



Fælles arbejdsmetoder for jordbundsanalyser



Plantedirektoratets

Fælles arbejdsmetoder for jordbundsanalyser

Marts 1994

Plantedirektoratets Fælles arbejdsmetoder
for jordbundsanalyser.

Udgivet og trykt af Plantedirektoratet
marts 1994, som erstatning for Fælles
arbejdsmetoder for jordbundsanalyser,
1988.

Redaktion: N. K. Sørensen og Anne
Büløw-Olsen.

Landbrugsministeriet
Plantedirektoratet
Skovbrynet 20
2800 Lyngby
Tlf. 42 88 33 66
Fax 45 93 33 66

INDHOLDSFORTEGNELSE

	<u>Afsnit</u>	<u>Nr.</u>
Almindelige bemærkninger	I	1
Udtagning og forbehandling af jordprøver	II	1
Analysemetoder:		
Rumvægt	III	1
Tekstur	III	2
Humus efter Ter Meulen	III	3
Humus (tilnærmet bestemmelse)	III	3A
Totalkvælstof	III	4
Calciumcarbonat, Volumetrisk	III	5
Ledningstal	III	6
Chloridtal, ved titrering efter Mohr	III	7
Chloridtal, ved elektrometrisk titrering	III	7A
Reaktionstal	III	8
pH i vandig opslemning	III	8A
Kalkbehov	III	9
Syretitrering	III	9A
Ombyttelige brintioner	III	10
Sulfattal	III	11
Beregning af adsorptionskapacitet og basemætningsgrad	III	12
Fosforsyretal	III	13
Fosfortallet Pt	III	14
Kaliumtal	III	15
Natriumtal	III	16
Magnesiumtal	III	17
Calciumtal i kalkfri jord	III	18A
Calciumtal i kalkholdig jord	III	18B
Mangantal	III	19
Kobbertal	III	20
Zinktal	III	21
Ammonium- og nitratkvælstof	III	22
Nitrat, elektrometrisk	III	22A
Molybdæntal	III	23
Bortal	III	24
Analyseresultaternes angivelse og betydning	IV	1
Kulturkontrol for gartnerijorder		
Almindelige bemærkninger	V	1
Kulturkontrolmetoder		
Ledningsværdi	VI	1
pH-værdi	VI	2
Fosforværdi	VI	3
Kaliumværdi	VI	4
Nitratværdi, elektrometrisk	VI	5
Nitratværdi, kolorimetrisk	VI	5A
Magnesiumværdi	VI	6
Borværdi	VI	7

FORORD

Dette hæfte indeholder de analyseforskrifter, der skal følges ved erhvervsmæssig udførelse af jordbundsanalyser.

Erhvervsmæssig analyse af jordprøver må kun udføres af personer, som har fået en autorisationen udstedet af Plantedirektoratet. Autorisationen kan udstrækkes til at omfatte et laboratorium med flere medarbejdere under ledelse af autorisationshaveren.

Jordprøver til erhvervsmæssig analyse skal indsamles af en landbrugs- eller havebrugskonsulent, eller af ejeren eller brugeren af den ejendom, hvorfra prøverne stammer.

De autoriserede jordbundslaboratorier vil løbende få tilsendt eventuelle ændringer i de gældende standardforskrifter.

Yderligere eksemplarer af dette hæfte kan fås ved henvendelse til Plantedirektoratet.

Anne Bülow-Olsen

Marts 1994

I. ALMINDELIGE BEMÆRKNINGER

A. Ved analyserne skal anvendes de standardmetoder, som er beskrevet i denne vejledning. For nogle metoder kan Plantedirektoratet godkende en alternativ fremgangsmåde, når det kan godtgøres, at fremgangsmåden giver resultater, som ikke afviger fra de resultater, som opnås ved brug af standardmetoden.

Analyserne skal kunne udføres med mindst samme præcision og reproducerbarhed som ved standardmetoden. For de metoder, som indebærer en ekstraktion af jorden, skal ekstraktionen altid udføres efter standardmetoden, men der kan godkendes alternative fremgangsmåder til de målinger, som skal udføres på ekstrakten.

Ansøgning om godkendelse af en alternativ fremgangsmåde indsendes til Plantedirektoratet. Ansøgning skal være vedlagt en detaljeret beskrivelse af fremgangsmåden og dokumentation for dens egnethed iflg. ovenstående. En godkendt fremgangsmåde kan benyttes af alle autoriserede laboratorier.

B. Ved jord forstås overalt i analyseforskrifterne, hvor intet andet er angivet, jord, der er tørret ved 50-60°C, knust og blandet i morter og sigtet gennem 2 mm hulsigte af rustfrit stål, således som det er beskrevet under II.

Ved vand forstås, hvor intet andet er angivet demineraliseret (eller destilleret) vand.

Ved reagenser forstås almindeligvis sådanne, som er mærket "pro analysis (p.a.)". Anvendes undtagelsesvis andre kvaliteter, må de være af en sådan renhedsgrad, at brugen af dem ikke indfører fejl i analyseresultaterne.

Det er en selvfølge, at de anvendte reagenser og det benyttede apparatur til stadighed må kontrolleres. En særlig omhyggelig kontrol er nødvendig, når små stofmængder bestemmes ved hjælp af følsomme instrumenter eller/og under anvendelse af forholdsvis store mængder reagenser.

Ved rysteapparater forstås overalt, hvor intet andet er angivet, sådanne, som roterer med en hastighed af ca. 40 omdr. pr. minut.

Hvor intet andet er nævnt, angives analyseresultaterne med 1 decimal.

II. UDTAGNING OG FORBEHANDLING AF JORDPRØVER

Udtagning af jordprøver

Jordprøver udtages almindeligvis i tiden fra høstens afslutning og inden ny udbringning af gødning. Prøverne udtages med jordbor i 20 cm dybde, og det må iagttages, at prøven virkelig udtages til denne dybde. De med boret udtagne prøver sammenblandes omhyggeligt i en plasticspand og fyldes i papæsker, der kan fås fra laboratorierne.

En fællesprøve for et areal udtages med 40-50 stik, jævnt fordelt over arealet.

Jordprøver, i hvilke der skal bestemmes mangan, bør, såfremt de ikke omgående og hurtigt tilsendes laboratoriet, hurtigst muligt lufttørres ved udbredning på rent papir og fremsendes i lufttørret stand, da opbevaring i fugtig tilstand kan bevirke en væsentlig forøgelse af ombytteligt mangan, således at analyseresultaterne kan blive misvisende. Prøver til bestemmelse af nitrattal samt prøver til bestemmelse af ammonium- og nitratkvælstof sendes til laboratoriet straks efter udtagningen. Kan dette ikke lade sig gøre opbevares prøverne dybfrosne indtil forsendelse kan finde sted.

Jordprøver, i hvilke der skal bestemmes mikronæringsstoffer, bør kun forsendes i nye æsker. Disse må ikke før eller efter ifyldning af jordprøverne henstå, hvor der er fare for forurening, f.eks. i rum, hvor der opbevares kemikalier og lignende.

Prøver til zinkbestemmelse må ikke komme i berøring med galvaniserede genstande eller messing, prøver til kobberbestemmelse, ikke med kobber- eller messinggenstande. Prøver, hvori der skal bestemmes bor, bør ikke forsendes i papæsker, men i plasticposer, da navnlig glittet pap kan indeholde boraks, som kan afgives til en fugtig jordprøve.

Behandling af jordprøverne efter ankomst til laboratoriet

Såfremt der ikke er foreskrevet andet, tørres jordprøverne på bakker i et varmeskab ved 50-60°C. Prøver, der skal undersøges for mangan, tørres ved stuetemperatur. Efter tørring stødes jorden i en morter og sigtes gennem en 2 mm hulsigte af rustfrit stål. Jordprøverne opbevares i papæsker eller plasticbeholdere på et tørt sted. Bakker, mortere og sigter må ikke indeholde kobber eller zink (messing).

III ANALYSEMETODER

METODE 1

RUMVÆGT

Jordens litervægt i g bestemmes ved vejning af 125 ml jord. Denne størrelse bestemmes, når det skønnes, at jordens rumvægt afviger mere end 10 - 20% fra den normale og altid ved bestemmelse af kalkbehov (metode 9).

A. Specielt apparatur

Apparatet, der må være udført af rustfrit stål eller glas, er beskrevet af Bondorff. Det består af to tragte, hvoraf den nederste og største kun har til opgave at opfange den jord, der løber over, når rummålet fyldes, samt rummålet, en cylinder, som rummer nøjagtig 125 ml.

B. Analysens udførelse

Bestemmelsen udføres på den måde, at man med fingeren lukker for den lille tragts stilk, til tragten er ca. halv fuld. Så lader man jorden løbe ned i cylinderen, man sørger for, at der hele tiden er jord i tragten.

Får denne lov til at løbe tom, inden cylinderen er topfuld, stiger litervægten.

Når rummålet er topfuld, afstryges det - uden at det rystes - med en lineal, hvorpå indholdet af jord bestemmes ved vejning.

C. Beregning

Jordens litervægt fås ved at multiplicere vægten af den afmålte jordmængde med 8. Den beregnes i g, men uden decimaler.

Formålet med rumvægtsbestemmelsen er at korrigere analyseresultater, baseret på en vis jordvægt, således at de gælder for et vist jordvolumen i naturlig lejrings. På grundlag af sammenligninger mellem jordens rumvægt i naturlig lejrings og rumvægten af den tørrede og sigtede jord er udarbejdet følgende tabel, der angiver, med hvilken faktor det fundne analyseresultat må korrigeres. Er faktoren f.eks. 0,40, betyder dette, at en manganbestemmelse, der har givet Mnt 3,0, d.v.s. 3 mg Mn pr. kg jord, svarer til $0,4 \times 3,0 = 1,2$ mg Mn pr. liter jord.

Kun de korrigerede analyseresultater opgives, men med angivelse af den benyttede korrektionsfaktor, og det anføres, at resultaterne er korrigerede.

For humusjord med lavere litervægt end tabellens mindsteværdi, anvendes den konstaterede litervægt divideret med **1000** som rumvægtsfaktor.

