelige kobberindhold og heller ikke mellem reaktionstallet og kobbermangelsymptomer på afgrøder.

Der er derimod konstateret en ret udtalt sammenhæng mellem jordens humusindhold og mængden af tilgængeligt kobber, idet denne aftager med øget humusindhold. Et for ringe kobberindhold findes også i særdeleshed i jorder med udpræget lave kali- og fosfortal.

Kobber hører til de mikronæringsstoffer, som er nødvendige for såvel planter som dyr. For planter bevirker kobbermangel en hæmning af væksten og specielt for kornarterne en nedsat kærnedannelse. De karakteristiske symptomer på kobbermangel, let

kendelige på byg og havre, benævnes »gulspidssyge«. For mennesker og dyr regnes kobber at være nødvendig, bl.a. for dannelsen af hæmoglobin, der er en bestanddel af de røde blodlegemer. Også en sygdom, »slikkesyge« hos dyr kan være forårsaget af mangel på kobber.

Tabel 2. Analyser af afgræsningsprøver for indhold af kobber (Cu)

| mg/kg tørstof | | | | | | | |
|-------------------------|-----|-----------|-----|-------------------------|-----|-----------|-----|
| Roskilde amt | | | | Ribe amt | | | |
| 1957 | | 1958 | | 1957 | | 1958 | |
| 3/5 | 4.1 | 21/5 | 4.5 | 19/5 | 4.0 | 7/5 | 4.8 |
| 15/5 | 3.9 | 28/5 | 3.9 | 25/5 | 3.8 | 28/5 | 2.8 |
| 29/5 | 4.4 | 11/6 | 4.4 | 13/6 | 2.6 | 12/6 | 3.1 |
| 12/6 | 4.1 | 24/6 | 4.0 | 27/6 | 1.8 | 2/7 | 3.4 |
| 25/6 | 4.4 | 4/7 | 5.9 | 24/7 | 3.0 | 24/7 | 3.6 |
| 5/7 | 4.7 | 16/7 | 5.0 | 16/8 | 4.5 | 11/8 | 4.3 |
| 25/7 | 4.9 | 25/7 | 5.5 | 28/8 | 4.5 | 28/8 | 4.5 |
| 6/8 | 8.0 | 5/8 | 6.5 | 25/9 | 3.7 | 16/9 | 4.8 |
| 20/8 | 7.0 | 20/8 | 6.5 | — | — | — | — |
| 3/9 | 8.0 | 12/9 | 6.9 | — | — | — | — |
| Middel af 5 prøver fra: | | | | Middel af 4 prøver fra: | | | |
| 3/5—25/6 | 4.2 | 21/5—4/7 | 4.5 | 19/5—27/6 | 3.1 | 7/5—2/7 | 3.5 |
| 5/7—3/9 | 6.5 | 16/7—12/9 | 6.1 | 24/7—25/9 | 3.9 | 24/7—16/9 | 4.3 |

Det fremgår umiddelbart af tabel 2, at gennemsnittallet for indhold af kobber er betydeligt større for prøverne fra Roskilde end for prøverne fra Ribe amt. Disse gennemsnitstal ligger henholdsvis lidt over og noget under den før omtalte middelværdi for kobber i markafgrøder.

Det ses også, at middelværdien for indhold af kobber i prøverne fra begge amter er størst i sidste del af vækstperioden, fra Roskilde amt endda ret udpræget.

4. Molybdæn (Mo)

Medens det med sikkerhed kan siges, at molybdæn har betydning for en normal udvikling af mark- og havebrugsafgrøder, er dets ernæringsmæssige betydning for mennesker og dyr ikke klarlagt.

I tilknytning til tabel 3 med analyseresultater af molybdæn i nogle afgræsningsprøver skal kun anføres nogle få bemærkninger, idet der om molybdænets bindingsforhold i jorden og dets tilgængelighed for og funktion i planterne skal henvises til mag. agro. JENS JENSENS interessante afhandling: Molybdænmangel og gødskning med molybdæn — Tidsskrift for Landøkonomi, 1957.

Dyrkede jorders indhold af molybdæn er yderst ringe. Det totale indhold kan regnes at variere omkring 2 mg/kg, almindeligvis højere i lerjorder end i sandjorder. Blandt de mange faktorer, som er afgørende for jordmolybdænets tilgængelighed for planterne, skal her nævnes jordreaktionen. Med stigende reaktionstal øges tilgængeligheden.

Planternes behov for molybdæn er ikke stort, mindre for almindelige markafgrøder end for visse havebrugsafgrøder. For markafgrøder regnes med en optagelse svarende til ca. 1 mg/kg tørstof. Under særlige forhold og ved gødskning med molybdæn kan dog findes et betydeligt større indhold. Det må her understreges, at et uforholdsmæssigt stort indhold af molybdæn i foderafgrøder, f.eks. som en følge af en for rigelig gødskning med

