

## Jordindholdets indflydelse på mineralstoffbestemmelser i afgrøder

*Influence of soil contamination on the mineral-element determinations in crops*

N. Kr. Sørensen

### Resumé

Denne beretning omhandler mineralstoffrigførelsen fra 15 jorder af forskellig type og næringsstofindhold ved analysering efter de ved afgrødeanalyser anvendte metoder.

Undersøgelserne har haft til formål at belyse, i hvilket omfang et givet jordindhold i afgrøden påvirker analyseresultaterne for de enkelte mineralstoffer.

Resultaterne viser, at de indførte fejl på grund af jordforurening kan blive af en betragtelig størrelse. Dette gælder i særlig grad for mikromineralerne mangan, cobolt og jern. Man må i det hele taget betragte værdien af bestemmelser af disse stoffer i stærkere jordforurenede afgrøder som diskutabel.

Det er ikke muligt fuldstændigt at eliminere de fejl i mineralstoffbestemmelsen, der skyldes jordforurening. Den bedste tilnærmelse fås ved at analysere den pågældende jord efter samme metoder som afgrøderne, og korrigere til sandfrit tørstof ud fra de fundne værdier.

En mindre korrekt, men knapt så arbejdskrævende metode, er at korrigere ud fra gennemsnitstal for mineralstoffrigførelsen for den pågældende jordtype under hensyntagen til jordbundsanalysetallene.

Den enkleste og hidtil eneste anvendte korrektionsmetode består i en omregning fra indhold i foreliggende til indhold i sandfrit tørstof. Undersøgelsens resultater viser, at en sådan omregning normalt mindsker fejlene for makromineralernes, men ikke for mikromineralernes vedkommende.

### Indledning

Flere afgrøder lader sig normalt ikke bjerge uden at være forurenede med jord i større eller mindre grad. Dette gælder i første række rodfrugter, roetop, græsmarksafgrøder og halm.

Ved forbehandling til tørstofanalyse vaskes rodfrugter fri for jord, hvorimod det som regel ikke er gennemførligt at vaske de øvrige afgrøder. En sådan fremgangsmåde ville desuden øge afgrødens vandvedhæng og medføre fare for ukontrolleret udvaskning af organiske og uorganiske stoffer, dog finder *Carlier* (1970), at det er muligt at foretage en kortvarig skylning af nyslået græs uden større udvaskning af mineralstoffer.

Ved tørstofbestemmelser vil jordindholdet så-

ledes indgå og give anledning til for høje resultater. Det er muligt at korrigere herfor, men som påpeget af *Nørgaard Pedersen* (1961) kan korrektionen dog kun blive omtrentlig, idet den brændbare del af jorden vil blive beregnet som plante-tørstof sammen med den del af jorden, som er opløselig i saltsyre. Hertil kommer, som ligeledes påvist af *Nørgaard Pedersen* (1961), at en del af jordens i syre opløselige partikler i nogen grad angribes af den alkaliske planteaske (alkalismeltning), hvorved der dannes syreopløselige forbindelser.

Ud fra sandprocenten er det muligt at beregne jordprocenten, og herefter prøvens indhold af jordfrit tørstof. En sådan beregning kan være be-

rettiget i visse typer af forsøgsopgaver, men normalt vil det være tilstrækkeligt at korrigere med sandindholdet direkte.

Forholdet bliver betydeligt mere komplicerede, når det jordblandede afgrødetørstof underkastes en kemisk analyse, idet jorden herunder, afhængig af arten, afgiver en større eller mindre mængde af de stoffer, der skal bestemmes.

Det er ganske vist muligt at foretage en rensning af det formalede afgrødetørstof forud for analysen ved gentagne opslemninger i tetraklormethan og påfølgende centrifugering. Men metoden er meget arbejdskrævende og muliggør ikke en fjernelse af humus og finere lerpartikler. Værdien af en sådan rensning er derfor ret begrænset.

Tilbage står herefter spørgsmålet om, i hvor høj grad et giver jordindhold påvirker den kemiske analyses resultater, og om det er muligt at korrigere for denne påvirkning. Nærværende undersøgelse har haft til formål at bidrage til klarlæggelse af disse forhold for så vidt angår bestemmelsen af en række mineralstoffer.