Forhold mellem litervægt i gram og korrektionsfaktorer

<u>Litervægt:</u>	<u>Faktor:</u>	<u>Litervægt:</u>	<u>Faktor:</u>
243 - 380	0,20	854 - 890	0,80
380 - 463	0,25	890 - 927	0,85
463 - 516	0,30	927 - 966	0,90
516 - 563	0,35	966 - 1006	0,95
563 - 603	0,40	1006 - 1045	1,00
603 - 640	0,45	1045 - 1085	1,05
640 - 677	0,50	1085 - 1130	1,10
677 - 713	0,55	1130 - 1178	1,15
713 - 748	0,60	1178 - 1233	1,20
748 - 783	0,65	1233 - 1310	1,25
783 - 818	0,70	1310 - 1416	1,30
818 - 854	0,75	1416 - 1566	1,35

Litteratur

Bondorff, K.A.: Om bestemmelse af jordens rumvægt. - Tidsskrift for Planteavl, bd. 53, 1950, s. 449-460.

METODE 2

TEKSTUR

Jordens mekaniske sammensætning bestemmes ved sigtning og ved sedimentationsanalyse under anvendelse af flydevægt.

A. Reagenser

Natriumpyrofosfatopløsning, 0,1 M

44,6 g $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ opløses i vand ad 1 liter.

B. Specielt apparatur

Hydrometer, ASTM 152 H (med skalainddeling i g/l).

Vandbad med temperaturregulering til 20°C.

1000 ml måleglas, høj form, indvendig diameter 59,5 mm.

C. Analysens udførelse

100 g jord, dog højest så meget som svarer til 15 g ler, overføres til en ½ liter flaske og tilsættes ca. 200 ml vand og 40 ml natriumpyrofosfatopløsning. Flasken omrystes natten over i et rysteapparat. Næste dag overføres opslemningen kvantitativt til 1000 ml måleglasset, der fyldes op til mærket med vand og anbringes i vandbadet ved 20°C. Når temperaturligevægt er opnået, homogeniseres opslemningen ved, at glasset tilproppes, tages op og vendes op og ned ialt 1 minut. Nøjagtig 5 minutter efter at bevægelsen er ophørt, foretages hydrometer-aflæsning, idet hydrometret nedsættes forsigtigt i opslemningen 20-25 sek. før aflæsnings-tidspunktet, og aflæsningen foretages ved den øverste kant af vandmenisken. Der homogeniseres på ny for aflæsning efter 10 minutters, 4 timers og 18 timers henstand. Skum på overfladen i cylinderglasset kan fjernes ved tilsætning af 1-2 dråber amylalkohol før aflæsningen.

Der foretages blindbestemmelse ved at aflæse hydrometret i vand med 40 ml 0,1 M natriumpyrofosfatopløsning pr. liter; blindbestemmelsen fradrages aflæsningsværdierne.

Efter endt aflæsning skylles måleglassets indhold ud igennem en sigte med maskevidde 200 µ, idet sandet, der bliver tilbage på sigten, udvaskes ved hjælp af en bruser på vandhanen og overføres kvantitativt til en skål.

Vandet fradekanteres, sandet tørres ved 105°C og vejes.

De ud fra hydrometrets og måleglassets konstanter og vægtfylden 2,65 for jordpartiklerne beregnede, sammenhørende værdier for faldtid, højde og hydrometeraflæsningen er anført i omstående tabeller. I et koordinatsystem med hydrometeraflæsning som ordinat og $\log d$ (kornstørrelsen) defineret som partiklernes ækvivalensdiameter, som abscisse indtegnes $\log d$ -værdien for henholdsvis 5 og 10 minutter, 4 og 18 timer. Tabellerne gælder kun for det anførte hydrometer og måleglas.

D. Beregning

Ud fra de aflæste (og evt. korrigerede) værdier i g/l ved henholdsvis 5 og 10 minutter findes indholdet af ler + silt $d \leq 20 \mu$, ved interpolation til linien $\log 20 = 1,3010$. Værdierne for 4 og 18 timer anvendes tilsvarende til bestemmelse af lerindholdet, $d \leq 2 \mu$ ved interpolation til linien $\log 2 = 0,3010$.

Hvis der er taget 100 g jord i arbejde, angiver de ved interpolationerne fundne værdier i g direkte %-indholdet af henholdsvis ler + silt og ler. Finsandsmængden findes som differencen mellem 100 og ler + silt + grovsandet fra sigten + humus. Humusbestemmelse foretages efter metode 3 eller 3 A.

Resultaterne opgives som:

% grovsand, kornstørrelse	2000 - 200 μ
% finsand,	200 - 20 μ
% silt,	20 - 2 μ
% ler,	< 2 μ
% humus	

Som her beskrevet, er metoden kun anvendelig på jorder, som ikke er saltholdige og som ikke indeholder mere end ca. 5% humus. Indeholder en jord mere end ca. 5% humus forbehandles med brintoverilte.

Fremgangsmåden er følgende:

Jorden afvejes som anført under pkt. C, men overføres til et højt 1 liters bægerglas. Der tilsættes vand til jorden er godt gennemfugtet, herefter 1 N saltsyre til jorden er sur. Normalt er 10 ml tilstrækkeligt, men mere må tilsættes, hvis jorden indeholder CaCO_3 . Tilsætningen skal resultere i et pH omkring 3, hvor iltningen forløber hurtigst.

Dernæst tilsættes ca. 10 ml brintoverilte, alm. teknisk vare, og der omrører forsigtigt (skumning). Dette gentages dagligt indtil ny tilsætning ikke medfører yderligere brusning. Men totalt skal prøven henstå i mindst 1 uge ved stuetemperatur før den sættes på varmeplade til forsigtig opvarmning for at bringe iltningsprocessen til ende og fjerne overskuddet af brintoverilte. Til fremme heraf øges temperaturen slutteligt indtil begyndende stødkogning.

Efter afkøling røres prøven op med rigeligt destilleret vand og hensættes til bundfældning, hvorefter den ovenstående væske forsigtigt dekanteres fra. Denne proces gentages yderligere 2 gange for at mindske saltkoncentrationen.

Herefter overføres jorden fra bægerglasset til en ½ liter flaske, tilsættes vand til ca. 200 ml og 40 ml natriumpyrofosfat. Videre analysegang som beskrevet under pkt. C.

Er humusindholdet højere end 10% udelades teksturanalysen ofte.

Litteratur

Hansen, Lorens: Hydrometermetoden til bestemmelse af jordens tekstur. Grundförbättring, 1961, 3, 19.

American Society for Testing Materials, Designation D 422-54 T, 1954 s. 1756-1766. Tentative method for grain size analysis of soils.

HYDROMETER 152 H

Beregning af faldtid, t

20°C; vægtfylde 2,65; A = 27,8 cm²

g/l	ler + silt d ≤ 20	ler d ≤ 2	h cm
0	7,36(min.,sek.)	12,39(tim.,min.)	16,3
5	7,13	12,02	15,5
10	6,50	11,25	14,7
15	6,26	10,43	13,8
20	6,03	10,06	13,0
25	5,41	9,28	12,2
30	5,19	8,51	11,4
35	4,56	8,14	10,6
40	4,31	7,32	9,7

$$t = 13,65^2 \frac{h}{d^2} : t \text{ i min.}$$

Beregning af h se ASTM, D 422-54 T, 1954 (litteraturhenvisning)

Beregning af log d

20°C; vægtfylde 2,65

timer	g/l	5 min.	10 min.	4 timer	18
	0	1,3917	1,2412	0,5511	
0,2245					
	5	1,3805	1,2300	0,5399	
0,2133					
	10	1,3685	1,2180	0,5279	
0,2013					
	15	1,3560	1,2055	0,5154	
0,1888					
	20	1,3426	1,1921	0,5020	
0,1754					
	25	1,3284	1,1779	0,4878	
0,1612					
	30	1,3132	1,1627	0,4726	
0,1460					
	35	1,2968	1,1463	0,4562	
0,1296					
	40	1,2790	1,1285	0,4384	
0,1118					

$$\log d = \log 13,65 + \frac{1}{2} (\log h - \log t)$$

METODE 3

HUMUS EFTER TER MEULEN

Jordens organiske stoffer forbrændes i en ovn under gennemledning af ren ilt, og det dannede CO_2 bestemmes. Heraf beregnes humusindholdet, idet det forudsættes, at humus indeholder 58,7% C.

NB! Indeholder jorden CaCO_3 vil den tillige afgive CO_2 herfra.

A. Specielt apparatur

Anvendelse af det oprindeligt beskrevne apparatur til forbrænding og til opsamling af det dannede CO_2 er alt for arbejdskrævende til masseanalyser. Til dette formål findes automatiseret apparatur, der arbejder efter samme princip. Som eksempel på et sådant kan nævnes LECO IR-12. Apparatet består af et lukket forbrændingskammer, der ved hjælp af en induktionsspiral opvarmes til ca. 1650°C i løbet af få sekunder.

Forbrændingskammeret gennemledes af en konstant strøm af rent ilt, der foruden at fremme forbrændingen leder det dannede CO_2 til en målecelle, hvor indholdet heraf bestemmes ved hjælp af infrarødt lys. Apparatet kalibreres, således at det ved digitaludlæsning direkte viser det procentiske indhold af kulstof i prøven.

B. Analysens udførelse

Da der arbejdes med meget små jordmængder ved analysen er det påkrævet, at der indledningsvis foretages en ekstra findeling af jordprøven i en porcelænsmorter. I modsat fald er det ikke muligt at udtage en repræsentativ prøve og følgelig heller ikke at opnå reproducerbare resultater.

Ved Ter Meulen metoden sker der, som nævnt, tillige en frigørelse af CO_2 fra et eventuelt indhold af CaCO_3 i jorden. Der må korrigeres for et sådant, der ellers vil føre til for høje resultater ved beregningen.