Tabel 3. Analyser af afgræsningsprøver for indhold af molybdæn (Mo)

| mg/kg tørstof | | | | | | | | |
|-------------------------|------|-----------|------|-------------------------|------|-----------|------|--|
| Roskilde amt | | | | Ribe amt | | | | |
| 1957 | | 1958 | | 1957 | | 1958 | | |
| 9/5 | 3.65 | 13/5 | 3.60 | 19/5 | 1.65 | 7/5 | 1.82 | |
| 21/5 | 1.90 | 27/5 | 2.55 | 25/5 | 1.74 | 28/5 | 1.35 | |
| 29/5 | 1.20 | 12/6 | 2.70 | 13/6 | 1.16 | 12/6 | 1.64 | |
| 12/6 | 1.40 | 24/6 | 2.20 | 27/6 | 1.36 | 2/7 | 1.10 | |
| 25/6 | 2.40 | 4/7 | 2.00 | 24/7 | 1.65 | 24/7 | 1.73 | |
| 5/7 | 0.90 | 16/7 | 2.50 | 16/8 | 2.37 | 11/8 | 2.45 | |
| 23/7 | 1.70 | 25/7 | 2.60 | 28/8 | 3.46 | 28/8 | 1.68 | |
| 6/8 | 2.10 | 5/8 | 2.60 | 25/9 | 4.02 | 16/9 | 2.40 | |
| 19/8 | 2.20 | 19/8 | 3.40 | — | — | — | — | |
| 19/9 | 1.90 | 16/9 | 3.60 | — | — | — | — | |
| Middel af 5 prøver fra: | | | | Middel af 4 prøver fra: | | | | |
| 9/5—25/6 | 2.11 | 13/5—4/7 | 2.61 | 19/5—27/6 | 1.48 | 7/5—2/7 | 1.48 | |
| 5/7—19/9 | 1.76 | 16/7—16/9 | 2.94 | 24/7—25/9 | 2.88 | 24/7—16/9 | 2.07 | |

molybdæn, kan være skadeligt og hos drøvtyggere føre til en sygdom, kaldet molybdenose.

Det ses straks af tabel 3, at de fundne værdier for indhold af molybdæn i afgræsningsprøverne gennemgående er større og i en enkelt prøve indtil 4 gange den værdi, der er nævnt som middelværdi for indhold af molybdæn i markafgrøder. Denne værdi gælder imidlertid for modne eller fuldt udviklede planter, der almindeligvis har et mindre indhold af mineralbestanddele pr. enhed tørstof end på tidligere tidspunkter i væksten.

Som det var tilfældet med mangan og kobber, viser også de anførte middelværdier for molybdæn i afgræsningsprøverne — fraregnet en enkelt undtagelse — et større indhold i prøverne fra sidste end første del af vækstperioden. Denne forskel i molybdæninholdet er navnlig udpræget for prøverne fra Ribe amt.

5. Kobolt (Co)

Kobolt regnes at indgå i jordskorpen med et indhold af ca. 0,001%. Til sammenligning hermed var, som det er omtalt, indholdet af mangan ca. 0,09% og af kobber ca. 0,01%.

Kobolt, tilgængeligt for planterne, findes i jordvædsken i en yderst ringe koncentration og på jordkolloiderne som udvekslingsbart kobolt.

Planterne optager kobolt, men om denne optagelse er nødvendig for en normal plantevækst er ikke klarlagt. Derimod vides med sikkerhed, at visse alger behøver kobolt som kvælstofbindende faktor.

Selv om planteanalyser for indhold af kobolt ikke synes at have nogen gødningsmæssig interesse, er det ingenlunde uden betydning at vide noget om markafgrøders og andre planters koboltindhold, da dette grundstof har en vigtig ernæringsmæssig funktion for såvel mennesker som dyr. I denne henseende kan nævnes, at mangel på kobolt i ernæringen kan forårsage degenerative forandringer af muskler og nyrer, samt at det som bestanddel af vitamin B 12 modvirker eller i givet fald har helbredende virkning på sygdommen, pernicios anæmi. Det er også erkendt, at B 12-vitaminet virker vækststimulerende på unge dyr.

I markafgrøder fra jorder af vidt forskellig bonitet regnes koboltindholdet at variere mellem 0,01 og 0,4 mg/kg tørstof. De hyppigst fundne værdier ligger omkring 0,1 mg/kg tørstof. Indhold af kobolt nær den nedre grænseværdi, f.eks. i græs på visse jordtyper, kan for dyr med græs fra disse arealer som eneste foder i en længere periode være årsag til koboltmangel.

I tabel 4 er kun — som det er omtalt — anført analyseresultater af afgræsningsprøver fra Roskilde amt.

Tabel 4. Analyser af afgræsningsprøver for indhold af kobolt (Co)

| | | mg/kg tørstof | |
|-------------------------|-------|-------------------------|-------|
| | | 1957 | 1958 |
| 3/5 | 0.112 | 21/5 | 0.137 |
| 15/5 | 0.101 | 28/5 | 0.110 |
| 29/5 | 0.077 | 11/6 | 0.145 |
| 12/6 | 0.112 | 24/6 | 0.157 |
| 25/6 | 0.078 | 4/7 | 0.144 |
| 5/7 | 0.103 | 16/7 | 0.159 |
| 25/7 | 0.115 | 25/7 | 0.189 |
| 6/8 | 0.125 | 5/8 | 0.155 |
| 20/8 | 0.122 | 20/8 | 0.121 |
| 3/9 | 0.128 | 12/9 | 0.124 |
| Middel af 5 prøver fra: | | Middel af 5 prøver fra: | |
| 3/5—25/6 | 0.096 | 21/5— 4/7 | 0.139 |
| 5/7— 3/9 | 0.119 | 16/7—12/9 | 0.150 |

Den gennemsnitlige værdi for indhold af kobolt i prøverne fra 1957 ligger ret nær den omtalte hyppigst fundne værdi for koboltindhold i markafgrøder, medens den tilsvarende værdi for prøverne fra 1958 er noget højere. Som det gennemgående har været tilfældet med middelværdierne for mangan, kobber og molybdæn, viser også disse værdier for kobolt at være størst for prøverne fra sidste del af vækstperioden.