### Metodik

15 jordprøver af varierende tekstur og næringsstofindhold blev efter grundig homogenisering analyseret efter de ved laboratoriet anvendte me-

toder til afgrødeanalyser. Der blev udført dobbeltbestemmelser med henholdsvis 0,5 og 2 gram jord i arbejde. Metoden til bestemmelse af K, Na, Ca, Mg og P er beskrevet af *Henriksen* (1960) og for B af *Henriksen* (1970).

Bestemmelse af Mo, Mn, Cu, Zn og Fe er udført efter tørforaskning af prøverne og kogning af asken i 2-3 minutter med 20 ml saltsyre, fortyndet 1:3. Prøverne til Co-bestemmelse er ligeledes tørforasket, hvorpå asken er overført til en kjeldahlkolbe og kogt i 2 timer i en syreblanding bestående af 17 ml konc. salpetersyre og 3 ml konc. svovlsyre. Som katalysator anvendtes en blanding af kaliumsulfat og selen.

I ekstrakterne er K og Na bestemt ved flammefotometri. Ca, Mg, Mn, Zn, Cu og Fe ved atomabsorptiometri, medens P, Co, B og Mo er bestemt ved kolorimetri.

### Resultater

Tabel 1 giver en oversigt over en række analysedata for de anvendte jorder, bestemt ved hjælp af de autoriserede metoder til jordbundsanalyser. Tilsvarende giver tabel 2 en oversigt over de mineralstofmængder, der frigøres, når jorden behandles på samme måde som ved analyse af plantetørstof.

Tabel 1. Analysedata for de anvendte jorder

Jord nr.	% ler	% humus	Rt	Kt	Cat	Mgt	Ft	Mnt	Cut
1.....	2,3	5,0	6,2	4,8	203	4,9	18,0	15,3	3,8
2.....	3,4	2,7	5,1	6,6	57	3,6	1,6	11,4	4,5
3.....	3,7	1,8	6,0	1,9	74	1,8	2,3	2,6	1,5
4.....	3,8	2,2	5,6	7,4	43	2,2	4,6	2,2	1,9
5.....	4,0	1,9	7,5	16,5	355	7,4	33,4	9,6	8,1
6.....	5,6	2,6	6,3	13,2	141	4,2	8,7	7,2	12,5
7.....	7,1	1,8	5,0	10,9	46	1,3	6,3	31,6	1,1
8.....	9,1	2,2	5,9	12,8	127	7,1	4,7	9,3	2,1
9.....	11,3	2,2	7,2	8,3	260	5,6	6,3	3,4	3,7
10.....	12,7	2,2	6,6	9,8	180	6,3	13,4	8,8	2,9
11.....	13,9	2,5	7,3	97,3	230	8,7	11,9	37,2	3,6
12.....	14,4	2,0	7,9	10,0	275	6,8	6,9	2,9	3,1
13.....	19,3	2,3	6,6	10,1	285	6,6	3,0	35,6	2,0
14.....	—	16,8	6,5	16,2	500	19,0	8,4	8,7	1,9
15.....	—	18,3	5,8	4,3	550	14,2	3,1	55,2	2,5
Gns.....				15,3	222	6,6	8,8	16,1	3,7