Det er derfor nødvendigt - i hver enkelt prøve - at undersøge, om den indeholder CaCO_3 . Dette gøres ved hjælp af en brusningsprøve på følgende måde:

1 spatel jord (ca. 0,5 g) overføres til en porcelænsplade ("spotplade") med små fordybninger, og tilsættes et par dråber (ca. 4 N) saltsyre. Hvis prøven udvikler CO_2 bestemmes indholdet af carbonat-C efter den under pkt. C beskrevne metode. Det skal bemærkes at Metode 5, volumetrisk bestemmelse af CaCO_3 , ikke er tilstrækkelig fintmærkende til det her nævnte formål.

Med anvendelse af det under pkt. A nævnte apparatur må endvidere tages i betragtning, at fuldstændig forbrænding forudsætter anvendelse af en jordmængde $< 0,5$ g og med et

kulstofindhold, der ikke overstiger 12 mg. Der arbejdes derfor med prøvemængde på 0,1 - 0,4 g, afhængig af humusindholdet. Selv efter den forudgående ekstra findeling af prøven er det i de fleste jordtyper ikke muligt at opnå en repræsentativ prøve ved afvejning af mindre end 0,1 g. Overgrænsen for, hvad der kan bestemmes, ligger således ved 12% kulstof, svarende til ca. 20% humus.

Om fremgangsmåden iøvrigt henvises til instruktionsvejledning for det anvendte apparatur samt til litteratur (1, 2).

I jorde med over ca. 20% humus bestemmes humusindholdet som glødetab. Analysen udføres ved at tørre en portion jord ved 105°C. Heraf afvejes 5 g jord i en digel. Jorden foraskes i elektrisk foraskningsovn ved 550°C i 3 timer. Efter afkøling i eksikator bestemmes glødetabet ved vejning.

C. Kvantitativ bestemmelse af Carbonat-C i jord.

Jorden tilsættes et overskud af saltsyre. Den udviklede kuldioxid opfanges i et overskud af bariumhydroxyd og bestemmes ved titrering med saltsyre.

Reagenser

- 1) Ca. 4 N saltsyre. 350 ml konc. HCl ad 1 liter vand.
- 2) 0,1 N saltsyre.
- 3) 0,1 N Bariumhydroxid. 100 g BaCl₂ og 31,55 g Ba(OH)₂ opløses i vand ad 2 liter.
- 4) FeCl₂·4H₂O.
- 5) Phenolphthaleinopløsning. 1,0 g phenolphthalein opløses i 100 ml ren alkohol.

Apparatur

Slangepumpe, Multifix med 8 mm slange. Glasvarer: Quickfit gasvaskeflasker, model Drechsel nr. MF 29/3/250 med vaskeflaskehoved nr. MF 28/3/250. Slangepumpen serieforbindes med 4 stk. gasvaskeflasker, mrk. 1-4. Nr. 1 benyttes til forlag for saltsyren (reagens 1); nr. 2 rummer jordprøven; nr. 3 fungerer som dråbefang og nr. 4 rummer Ba(OH)₂-opløsningen (reagens 3).

Fremgangsmåde

Afhængig af luftudviklingen ved brusningsprøven afvejes 0,2 - 5,0 g jord, som overføres til flaske nr. 2, og tilsættes 1 spatel $\text{FeCl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, (reagens 4) for at hindre CO_2 -udvikling fra humus. Flaske nr. 1 påfyldes 40 ml 4 N HCl (reagens 1) og flaske nr. 4 50 ml 0,1 N $\text{Ba}(\text{OH})_2$ -opløsning (reagens 3) tilsat 3 dråber phenolphthaleinopløsning (reagens 5).

Efter omhyggelig samling af apparatet startes pumpen, der skal køre i 15 min. Når pumpen er stoppet tages forlaget (flaske nr. 4) af. Overskuddet af bariumhydroxid tilbagetitreres med 0,1 N HCl (reagens 1). Der titreres til svagt rosa farve.

Såfremt der ved tilbagetitring anvendes mindre end 20 ml 0,1 n HCl gentages analysen med mindre jord i arbejde.

Er der taget mindre end 5 g jord i arbejde og forskellen mellem blindværdien og tilbagetitring er mindre end 10 ml 0,1 N HCl, gentages analysen med mere jord i arbejde.

Der skal foretages blindbestemmelse ved hver ny opstart for at rense systemet for CO_2 . Denne kasseres uden titrering, idet den vil give et misvisende (for højt) resultat.

Herefter gennemføres en egentlig blindbestemmelse med de anvendte reagenser. (Se i øvrigt litteratur 3).

Beregning

Er der afvejet a g jord, forbrugt b ml 0,1 N HCl ved blindtitrering og c ml 0,1 N HCl ved titrering af prøven indeholder jorden:

$$\frac{(b - c) \times 0,06}{a} \quad \% \text{ carbonat C, svarende til}$$

$$\frac{(b - c) \times 0,5004}{a} \quad \% \text{ CaCO}_3$$

Litteratur

Tabatabai, M.A. & Bremner, J.M.: Use of the Leco Automatic 70-Record Carbon Analyzer for total carbon analysis of soils. - Soil Sci. Soc, Amer, Proc., Vol. 34, 1970, p. 608-610.

Den danske jordklassificering. Teknisk Redegørelse. Landbrugsministeriet 1976, p. 60- 63.

Arbejdsmetoder for kemiske undersøgelser af mælk og mejeriprodukter m.m., 1941, p. 62-64.

METODE 3A

HUMUS (TILNÆRMET BESTEMMELSE)

Jorden behandles med dikromat-svovlsyre. Forbruget af iltningmiddel er et mål for dens indhold af organisk stof.

A. Reagenser

1) Svovlsyre, ren koncentreret, vgtf. 1,84.

2) Fosforsyre, 25%

3) Kaliumdikromatopløsning, 2 N

98,073 g $K_2Cr_2O_7$ opløses i vand ad 1 liter.

4) Ferroammoniumsulfatopløsning, 0,1 N

39,25 g $FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$ + 10 ml koncentreret svovlsyre opløses i vand ad 1 liter.

5) Difenylaminopløsning

0,2 g difenylamin, $(C_6H_5)_2NH$, opløses i 100 ml koncentreret svovlsyre.

Da ferroammoniumsulfat sjældent kan fås ganske svarende til formelen, og da opløsningen let gennem iltning ændrer sin titer, må denne opløsning dagligt indstilles overfor kaliumdikromatopløsningen.

Til fremstilling af denne sidste opløsning må derfor anvendes en absolut ren vare. Handelspræparater, selv i analysekvalitet, indeholder undertiden kromsyre, der er en aktiv forurening, hvis påvisning imidlertid er vanskelig. Et fuldstændigt rent salt fås ved 3 gange omkrystallisering med efterfølgende tørring ved 200°C.

Skal der udføres et større antal humusbestemmelser, kan man dog benytte et almindeligt analysepræparat af kaliumdikromat, hvis titer da gennem titrering med en og samme ferroammoniumsulfatopløsning indstilles mod et absolut rent kaliumdikromatpræparat.

B. Analysens udførelse

Før afvejning af jord til analysen er det nødvendigt, at foretage en ekstra findeling af prøven i en porcelænsmorter.

Af den således findelte prøve afvejes herefter en jordmængde, der højst må indeholde 150 mg humus, af almindelig højbundsjord 2 g. Jorden overføres i en 200 ml erlenmeyer-kolbe og tilsættes 5 ml koncentreret svovlsyre (reagens 1).

Efter en indvirkningstid på 10 minutter tilsættes 25 ml 2 N kaliumdikromatopløsning (reagens

3).

Kolben anbringes derpå 3 timer i kogende vandbad, nedsænkes i vandet. Kolben afkøles til 20°C, og indholdet overføres i en 250 ml målekolbe, der fyldes op til mærket med vand. Efter grundig omrystning og kort henstand udtages - uden filtrering - 25 ml, som overføres i en 200 ml erlenmeyer-kolbe.

Tabel I

Virkeligt humusindhold
Tilsyneladende indhold < 8,75

Fundet	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	01	02	03	04	05	06	07	08	09
1	1.58	1.66	1.74	1.82	1.91	1.99	2.08	2.17	2.26	2.35	1	2	2	3	4	5	6	7	8
2	2.44	2.53	2.63	2.72	2.82	2.92	3.02	3.13	3.23	3.34	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	3.44	3.55	3.66	3.77	3.89	4.00	4.12	4.23	4.35	4.47	1	2	4	5	6	7	8	9	11
4	4.60	4.72	4.84	4.97	5.10	5.23	5.36	5.49	5.62	5.76	1	3	4	5	6	8	9	10	12
5	5.90	6.03	6.17	6.31	6.46	6.60	6.75	6.89	7.04	7.19	2	3	5	6	7	9	10	12	13
6	7.34	7.50	7.65	7.81	7.96	8.12	8.28	8.44	8.61	8.77	2	3	5	7	8	10	11	13	14
7	8.94	9.10	9.27	9.44	9.62	9.79	9.96	10.14	10.32	10.50	2	3	5	7	9	11	12	14	16
8	10.68	10.86	11.04	11.23	11.42	11.60	11.79	11.99	-	-	2	4	6	8	10	11	13	15	17

Eks.: Fundet 2,41% humus. 2,4% fundet - 2,82% virkeligt humusindhold.

For 0,01% fundet adderes 1 enhed til sidste decimal. Virkeligt humusindhold: 2,83% - 2,8%.