Tabel 2. Fundet mineralstofindhold i jordprøver, behandlet som afgrødeanalyser

Jord nr.	% i tørstof					ppm i tørstof						
	K	Na	Ca	Mg	P	Mn	Cu	Zn	Co	Mo	B	Fe
1	0,04	<0,01	0,26	0,03	0,14	470	10	50	0,7	2,5	2,7	17000
2	0,05	<0,01	0,07	0,02	0,02	50	7	27	0,2	0,8	1,1	2400
3	0,02	<0,01	0,10	0,01	0,02	20	5	14	0,3	0,5	1,6	3500
4	0,03	<0,01	0,06	0,02	0,03	70	3	16	0,3	0,9	0,8	4700
5	0,05	0,01	1,19	0,05	0,16	450	23	32	1,2	0,8	10,1	24500
6	0,09	0,01	0,15	0,10	0,08	840	24	50	0,8	1,0	2,4	12400
7	0,08	0,01	0,06	0,08	0,04	630	2	50	1,7	1,0	2,0	9100
8	0,09	0,01	0,15	0,10	0,03	210	4	44	2,1	6,5	3,2	21000
9	0,10	0,01	0,29	0,16	0,04	350	10	70	3,1	1,3	3,0	16900
10	0,12	0,01	0,20	0,16	0,10	1070	5	85	4,3	1,8	2,2	14800
11	0,21	0,01	0,28	0,15	0,10	1000	8	90	6,1	1,0	3,2	22600
12	0,15	0,02	0,34	0,21	0,06	370	8	72	3,1	1,2	4,5	18400
13	0,16	0,02	0,29	0,20	0,03	1050	7	82	7,7	0,4	4,7	27700
14	0,05	0,01	0,84	0,07	0,06	420	6	24	0,4	1,6	12,2	5900
15	0,04	0,01	0,74	0,06	0,08	620	8	50	1,1	4,3	8,4	10000
Gns.	0,09	0,01	0,33	0,09	0,07	541	9	50	2,2	1,7	4,1	14060

En direkte sammenligning af de frigjorte mineralstofmængder ved de to behandlingsmetoder er kun mulig for Mn og Cu, hvor enheden for jordbundsanalysen er den samme som ved afgrødeanalysen. Det fremgår, at jorden ved behandling efter afgrødeanalysemetoden frigør ca. 33 gange mere Mn, men kun 2-3 gange mere Cu end ved den normale jordbundsanalyse. Dette var på forhånd ventet, idet jordbundsanalysemetoden kun

frigør en lille del af jordens manganreserver, men en langt større del af jordens kobberreserver. Der er en god sammenhæng mellem de frigjorte kobbermængder efter de to metoder, medens der ingen sammenhæng er mellem de frigjorte manganmængder.

Enheden for Kt, Cat og Mgt svarer til 0,001 pct. af det pågældende stof, for Ft svarer enheden til 0,003 pct. P. Ved omregning af jordbundsana-

Tabel 3. Gennemsnitstal og variationsbredde for indhold af forskellige mineralstoffer i 3 foderafgrøder

% i tørstof	Bederøetop		Græsmarksafgrøder		Halm	
	gns.	var.	gns.	var.	gns.	var.
K	1,42	0,49-2,91	2,88	0,90-5,78	0,92	0,17-2,53
Na	0,98	0,22-2,50	0,13	0,01-0,50	0,06	0,01-0,45
Ca	1,25	0,60-2,05	0,74	0,30-1,80	0,31	0,15-0,75
Mg	0,32	0,10-0,66	0,16	0,08-0,33	0,06	0,04-0,12
P	0,25	0,18-0,40	0,35	0,19-0,59	0,10	0,04-0,27
ppm i tørstof						
Mn	90	30-140	45	13-190	25	5-60
Cu	13	7-22	6	3-9	3	2-4
Zn	47	30-65	25	-	16	7-25
Co	0,19	0,10-0,30	0,06	0,01-0,20	0,03	0-0,06
Mo	0,8	-	0,6	-	0,4	-
B	27	21-42	7	4-15	4	3-6
Fe	175	-	250	-	260	-

lysetallene til procenttal findes, at afgrødeanalysen i gns. frigør følgende gange mere end jordbundsanalysen af de pågældende stoffer: K 6, Ca 1,5, Mg 13 og P 3 gange.

Der er god sammenhæng mellem de frigjorte Ca- og P-mængder efter de to metoder, hvorimod de frigjorte K- og Mg-mængder i afgrødeanalysen er bedre korreleret med jordens lerindhold end Kt og Mgt. Årsagen hertil er, at jorden ved afgrødeanalysen koges med syre, og at der, som tidligere vist (*S. Tovborg Jensen og Rasmussen, 1960; Henriksen 1964*), er en stærk korrelation mellem de derved frigjorte K- og Mg-reserver og jordens lerindhold.