Tabel II
Virkeligt humusindhold.
Tilsyneladende indhold > 8,75

Fundet	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	01	02	03	04	05	06	07	08	09
8	-	-	-	-	-	-	-	12.04	12.15	12.25	01	02	03	04	05	06	07	08	09
9	12.35	12.46	12.56	12.66	12.77	12.87	12.98	13.08	13.19	13.30	01	02	03	04	05	06	07	08	09
10	13.40	13.51	13.61	13.72	13.83	13.94	14.04	14.15	14.26	14.37	01	02	03	04	05	06	08	09	10
11	14.48	14.59	14.70	14.81	14.92	15.05	15.14	15.25	15.36	15.47	01	02	03	04	06	07	08	09	10
12	15.58	15.70	15.81	15.92	16.03	16.15	16.26	16.37	16.49	16.60	01	02	03	05	06	07	08	09	10
13	16.72	16.83	16.95	17.06	17.18	17.29	17.41	17.53	17.64	17.76	01	02	03	05	06	07	08	09	10
14	17.88	18.00	18.11	18.23	18.35	18.47	18.59	18.71	18.83	18.95	01	02	03	05	06	07	08	10	11
15	19.07	19.19	19.31	19.43	19.55	19.67	19.79	19.92	20.04	20.16	01	02	04	05	06	07	08	10	11
16	20.28	20.41	20.53	20.65	20.78	20.90	21.03	21.15	21.28	21.40	01	03	04	05	06	08	09	10	11
17	21.53	21.65	21.78	21.91	22.03	22.16	22.29	22.42	22.54	22.67	01	03	04	05	06	08	09	10	11
18	20.80	22.93	23.06	23.19	23.32	23.45	23.58	23.71	23.84	23.97	01	03	04	05	07	08	09	10	12
19	24.10	24.23	24.36	24.50	24.63	24.76	24.89	25.03	25.16	25.29	01	03	04	05	07	08	09	11	12
20	25.43	25.56	25.70	25.83	25.97	26.10	26.24	26.38	26.51	26.65	01	03	04	05	07	08	10	11	12
21	26.79	26.92	27.06	27.20	27.34	27.47	27.61	27.75	27.89	28.03	01	03	04	06	07	08	10	11	12
22	28.17	28.31	28.45	28.59	28.73	28.87	29.01	29.15	29.30	29.44	01	03	04	06	07	08	10	11	13
23	29.58	29.72	29.87	30.01	30.15	30.30	30.44	30.59	30.73	30.88	01	03	04	06	07	09	10	12	13
24	31.02	31.17	31.31	31.46	31.60	31.75	31.90	32.04	32.19	32.34	01	03	04	06	07	09	10	12	13

Der tilsættes 5 ml 25% fosforsyre (reagens 2) og 5 dråber difenylaminopløsning (reagens 5). Derpå titreres med 0,1 N ferroammoniumsulfat (reagens 4) til omslag fra blå til klar grøn farve.

Ved titreringen bør forbruget af ferroammoniumsulfat mindst være 20 ml. Er forbruget mindre, har humusindholdet i jorden været over 150 mg, og analysen må gentages med en mindre mængde jord.

C.Beregning

Er der indvejet a g jord og forbrugt b ml 0,1 n ferroammoniumsulfat, er det tilsyneladende humusindhold x, hvor

0,516 (50) b)

$$x = \frac{\quad}{a} \quad \%$$

idet det forudsættes, at humus indeholder 58,7% C. En sammenligning med resultatet af forbrændingsanalyser har imidlertid vist at forbrændingsanalyserne giver et højere humusindhold, men at det virkelige humusindhold - y - kan beregnes ud fra det tilsyneladende humusindhold efter formlerne:

I. x mindre end 8,75
 $y = 0,87 + 0,6365x + 0,073696x^2$

II. x større end 8,75
 $y = 4,16 + 0,7848x + 0,0139325x^2$

I tabellerne I og II er det således beregnede humusindhold anført indtil et tilsyneladende indhold på 25%.

Er humusindholdet større end 10%, angives det uden decimaler.

Litteratur

Bondorff, K.A.: Om humusbestemmelse i jord. - Tidsskrift for Planteavl. bd. 50, 1946, s. 138 - 149.

METODE 4

TOTALKVÆLSTOF

Jordens organiske stoffer destrueres ved kogning med koncentreret svovlsyre. Det dannede ammoniumkvælstof bestemmes ved destillation og titrering.

A. Reagenser

- 1) Svovlsyre koncentreret (vgtf. 184) kvælstoffri.
- 2) Natriumhydroxidopløsning ca. 33% NaOH (vgtf. 136) Kvælstoffri.
- 3) Natriumsulfidopløsning

250 g $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$ opløses i vand. Der tilsættes 10 ml natriumhydroxidopløsning (reagens 2) og fortyndes med vand ad 1 liter.

4) Blå blanding

1 kg K_2SO_4 kvælstoffrit rives i en morter sammen med 100 g $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ kvælstoffrit og 75 g HgSO_4 kvælstoffrit.

5) Saltsyre 0,1 N

Indstilles overfor ammoniumchlorid af mindst 99,8% renhed.

- 6) Natriumhydroxidopløsning 0,1 N carbonatfri

Indstilles overfor 0,1 N saltsyre (reagens 5).

7) Indikatoropløsning

- a) 0,1 g methylrødt opløses i 75 ml 96% ethanol.
- b) 0,1 g methylenblåt opløses i 80 ml 96% ethanol.

2 rumfang af a) blandes med 1 rumfang af b).

8) Pimpsten udglødet granuleret.

B. Analysens udførelse

Af jorder der indeholder over 6% organisk stof afvejes så stor en mængde som indeholder ca. 0,6 g organisk stof. Af jorder som indeholder mindre end 6% organisk stof afvejes ca. 10 g.

Den afvejede mængde jord overføres til en Kjeldahl destruktionskolbe på mindst 300 ml hvor den blandes med 12 g blå blanding (reagens 4). Efter tilsætning af 20 ml koncentreret svovlsyre (reagens 1) opvarmes kolben over en argandbrænder med svag blus til skumdannelsen er ophørt hvorefter en glaskugle anbringes i kolbehalsen og blusset gøres kraftigere.

Kogningen fortsættes 3 timer efter at kolbens indhold er blevet lyst gråt eventuelt grønt. Efter afkøling ved henstand i luften tilsættes forsigtigt 100 ml vand og opløsningen hældes over i en 1 liter kolbe fra et destillationsapparat. Destruktionskolben skylles et par gange til der i alt er tilsat 250 ml vand. Destillationsapparatet forsynes med et forlag bestående af en 300 ml erlenmeyer-kolbe hvori er afmålt 50,00 ml 0,1 N saltsyre (reagens 5). Til destillationskolben sættes nogle pimpstenskorn (reagens 8) 90 ml koncentreret natriumhydroxidopløsning (reagens 2) samt 10 ml natriumsulfidopløsning (reagens 3). Destillationskolben forbindes straks med destillationsapparatet og destillationen påbegyndes. Den ledes således at ca. 10 ml destillerer over pr. minut.

Når ca. 140 ml destillat er opsamlet afbrydes destillationen og den overskydende syre i forlaget titreres tilbage med 0,1 N natriumhydroxidopløsning (reagens 6) efter tilsætning af ca. 0,4 ml indikatoropløsning (reagens 7).

C. Beregning

Er der afvejat a g jord afmålt c ml d-normal saltsyre i forlaget og tilbagetitreret med e ml f-normal natriumhydroxidopløsning indeholder jorden

$$\frac{14,01 \times (c \times d - e \times f) \times 100}{a \times 1000} \% \text{ N.}$$

Resultatet angives med 2 decimaler.

Blindbestemmelse må foretages på de anvendte reagenser f.eks. ved at destruere 0,1 - 0,2 g saccarose i stedet for jord.

METODE 5

CALCIUMCARBONAT, VOLUMETRISK

Jordens calciumcarbonatindhold bestemmes ved måling af det rumfang kuldioxid, den udvikler med saltsyre.

A. Reagenser

- 1) Saltsyre 10%

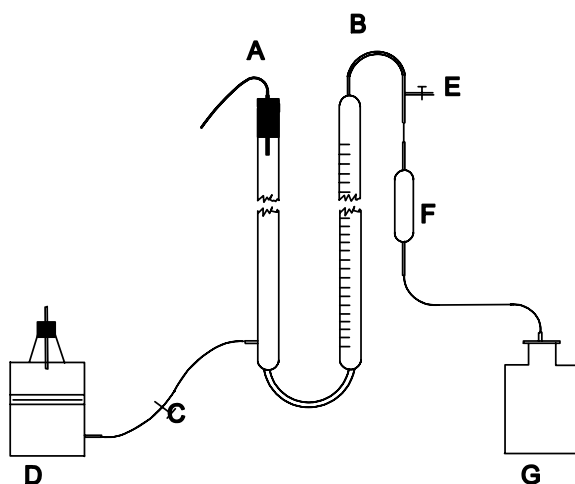
Et rumfang koncentreret saltsyre blandes med 3 rumfang vand.

- 2) Calciumcarbonat, CaCO_3

Analyserent, fremstillet ved fældning.

B. Specielt apparatur

Et Scheibler-apparat, hvis opbygning og virkemåde fremgår af nedenstående skitse og beskrivelse.



Apparatet består af 2 forbundne, cylindriske glastrør (A og B), hvoraf det venstre (A) foroven er åbent og forneden forsynet med et afgangsrør, der gennem en slange med klemhane (C) forbinder det med en åben niveauflaske til vand (D). Det højre rør (B) er forsynet med inddelinger og bør have et rumfang på 100 - 200 ml. Fra dets øverste ende fører et glastrør forsynet med siderør med hane (E) til en 100 ml kolbe (F), der er forbundet med en rysteflaske (G) med tilslebet glasprop.

C. Analysens udførelse

Hanen (E) åbnes og vandet i Scheibler-apparatets højre rør (B) hæves ved hjælp af niveauflasken (D) til nulstregen. I rysteflasken (G) hældes 20 ml saltsyre (reagens 1). Et præparatglas med den afvejede prøve stilles forsigtigt ned i saltsyren i rysteflasken, glasproppen sættes i, hanen (E) lukkes og der aftappes ca. 40 ml vand fra det venstre rør til niveauflasken (D), hvorpå præparatglasset væltes omkuld i syren i rysteflasken (G). Rysteflasken rystes gentagne gange grundigt med hånden (uden at opvarmes). Ved hjælp af klemhanen (C) reguleres vandstanden i venstre rør, og når kuldioxidudviklingen er ophørt, bringes vandoverfladerne i rørene (A og B) i niveau, og det udviklede rumfang kuldioxid aflæses.

Der tages så meget jord i arbejde, som svarer til 0,5 g calciumcarbonat, dog højst 10 g jord. For at beregne jordens indhold af calciumcarbonat ud fra det aflæste rumfang kuldioxid, udføres ved samme temperatur og barometerstand en sammenligningsanalyse på rent calciumcarbonat (reagens 2). Heraf tages den mængde i arbejde, som udvikler meget nær samme rumfang kuldioxid, som den analyserede jordprøve, dog mindst 0,10 g calciumcarbonat.

D. Beregning

Er der afvejet a g jord og b g calciumcarbonat og udgør de aflæste rumfang kuldioxid henholdsvis c og d ml, indeholder prøven

$$\frac{b}{a} \times \frac{c}{d} \times 100\% \text{ calciumcarbonat.}$$

METODE 6

LEDNINGSTAL

En jords ledningstal, L_t er defineret som den specifikke ledningsevne ved 20°C i en opslemning af 20 g af jorden i 180 ml vand, multipliceret med 10^4 . Den specifikke ledningsevne er den reciprokke værdi af opslemningens specifikke modstand, der bestemmes ved målingen.

A. Reagenser

Opløsning I

0,01 M kaliumchloridopløsning. 0,7455 g KCl opløses i vand ad 1 liter.

Opløsning II

0,005 M kaliumchloridopløsning. 250 ml opløsning I fortyndes med vand ad 500 ml.

Opløsning III

0,002 M kaliumchloridopløsning. 100 ml opløsning I fortyndes med vand ad 500 ml.

Opløsning IV

0,0005 M kaliumchloridopløsning. 25 ml opløsning I fortyndes med vand ad 500 ml.

B. Specielt apparatur

Apparat til måling af elektrisk modstand med anvendelse af vekselstrøm og forsynet med ledningsevnecelle og et termometer, der gør det muligt under målingen at aflæse temperaturen med en nøjagtighed på 0,5°C.

C. Bestemmelse af ledningsevnecellens kapacitet og kontrol af apparatur

Ledningsevnecellen er normalt ikke dimensioneret, så modstanden mellem dens elektroder under målingen er lig med den specifikke modstand. Den faktor, f , som angiver forholdet mellem en opløsnings specifikke modstand, K , og modstand i cellen, k , ($f = K/k$), er der i nogle apparater korrigeret for. I andre tilfælde må den indregnes i måleresultatet og derfor bestemmes eksperimentelt, hvis den ikke er angivet fra fabrikken. I alle fald må cellens kapacitet enten bestemmes eller kontrolleres ved hjælp af opløsning I.

Ligeledes må det, uanset apparattype, jævnligt kontrolleres om apparaturet giver korrekte

resultater over hele måleområdet. Hertil benyttes opløsningerne I-IV. Ved 20°C vil deres ledningsevner, angivet i Lt-enheder (specifik ledningsevne $\times 10^4$), være følgende:

Opløsning I:	12,8/ohm/10 ⁴
Opløsning II:	6,48/ohm/10 ⁴
Opløsning III:	2,66/ohm/10 ⁴
Opløsning IV:	0,67/ohm/10 ⁴

Alle målinger bør udføres ved stuetemperatur og måletemperaturen bestemmes. For hver °C temperaturen er over (under) 20°C, forhøjes (formindskes) overstående værdier med 2,1%.

D. Analysens udførelse

20 g jord overføres i en 300 ml erlenmeyer-kolbe. Der tilsættes 180 ml vand og kolben rystes 1 time i et roterende rysteapparat. Efter rystningen henstår kolben ca ½ time, så større jordpartikler bundfældes. Elektroderne skylles et par gange med lidt af den ovenstående jordekstrakt (ingen filtrering), hvorefter jordekstraktens ledningsevne måles.

Målingen bør udføres ved stuetemperatur og måletemperaturen bestemmes.

E. Beregning

For hver °C temperaturen er over (under) 20°C, formindskes (forhøjes) den målte ledningsevne med 2,1%.

Af jordopslemningens ledningsevne ved 20°C kan jordens ledningstal beregnes ved division med faktoren f (K/k ... 1) og multiplikation med 10.000.

METODE 7

CHLORIDTAL, VED TITRERING EFTER MOHR.

Jorden ekstraheres med en mættet gipsopløsning. Ekstraktens chloridindhold bestemmes ved titrering med sølvnitrat med kaliumkromat som indikator.

Stærkt sure jorders chloridtal kan ikke bestemmes ved titrering efter Mohr. Opslemningen af jord i CaSO_4 -opløsningen skal have pH mindst 5.

A.Reagenser

1)CaSO₄-opløsning

Mættet gips-opløsning, chloridfrit. Kontrolleres ved titrering med sølvnitratopløsning (reagens 2).

2)Sølvnitratopløsning

0,0500 N AgNO_3 indstillet ved titrering af 0,0500 N natriumchloridopløsning (reagens 3).

3)Natriumchloridopløsning, 0,0500 N

2,922 g NaCl opløses i vand ad 1 liter.

4)Indikator

10% K_2CrO_4 -opløsning.

B.Analysens udførelse

50 g jord overføres til en ½ liter flaske. Der tilsættes 200 ml ekstraktionsopløsning (reagens 1) og omrystes 1 kvarter. Efter henstand til bundfældning filtreres. Af filtratet udtages alt efter chloridindholdet 10 - 100 ml. Der tilsættes 1 - 5 dråber indikatoropløsning (reagens 4) og titreres med 0,0500 N AgNO_3 -opløsning (reagens 2) til svag, men blivende brungrå farve af Ag_2CrO_4 .

C. Beregning

Er der afmålt a ml filtrat og forbrugt b ml 0,0500 N AgNO₃, er chloridtallet

$$\text{Clt} = 709 \frac{b}{a}$$

Er chloridtallet større end 100, angives det uden decimaler.

Enheden af chloridtallet angiver mg Cl pr. 100 g jord, svarende til ca. 25 kg Cl pr. ha i pløjelaget (20 cm) på almindelig agerjord.

METODE 7A

CHLORIDTAL, VED ELEKTROMETRISK TITRERING

Jorden ekstraheres med en mættet gipsopløsning. Ekstraktens chloridindhold bestemmes ved elektrometrisk titrering.

A. Reagenser

1) CaSO₄-opløsning

Mættet gips-opløsning, chloridfrit. Kontrolleres ved titrering med sølvnitratopløsning (reagens 2).

2) Sølvnitratopløsning

0,0500 N AgNO₃ indstillet ved titrering af 0,0500 N natriumchloridopløsning (reagens 3).

3) Natriumchloridopløsning, 0,0500 N

2,922 g NaCl opløses i vand ad 1 liter.

4) Fortyndet salpetersyre

1 N HNO₃.

B. Specielt apparatur

Som måleelektrode anvendes en sølv-sølvchloridelektrode, som referens-elektrode en mættet kalomelektrode neddyppet i en mættet kaliumchloridopløsning. Forbindelsen mellem denne og måleopløsningen tilvejebringes ved hjælp af en mættet opløsning af kaliumsulfat. Som måleinstrument anvendes et pH-meter med millivoltskala, og målingerne udføres under konstant omrøring med elektrisk omrører. Når måleelektroden ikke er i brug, anbringes den i vand og afskærmet mod lys.

C. Standardisering af titrervæske og optegning af titreringskurve

Fra en burette afmåles 10 à 20 ml 0,0500 N natriumchloridopløsning (reagens 3) i et 250 ml bægerglas. Der tilsættes mættet CaSO₄-opløsning (reagens 1) til et rumfang på ca. 200 ml samt 5 ml fortyndet salpetersyre (reagens 4).

Under omrøring tilsættes fra en burette 0,0500 N sølvnitratopløsning (reagens 2) i små portioner ad gangen. Spændingen mellem de i opløsningen anbragte elektroder måles efter hver tilsætning ved hjælp af rørpotentiometret. Der tegnes en titreringskurve, idet den tilsatte

mængde sølvnitrat afsættes som abscisse og de aflæste spændinger (E) som ordinat. Spændingen E_{eq} , der svarer til den S-formede titreringskurves vendepunkt, er den spænding, der svarer til, at der netop er tilsat en med den tilstedeværende chloridmængde ækvivalent mængde sølvnitrat.

En nøjagtig bestemmelse af E_{eq} fås, hvis man desuden beregner differenskvotienterne og afsætter disse som ordinat og mængden af tilført sølvnitrat som abscisse, sml. Benjaminsen og Jensen.

D. Analysens udførelse

50 g jord overføres til en ½ liter flaske. Der tilsættes 200 ml ekstraktionsopløsning (reagens 1) og omrystes 1 kvarter. Efter henstand til bundfældning filtreres. Af filtratet udtages alt efter chloridindholdet 10 - 100 ml, som overføres til et 250 ml bægerglas. Der tilsættes mættet CaSO_4 -opløsning (reagens 1) til et rumfang på ca. 200 ml samt 5 ml fortyndet salpetersyre (reagens 4). Derpå titreres som foran beskrevet med 0,0500 N sølvnitratopløsning (reagens 2) indtil spændingen E_{eq} .

E. Beregning

Er der til titrering af a ml filtrat forbrugt b ml 0,0500 N AgNO_3 -opløsning, er chloridtallet:

$$\text{Clt} = 709 \times \frac{b}{a}$$

Er chloridtallet større end 100, angives det uden decimaler. Enheden af chloridtallet angiver mg Cl pr. 100 g jord, svarende til ca. 25 kg Cl pr. ha i pløjelaget (20 cm) på almindelig agerjord.

Litteratur

Benjaminsen, J. og J. Jensen: En elektrometrisk metode til bestemmelse af kloridindholdet i jord. - Tidsskrift for Planteavl, Bd. 59, 1955, s. 280 - 90.

METODE 8

REAKTIONSTAL

En jords reaktionstal, Rt, er defineret som $\text{pH}(\text{CaCl}_2) + 0,5$, og benævnelsen Rt må kun anvendes for denne størrelse. $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ måles i en opslemning af jorden i en 0,01 M CaCl_2 -opløsning, idet forholdet jord: opløsning er 1:2,5.

A. Reagenser

1) 0,01 M CaCl_2 -opløsning

3,0 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, opløses i vand ad 2 liter.

2) 0,05 M kaliumhydrogenphthalatopløsning, pH 4,00

10,21 g kaliumhydrogenphthalat, $\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}$, opløses i vand ad 1 liter.