Tabel 3 giver en oversigt over indholdet af mineralstoffer i de tre foderafgrøder, hvor jordforureningsproblemet er størst. De anførte gennemsnitstal er beregnet ud fra et stort analysemateriale af danske afgrøder, dog med undtagelse af tallene for indhold af Mo og Fe, der er taget fra Futttermitteltabellenwerk (1970). Det viste variationsinterval angiver ikke de absolutte maksimums- og minimumsværdier, idet ekstreme værdier er udeladt. Men grænserne er valgt således, at mindst 85 pct. af resultaterne ligger inden for de angivne intervaller.

Tabel 4. Forholdet mellem de frigjorte mineralstofmængder fra jord og mineralstofindhold i forskellige afgrøder (gennemsnitstal)

Stof	Mineralstof i jord		Halm
	Bederootop	Græsmarksafgr.	
K.....	0,06	0,04	0,10
Na.....	0,01	0,08	0,17
P.....	0,28	0,20	0,70
Ca.....	0,26	0,44	1,06
Mg.....	0,28	0,56	1,50
B.....	0,2	0,6	1,0
Cu.....	0,7	1,5	3,0
Zn.....	1,1	2,0	3,1
Mo.....	2,8	3,7	4,3
Mn.....	6,0	12,0	21,6
Co.....	11,6	36,7	73,3
Fe.....	80,0	56,2	54,1

Ved sammenligning af gennemsnitsresultaterne i tabel 2 og 3 fremgår, at jordforurening influerer

i vidt forskellig grad på afgrødernes »sande« indhold af de forskellige mineralstoffer. Dette fremgår med større tydelighed af tabel 4, der viser forholdet mellem gennemsnitstal for de frigjorte mineralstofmængder fra jord og mineralstofindholdet i forskellige afgrøder.

### Diskussion og konklusion

De foran beskrevne undersøgelser viser, at jordforurening i afgrødetørstoffet indfører fejl i mineralstofbestemmelserne. Den relative fejl varierer betydeligt fra stof til stof og fra afgrøde til afgrøde.

Ved betragtning af tabel 4 fremgår som generel retningslinie, at en jordforurening vil medføre for lave resultater for makromineralerne, men for høje resultater for mikromineralerne, specielt mangan, cobolt og jern. Dette er i overensstemmelse med resultaterne af en lignende undersøgelse, som gennemførtes med løsjorden af *Wöhlbier & Oelschläger (1964)*.

De frigjorte kalium-, natrium og magnesiummængder kan forventes at blive lidt højere ved almindeligt analysearbejde, hvor jord- og afgrødetørstof foraskes sammen, jvfr. den tidligere omtalte effekt af den alkaliske planteaske på jordpartiklerne (*Nørgaard Pedersen, 1961*). Når der i nærværende undersøgelse blev arbejdet med jord alene, var det for at undgå vanskeligheder med at opnå homogene prøver af jord/afgrødeblandinger og dermed reproducerbare resultater.

En korrektion af mineralstofbestemmelser for jordforureningsfejl kan med størst opnåelig tilnærmelse udføres på grundlag af afgrødens procentiske sandindhold og analyse af den pågældende forsøgsjord efter afgrødemetoden. Denne fremgangsmåde er meget arbejdskrævende og vil som nævnt kun give et tilnærmelsesvis korrekt korrektionsgrundlag. Dette skyldes blandt meget andet, at man ikke kan forudsætte, at jordforureningen på afgrøderne har samme sammensætning, som den jord, den stammer fra. Sandsynligheden taler således for, at den vedhængende jord på afgrøderne vil have et højere ler- og humusindhold, hvilket vil give en større mineralstoffriggørelse end fundet ved analyse af jorden. Fremgangsmåden kan dog tænkes anvendt i forbindelse med fler-

årige, fastliggende forsøg, hvor en korrekt bestemmelse af de optagne mineralstoffer indgår som et væsentligt led i forsøgets resultater.