3) 0,05 M phosphatopløsning, pH 6,88

3,402 g KH_2PO_4 + 4,450 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ opløses i vand ad 1 liter.

B. Specielt apparatur

Til måling benyttes glaselektrode i forbindelse med et apparatur, der tillader en målenøjagtighed på 0,05 pH-enheder.

C. Analysens udførelse

a) Fremstilling af jordopslemning

10 g jord overføres til et stort reagensglas eller et bægerglas og tilsættes 25 ml CaCl_2 -opløsning (reagens 1). Opslemningen rystes eller omrøres kraftigt og henstilles 1 time, idet der drages omsorg for, at luftforurening af opslemningen undgås. Om nødvendigt tilproppes glasset. Efter fornyet rystning eller omrøring måles opslemningens $\text{pH} = \text{pH}(\text{CaCl}_2)$.

b) Målingens udførelse

Forud for hver måling skylles elektroderne grundigt med vand. Hvis elektroderne er uskærmede aftørres de forsigtigt med filterpapir.

Apparatet må jævnligt kontrolleres ved måling i de 2 stødpudeblandinger med kendt pH (reagens 2 og 3).

D. Beregning

Reaktionstallet fås ved at addere 0,5 til den målte pH(CaCl₂).

Litteratur

Christensen, Harald R. og S. Tovborg Jensen: Undersøgelse vedr. elektrometriske metoder til bestemmelse af jordreaktionen. - Tidsskrift for Planteavl, bd. 29, 1923.

Jensen, S. Tovborg og P. Damsgaard Sørensen: Om glaselektroden og dens anvendelse til bestemmelse af jordopslemningers brintionkoncentration. - Tidsskrift for Planteavl, bd. 40, 1935.

Henriksen, Aage og Jens Jensen: Sammenligning af metoder til bestemmelse af pH samt fosfor og kalium i jord. - Tidsskrift for Planteavl, bd. 73, 1970.

METODE 8A

pH I VANDIG OPSLEMNING

I visse tilfælde ønsker man at bestemme pH i en vandig opslemning af jorden. Den således bestemte størrelse benævnes pH i vandig opslemning. Den er defineret som pH i en opslemning af jorden i vand, idet forholdet jord: vand er 1:2,5.

A. Reagenser

1) 0,05 M kaliumhydrogenphthalatopløsning, pH 4,00

10,21 g kaliumhydrogenphthalat, $C_8H_5O_4K$, opløses i vand ad 1 liter.

2) 0,05 M phosphatopløsning, pH 6,88

3,402 g KH_2PO_4 + 4,450 g $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ opløses i vand ad 1 liter.

B. Specielt apparatur

Til målingen benyttes glaselektrode i forbindelse med et apparatur, der tillader en målenøjagtighed på 0,05 pH-enheder.

C. Analysens udførelse

a) Fremstilling af jordopslemningen

10 g jord overføres til et stort reagensglas eller et bægerglas og tilsættes 25 ml vand. Opslemningen rystes eller omrøres kraftigt og henstilles 1 time, idet der drages omsorg for, at luftforurening af opslemningen undgås. Om nødvendigt tilproppes glasset. Efter fornyet rystning eller omrøring måles opslemningens pH. En jords pH i vandig opslemning kan, i modsætning til dens R_t , variere noget i årets løb.

b) Målingens udførelse

Forud for hver måling skylles elektroderne grundigt med vand. Hvis elektroderne er uskærmet aftørres de forsigtigt med filterpapir.

Apparatet må jævnligt kontrolleres ved måling i de 2 stødpudeblandinger med kendt pH (reagens 1 og 2).

Litteratur

Jensen, S. Tovborg og P. Damsgaard Sørensen: Om glaselektroden og dens anvendelse til bestemmelse af jordopslemningernes brintionkoncentration. - Tidsskrift for Planteavl, bd. 40, 1935.

Henriksen, Aage og Jens Jensen: Sammenligning af metoder til bestemmelse af pH samt fosfor og kalium i jord. - Tidsskrift for Planteavl, bd. 73, 1970.

METODE 9

KALKBEHOV

Den kalkmængde, der kræves for at hæve jordens reaktionstal med en ønsket størrelse, bestemmes ved titrering.

A. Reagenser

1) Calciumhydroxidopløsning, 0,033 N

100 g Ca(OH)_2 hældes i en 2 liter flaske med glasprop. Flasken fyldes med vand, omrystes nogle gange og henstilles til bundfældning. Den klare opløsning af Ca(OH)_2 , der er ca. 0,04 N, trækkes af med en hævert, og dens normalitet bestemmes ved titrering med 0,05 N HCl (indikator: bromkresolgrønt). Opløsningen fortyndes dernæst med så meget vand, at dens normalitet bliver nøjagtig 0,033.

2) Calciumchloridopløsning, 0,1 M

14,7 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ opløses i vand ad 1 liter.

B. Specielt apparatur

Et pH meter, der tillader en målenøjagtighed på 0,05 pH-enheder.

C. Analysens udførelse

4 lige store portioner af jorden afvejes og overføres i hver sin 300 ml erlenmeyer-kolbe. Normalt afvejes 20 g pr. portion, af mosejorder og af jorder med ekstremt stort kalkbehov dog mindre. Til de tre kolber afmåles fra burette calciumhydroxidopløsning (reagens 1) i mængder, der må afpasses efter jordtype og reaktionstal - mest almindeligt anvendes 10, 20 og 40 ml - samt så meget vand, at det samlede væskerumfang for hver prøve udgør 45 ml. Der omrystes grundigt og denne omrystning gentages nogle gange i henstandstiden. Efter at prøverne har stået ca. 2 døgn i utilproppede kolber sættes 45 ml vand til den fjerde prøve samt 5 ml calciumchloridopløsning (reagens 2) til hver af de 4 prøver. Kolberne rystes grundigt og henstilles 1 time. Efter fornyet omrystning bestemmes opslemningernes reaktionstal (Rt), (metode 8).

Der tegnes derpå en kurve, idet de tilsatte mængder (ml) calciumhydroxidopløsning afsættes som absicisse og de fundne reaktionstal som ordinat. Kurven tegnes som udjævningskurve, og ud fra denne findes grafisk det antal ml calciumhydroxidopløsning, som har hævet reaktionstallet til bestemte værdier, Rt 6,0, 6,5, 7,0, 7,5 og 8,0.

D. Beregning

Hver ml calciumhydroxidopløsning, der med 20 g jord i arbejde, har været nødvendig for at

opnå et bestemt reaktionstal, svarer teoretisk til 167 kg CaCO_3 pr. 2.000 tons jord - normalvægten af pløjelaget på 1 ha. I henhold til forsøg regnes med at der i almindelig agerjord medgår 3 gange så meget kalk til en given reaktionstalsændring som i laboratoriet. 1 ml 1/30 N Ca(OH)_2 -opløsning modsvare herafter under disse omstændigheder 3 x 167 kg - 500 kg kulsur kalk pr. ha.

Til humusrige sandjorder, højmosjord samt ekstremt sure agerjorder bør dog i første omgang kun halvdelen af de således beregnede kalkmængder tilføres.

Ved kalkbehovbestemmelser skal der altid foretages en rumvægtsbestemmelse, og det ovenfor anførte kvantum kulsur kalk multipliceres med den ved rumvægtsbestemmelsen fundne faktor (se metode 1).

Litteratur

Jensen, S. Tovborg: Om bestemmelse af jordens stødpudevirkning. - Tidsskrift for Planteavl, bd. 30, 1924, s. 565-585.

Jensen, S. Tovborg: Undersøgelser over calciumcarbonats reaktionsændrende påvirkning i jordbunden. - Tidsskrift for Planteavl, bd. 31, 1925, s. 744-778.

METODE 9A

SYRETITRERING

Den svovlmængde, der kræves til at sænke jordens reaktionstal med en ønsket størrelse, bestemmes ved titrering.

A. Reagenser

1) Svovlsyre, 0,033 N

33,3 ml 1 N H_2SO_4 afmåles fra burette til en 1 liter målekolbe. Der fortyndes med vand til mærket og blandes. Opløsningen kontrolleres ved titrering med 0,05 N NaOH (indikator: bromkresolgrønt).

2) Calciumchloridopløsning, 0,1 M

14,7 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, opløses i vand ad 1 liter.

B. Specielt apparatur

Et pH-meter, der tillader en målenøjagtighed på 0,05 pH-enheder.

C. Analysens udførelse

4 lige store portioner af jorden afvejes og overføres i hver sin 300 ml erlenmeyer-kolbe. Normalt afvejes 20 g pr. portion, af mosejorder og af jorder med et særlig stort svovlbehov dog mindre. Til de 3 kolber afmåles fra burette svovlsyre (reagens 1) i mængder, der må afpasses efter jordtype og reaktionstal - mest almindeligt anvendes 10, 20 og 40 ml - samt så meget vand, at det samlede væskerumfang for hver prøve udgør 45 ml. Der omrystes grundigt, og denne omrystning gentages nogle gange i henstandstiden. Efter at prøverne har stået ca. 1 døgn i utilproppede kolber sættes 45 ml vand til den fjerde prøve samt 5 ml calciumchloridopløsning (reagens 2) til hver af de 4 prøver. Kolberne omrystes grundigt og henstilles 1 time. Efter fornyet omrystning bestemmes opslemningernes reaktionstal (se metode 8).

Der tegnes derpå en kurve, idet de tilsatte mængder (ml) svovlsyre (reagens 1) afsættes som abscisse og de fundne reaktionstal som ordinat. Kurven tegnes som udjævningskurve, og ud fra denne findes grafisk det antal ml svovlsyre, som har sænket reaktionstallet til den ønskede størrelse.

D. Beregning

For hver ml svovlsyre, der med 20 g jord i arbejde har været nødvendig for at opnå et bestemt reaktionstal, skal der i marken tilføres ca. 55 kg svovl pr. ha.

Ved syretitrering af jord skal der altid foretages en rumvægtsbestemmelse, og det ovenfor anførte kvantum svovl multipliceres med den ved rumvægtsbestemmelsen fundne faktor (se metode 1).

METODE 10

OMBYTTelige BRINTIONER

Ved ombyttelige brintioner forstås det antal mækv. H^+ , som 100 g jord afgiver ved at bringes i ligevægt med en 0,06 M m-nitrophenolopløsning tilsat så meget $Ca(OH)_2$, at den i ligevægtstilstanden er 0,023 N med hensyn til Ca-m-nitrophenolat og har pH-værdien ca. 8,1.

Dette antal bestemmes som differensen i syreforbrug ved titrering med HCl af den rene phenolatopløsning og en aliquot del af filtratet fra jordopslemningen til pH ca. 4. Den således fundne differens er et mål for den mængde H^+ , jordopslemningen har afgivet.

A. Reagenser

1) Calciumhydroxidopløsning (kalkvand), 0,030 og 0,025 N

100 g $Ca(OH)_2$ hældes i en 2 liter flaske med glasprop. Flasken fyldes med vand, omrystes nogle gange og henstilles til bundfældning. Den klare opløsning af $Ca(OH)_2$, der er ca. 0,04 N, trækkes af med en hævert, og dens normalitet bestemmes ved titrering med 0,05 N HCl med bromkresolgrønt (reagens 5) som indikator. Opløsningen fortyndes dernæst med så meget vand, at dens normalitet bliver nøjagtig 0,030. En anden opløsning, som er 0,025 N, fremstilles på tilsvarende måde.

2) Stødpudeopløsning I

8,34 g m-nitrophenol, $C_6H_5O_3N$, opløses i en målekolbe på 1 liter i 0,030 N $Ca(OH)_2$. Kolben fyldes til mærket med 0,030 N $Ca(OH)_2$. Denne opløsning vil have pH ca. 8,33 og være 0,06 N med hensyn til m-nitrophenol.

3) Stødpudeopløsning II

8,34 g m-nitrophenol, $C_6H_5O_3N$, opløses i en målekolbe på 1 liter i 0,025 N $Ca(OH)_2$. Kolben fyldes til mærket med 0,025 N $Ca(OH)_2$. Denne opløsning vil have pH ca. 8,16 og være 0,06 N med hensyn til m-nitrophenol.

4) Saltsyre, 0,05 N

5) Bromkresolgrønt, 0,1% opløsning

0,1 g bromkresolgrønt opløses i 100 ml 96% ethanol.

B. Analysens udførelse

To portioner af 5 g jord overføres i to 300 ml erlenmeyerkolber, som mærkes 1 og 2. Til kolbe nr. 1 sættes 100 ml af stødpudeopløsning I og til nr. 2 100 ml af stødpudeopløsning II. Kolberne rystes natten over i roterende rysteapparat.

Næste dag filtreres opslemningerne. Filtreringen skal ske umiddelbart efter at prøverne er taget af rysteapparatet og over i plasticflasker, der lukkes lufttæt indtil titrering kan finde sted. Titreringen skal iøvrigt foretages hurtigst muligt efter filtreringen, idet der sker ændring ved henstand.

Af hver filtrat udtages 25 ml, som tilsættes 3 dråber bromkresolgrønt (reagens 5) og titreres med 0,05 N HCl (reagens 4). Opløsningens farve ændres under titreringen fra brun over gul og gulgrøn til kraftig smaragdgrøn kort før ækvivalenspunktet. Ved ækvivalenspunktet bliver opløsningen svagt gul med grønligt skær, og farven ændres ikke ved yderligere syretilsætning. Syreforbruget kan tillige bestemmes ved elektrometrisk pH-måling, nøjagtigt ved optegning af en titreringskurve. Det ved titreringen forbrugte antal ml 0,05 N HCl benævnes henholdsvis b_1 og b_2 . Dernæst titreres 25 ml af hver af de to stødpudeopløsninger på samme måde, og det herved forbrugte antal ml 0,05 N HCl benævnes henholdsvis a_1 og a_2 .

C.Beregning

Af titreringsresultaterne fås to tilnærmede værdier, H_1 og H_2 , for jordprøvens indhold af ombyttelig brint. Disse værdier beregnes af følgende ligninger:

$$H_1 = 4(a_1 - b_1)$$
$$H_2 = 4(a_2 - b_2).$$

Af disse to værdier findes prøvens virkelige indhold, H_0 , på følgende måde: I et retvinklet koordinatsystem afsættes de beregnede H-værdier som funktion af b-værdierne. Heri afsættes de to punkter (b_1H_1) og (b_2H_2), og punkterne forbindes med en ret linie. Ordinaten til det punkt på linien, som har abscissen 11,5, angiver da H_0 , d.v.s. prøvens indhold af ombyttelig brint udtrykt som milliekvivalenter pr. 100 g jord.

Ved analyse af jord med et ringe eller et usædvanligt højt indhold af ombyttelig brint kan b_1 og b_2 komme til at ligge på samme side af absciseværdien 11,5 og så langt fra denne, at ekstrapolation bliver usikker. Der må da foretages en tredje bestemmelse med anvendelse af henholdsvis 10 og 3 g jord. De respektive faktorer, som skal anvendes ved beregning af H-værdierne, bliver da 2 og 6,67.

Litteratur

Piper, C. S.: Soil and Plant Analysis. - Adelaine 1950, p 98-112.

Piper, C. S.: Exchangeable Hydrogen in Soils. - Journal of the Council for Scientific and Industrial Research, vol. 9, 1936, p. 113-124.

METODE 11

SULFATTAL

Jorden ekstraheres med natriumchloridopløsning. I ekstrakten bestemmes sulfat turbidimetrisk.

A. Reagenser

1) Natriumchlorid-saltsyreopløsning

120 g NaCl opløses i vand. Der tilsættes 10 ml konc. HCl og fyldes op med vand til 500 ml.

2) Saltsyreopløsning

10 ml konc. HCl fortyndes til 500 ml med vand.

3) Natriumchloridopløsning

48 g NaCl opløses i vand ad 1 liter.

4) Bariumchlorid-gelatineopløsning

0,6 g gelatine opløses i 200 ml vand ved 60 - 70°C. Opløsningen anbringes derpå i køleskab 16 - 18 timer ved ca. 5°C. Efter udtagning fra køleskab lader man opløsningen henstå til den har opnået rumtemperatur. Derpå tilsættes 2 g $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, som skal bringes til fuldstændig opløsning, event. ved hjælp af omrører. Opløsningen opbevares ved ca. 5°C, men skal henstå ved rumtemperatur i 2 timer inden brug.

5) Stamopløsning

0,5436 g K_2SO_4 opløses i vand ad 1 liter. Opløsningen indeholder 100 $\mu\text{g SO}_4\text{-S}$ pr. ml.

B. Specielt apparat

Et spektrofotometer eller turbidimeter.

C.Standardkurve

I 5 **100** ml målekolber afpipetteres **0, 2,5, 5,0, 7,5 og 10,0** ml af stamopløsningen (reagens 5). Der fyldes op til **100** ml med vand og blandes. Stamopløsningerne indeholder **0, 25, 50, 75** og **100 µg S pr. 10 ml**.

Fra hver kolbe udtages **10** ml, som overføres til en lille konisk kolbe. Der tilsættes **2** ml NaCl-HCl opløsning (reagens 1) og **1** ml BaCl₂-gelatineopløsning (reagens 4). Kolberne rystes og henstår i **40** minutter. Efter fornyet omrystning måles turbiditeten ved **430** nm overfor en **0**-standard.

Idet opløsningernes indhold af SO₄-S i µg pr. **10** ml afsættes som absicse og fotometer-aflæsningerne som ordinat tegnes en standardkurve, der angiver sammenhængen mellem fotometerudslag og svovlindhold. Kurven bliver svagt S-formet.

D.Analysens udførelse

25 g jord overføres i en kolbe. Der tilsættes **50** ml NaCl-opløsning (reagens 3) og rystes i **2** timer i et rysteapparat. Prøverne filtreres gennem et tæt askefrit **15** cm filtrerpapir. Af filtratet udtages **10** ml, som overføres i en lille konisk kolbe, og tilsættes **2** ml HCl (reagens 2) samt **1** ml BaCl₂-gelatineopløsning (reagens 4). Herefter gås frem som beskrevet for standardkurve.

Såfremt filtratet er farvet måles overfor **10** ml filtrat tilsat **2** ml HCl-opløsning (reagens 2).

E.Beregning

Ud fra fotometeraflæsningen findes analyseprøvens svovlindhold ved hjælp af standardkurven. Når de ovenfor angivne jord- og væskemængder benyttes fås mg SO₄-S pr. kg jord ved at multiplicere det på standardkurven aflæste svovlindhold i µg med **0,2**. Resultatet angives som sulfattallet, St.

NBFor at holde blindværdien på så lavt niveau som muligt bør der benyttes glasdestilleret vand ved fremstilling af alle reagenser.

Litteratur

Jensen, J.: Jordens svovlindhold. - Tidsskrift for Planteavl, bd. 74, 1970, s. 385-390.

Mathur, P.N., Sharma, D.D. & Jain, G.L.: An improved turbidimetric estimation of total sulphur in plant samples. Z. Pflanzenernähr. u. Bodenk. 151, 1988, s. 77-79.

METODE 12

BEREGNING AF ADSORPTIONSKAPACITET OG BASEMÆTNINGSGRAD

Ved adsorptionskapaciteten forstås summen af ombyttelige K^+ , Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++} og H^+ udtrykt som milliækvivalenter pr. 100 g jord. Ombytteligt kalium og natrium beregnes ud fra Kt og Nat (se metode 15 og 16) ved division med henholdsvis 39 og 23. Ombytteligt magnesium og calcium beregnes ud fra Mgt og Cat (se metode 17 og 18A, 18B) ved division med henholdsvis 12 og 20.

Ombyttelige brintioner bestemmes efter metode 10.

Adsorptionskapaciteten, T, udregnes efter følgende formel:

$$T = (K^+) + (Na^+) + (Mg^{++}) + (Ca^{++}) + (H^+)$$

hvor bogstaverne i parentes angiver jordens indhold af de forskellige ombyttelige kationer udtrykt i milliækvivalenter pr. 100 g jord. $(Ca^{++}) + (Mg^{++}) + (H^+)$ udgør almindeligvis over 90% af denne sum, og man kan derfor i de fleste tilfælde se bort fra Na^+ og K^+ ved beregning af T-værdien.