En anden fremgangsmåde er, at korrigerer resultaterne for de enkelte mineralstoffer ud fra sandindholdet i afgrødestoffet og forholdstal som de i tabel 4 angivne. Dette er overkommeligt med den regneteknik, der står til rådighed i dag, men vil nok kræve et større analysearbejde til grundlag, end det her præsterede. Det skal bemærkes, at der, som vist i tabel 2, er en stor spredning i resultaterne for de enkelte mineralstoffer. For calcium, fosfor og kobber kan denne spredning dog indsnævres en del ved at tage jordbundsanalysetallene i betragtning, da disse viser en god sammenhæng med de frigjorte mængder ved afgrøde analysemetoderne. På tilsvarende måde kan lerindholdet anvendes for kalium og magnesium. Men for et stof som mangan er spredningen meget stor og uden sammenhæng med jordbundsanalysens resultater. Det samme ville sikkert gøre sig gældende for jern, om der fandtes en analysemetode til bestemmelse af jordens »plantetilgængelige« indhold af dette stof.

Den enkleste, og hidtil eneste anvendte korrektionsmetode er direkte omregning af resultaterne fra indhold i foreliggende tørstof til indhold i »sandfrit« tørstof. En sådan korrektion vil under gennemsnitsforhold reducere jordforureningsfejlen for kalium, natrium og fosfor. For disse stoffer kommer man meget nær til det virkelige indhold ved denne fremgangsmåde. Fejlen på calcium og magnesium er meget nær ens, hvad enten der korrigeres til sandfrit tørstof eller ej, hvorimod en korrektion blot vil gøre fejlen større for mikromineralernes vedkommende.

Værdien af bestemmelser af specielt mangan, cobolt og jern i stærkere jordforurenede afgrøder er i høj grad diskutabel. For sidstnævnte stofs vedkommende må det endvidere bemærkes, at der ved normal forbehandling af prøven til analyse vil ske en betydelig kontaminering fra det anvendte apparatur. Afgrødeprøver til bestemmelse af jern må derfor behandles i apparatur, som ikke indeholder jern, f.eks. i agat-kuglemøller.

## Summary

*Influence of soil contamination on the mineral-element determination in crops*

It is normally impossible to obtain samples of root top, grass crops and straw without being contaminated with soil material.

The main purpose of the present investigation was to study the influence of a given amount of soil on the results of mineral-element determinations of crops.

The results showed that the soil-introduced errors can be of an appreciable extent. This is especially the case for the micro-minerals, manganese, cobalt and iron. On the whole, the value of determinations of these minerals in greatly soil-contaminated samples is debatable.

It is not possible entirely to eliminate errors owing to soil contamination. The best approximation is obtained by analyzing the soil in question by means of the same methods as employed for crops, with subsequent corrections to sand-free dry matter from the results obtained.

Corrections on the basis of average figures for the soil type in question and/or consideration to results of certain soil analysis is less accurate, but also less time-consuming.

The most simple, and so far sole method of correction consists of a conversion from content in actual to content in sand-free dry matter. Such a conversion generally decreases the errors for macro-, but not for micro-minerals.

## Litteratur

- Carlier, L., van Hee, L. & Andries, A.* (1970). - Een bijdrage tot de oplossing van het probleem van de »zandverontreiniging« in groenvoedermonsters. Meded. van de Rijksfac. Landb. Wet., 35 (1), 1-25.
- Futtermitteltabellenwerk* (1970). - V.E.B. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- Henriksen, Aage* (1960). - Om bestemmelse af calcium, magnesium, kalium og natrium i plantemateriale. Tidsskr. f. Planteavl, 64, 530-552.
- Henriksen, Aage* (1964). - Om danske landbrugsjorders magnesiumindhold og afgrødernes magnesiumforsyning. Tidsskr. f. Planteavl, 67, 733-753.
- Henriksen, Aage* (1970). - Om indhold af bor i danske landbrugsafgrøder. Tidsskr. f. Planteavl, 74, 372-377.
- Nørgaard Pedersen, E. J.* (1961). - Om aske- og sandbestemmelse i roetop. Tidsskr. f. Planteavl, 65, 435-458.

*Rasmussen, Kj. & Tovborg Jensen, S. (1960). - Investigations on potash and potash release in Danish soils. Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Årsskrift, 1960, 88-122.*

*Wöhlbier, W. & Oelschläger, W. (1964). - Die bei der Vorbereitung von Futtermitteln zur Mengen- und Spurenelement-bestimmung möglichen Fehler. Landwirtsch. Forsch., 17, 47-52.*

Manuskript modtaget den 2. maj 1973.