En jords basemætningsgrad, V, udtrykt i pct. defineres ved:

$$V = \frac{S}{T} 100.$$

Heri betyder S summen af ombyttelige "baser", $(Ca + Mg + Na + K)$, i milliækvivalenter pr. 100 g jord.- En jords reaktionstal er tilnærmelsesvis ligefrem proportional med basemætningsgraden, ca. 4 ved basemætningsgraden 0 og godt 8 ved basemætningsgraden 100 pct.

Litteratur

Hissink, D.J.: Base Exchange in Soils. -Transactions of the Faraday Society, Vol. XX, 1935.
Jensen, S. Tovborg: Kalkens omsætning i jordbunden. - Tidsskrift for Planteavl, bd. 41, 1936, s. 571-649.

METODE 13

FOSFORSYRETAL

Jorden ekstraheres med 0,2 N svovlsyre og ekstraktens fosforsyreindhold bestemmes spektrofotometrisk.

A. Reagenser

1) Fosfatreagens

ammoniummolybdat-kaliumantimonyltartrat-ascorbinsyreopløsning.

a) Ammoniummolybdat-kaliumantimonyltartratopløsning

19,2 g $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ opløses i 250 ml vand, og 0,47 g kaliumantimonyltartrat ($\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_7\text{KSb}$) opløses i 100 ml vand. I en 2 liter målekolbe hældes 900 ml vand og hertil sættes forsigtigt og under omrystning 225 ml konc. svovlsyre. De to opløsninger af ammoniummolybdat og kaliumantimonyltartrat overføres kvantitativt til målekolben med den fortyndede svovlsyre. Der fyldes op med vand ad 2 liter. Reagenset opbevares køligt og beskyttet mod lys.

b) Til fremstilling af fosfatreagenset opløses 0,80 g ascorbinsyre ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) pr. 100 ml ammoniummolybdat-kaliumantimonyltartratopløsning. Det færdigt fremstillede fosfatreagens er begrænset holdbart og må kun anvendes samme dag, som det er fremstillet.

2) Ekstraktionsopløsning

0,2 N svovlsyre.

3) Standardopløsninger

a) Stamopløsning I

1,0533 g KH_2PO_4 (efter Sørensen) opløses ad 1 liter i 0,2 N H_2SO_4 . Denne opløsning indeholder 240 mg P/l.

b) Stamopløsning II

50 ml stamopløsning I fortyndes til 1 liter med 0,2 N H_2SO_4 . Indeholder 12 mg P/l.

c) Standardopløsninger

Der fremstilles 10 standardopløsninger ved at fortynde 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, og 100 ml af stamopløsning II med 0,2 N svovlsyre ad 100 ml. Disse standardopløsninger indeholder 1,20 - 12,0 mg P/l, svarende til Ft 1 - 10, når nedenstående fremgangsmåde følges.

4) Ekstraktionsopløsning til kalkjorder

1,0 N H_2SO_4 .

B. Specielt apparatur

Et spektrofotometer med rødfølsom fotocelle.

C. Standardkurve

Af hver af de 10 standardopløsninger overføres 10 ml i 100 ml målekolber. Til en ellefte kolbe overføres 10 ml 0,2 N svovlsyre. Der tilsættes ca. 70 ml vand og 10 ml af reagens 1 og blandes. Derpå tilsættes vand til mærket og blandes. Efter ca. et kvarters henstand måles opløsningernes lysabsorption. Farven er holdbar indtil 1 døgn.

Bestemmelsen af opløsningernes farvestyrke foretages ved hjælp af spektrofotometret, idet der bør måles ved 890 nm, eventuelt 710 nm. På grundlag af galvanometerudslagene konstrueres derpå en standardkurve, idet de målte prøvers fosforindhold i mg (0,0 - 0,120 mg P) afsættes som abscisse og galvanometerudslagene som ordinat.

Hvilke af standardopløsningerne, der kan bruges, afhænger af det til rådighed stående spektrofotometer. Man bør kun benytte målinger foretaget med sådanne mængder opløsning, at man får 15-65% lysabsorption. Udenfor dette område er bestemmelsen af fosforindholdet for usikker.

Hvis spektrofotometret er stabilt, vil den fremstillede standardkurve kunne anvendes gennem længere tid. Det vil dog være nødvendigt til stadighed at kontrollere, om standardkurven gælder, d.v.s. som galvanometerudslagene har ændret sig.

D. Analysens udførelse

a) Kalkfri jorder og jorder, som indeholder mindre end 5% CaCO_3 .

10 g jord overføres i en flaske eller kolbe med rumfang på mindst 300 ml. Der tilsættes 250 ml 0,2 N H_2SO_4 (reagens 2), og kolben rystes 2 timer i et roterende rysteapparat.

Der filtreres gennem et 15 cm fosforsyretrifrit filter. Af filtratet overføres 10 ml i en 100 ml målekolbe, tilsættes 70 ml vand og 10 ml af reagens 1, og der gås derefter frem som beskrevet for standardopløsningerne. Fosforindholdet aflæses på standardkurven

ved hjælp af det fundne galvanometerudslag.

Hvis fosforindholdet i 10 ml jordekstrakt er for lille til en præcis måling (sml. fremstilling af standardkurve), afpipetteres en større mængde af jordekstrakten.

Hvis fosforindholdet er for stort, må der foretages en fortyndning. Skønner man herved f.eks., at 5 ml filtrat vil være passende udtages 50 ml, der med 0,2 N H_2SO_4 fortyndes til 100 ml. Af denne fortyndede opløsning udtages 10 ml svarende til 5 ml af den oprindelige jordekstrakt.

Selve opløsningsprocessen er ikke videre temperaturfølsom, og et par grader højere eller lavere ekstraktionstemperatur påvirker ikke den opløste fosfatmængde kendeligt. Temperaturen influerer derimod på den farveintensitet, der fås ved målingen. Det er derfor vigtigt, at standardkurven fremstilles under samme betingelser som de, hvorunder analyserne foretages.

b) Kalkjorder

Metoden kan give misvisende resultater på jord, som indeholder større mængder calciumcarbonat (kridtjorder), idet kalken i så fald neutraliserer svovlsyren, uden at der opløses kendelige mængder fosfat.

Hvis jorden bruser tydeligt med svovlsyren, bestemmes jordens kalkindhold, f.eks. med Scheiblers apparat (se metode 5). Svovlsyremængden, der tilsættes 10 g jord, ændres da til: 2,5 a ml 1 N H_2SO_4 (reagens 4), der fyldes op til 250 ml med 0,2 N H_2SO_4 , hvor a = % CaCO_3 i jorden. Flasken tilproppes først, når CO_2 -udviklingen er ophørt.

E. Beregning

Resultatet angives som fosforsyretallet, Ft, og udregnes ved at multiplicere fosforindholdet i mg pr. 10 ml af jordekstrakten med 83,3. Enheden svarer til 3 mg P pr. 100 g jord eller ca. 75 kg P/ha i pløjelaget (20 cm) på almindelig agerjord.

Litteratur

- Bondorff, K.A.: Studier over jordens fosforsyreindhold. V.
En ny fremgangsmåde ved undersøgelse af jordens fosforsyreindhold.- Tidsskrift for Planteavl,
bd. 53, 1950, s. 336-42.
- Nielsen, J. Dissing: Sammenligning mellem ascorbinsyre og metolopløsning som reduktions-
middel for ammoniumfosformolybdat ved bestemmelse af fosforsyretal i jord. -Tidsskrift
for Planteavl, bd. 72, 1968, s. 166-169.

METODE 14

FOSFORTALLET Pt

Jorden ekstraheres med 0,5 N natriumhydrogenkarbonat og ekstraktens fosfatindhold bestemmes spektrofotometrisk.

A. Reagenser

1) Fosfatreagens

ammoniummolybdat-kaliumantimonyltartrat-ascorbinsyreopløsning.

a) Ammoniummolybdat-kaliumantimonyltartratopløsning

19,2 g $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ opløses i 250 ml vand, og 0,47 g kaliumantimonyltartrat, $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_7\text{KSb}$, opløses i 100 ml vand. I en 2 liter målekolbe hældes 900 ml vand og hertil sættes forsigtigt og under omrystning 225 ml koncentreret svovlsyre. De to opløsninger af ammoniummolybdat og kaliumantimonyltartrat overføres kvantitativt til målekolben med den fortyndede svovlsyre. Der fyldes op med vand ad 2 liter.

Reagenset opbevares køligt og beskyttes mod lys.

b) Til fremstilling af fosfatreagenset opløses 0,80 g ascorbinsyre, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, pr. 100 ml ammoniummolybdat-kaliumantimonyltartratopløsning. Det færdigt fremstillede fosfatreagens er begrænset holdbart og må kun anvendes samme dag, som det er fremstillet.

2) Ekstraktionsopløsning

0,5 M NaHCO_3 opløsning pH 8,5. 420 g NaHCO_3 og 50 ml af 5) opløses i 10 l vand, pH justeres til 8,5 med 1 N NaOH. Der lægges et lag parafinolie på ca. 0,5 cm over væsken for at hindre luftafgang. Opløsningens pH kontrolleres mindst en gang månedligt.

3) 0,6 N svovlsyre

84 ml koncentreret H_2SO_4 fortyndes ad 5 liter med H_2O .

4) 1 N natriumhydroxid

40 g NaOH fortyndes ad 1 liter med H_2O .

5) Polyacrylamid

Polyacrylamid BDH MW over 5.000.000 Nr. 29788 0,05 pct. vandig opløsning.

6) Standardopløsninger

a) Stamopløsning I

1,0533 g KH_2PO_4 opløses ad 1 liter i 0,2 N H_2SO_4 .
Denne opløsning indeholder 240 mg P/L.

b) Stamopløsning II

50 ml stamopløsning I fortyndes ad 1 liter med 0,2 N H_2SO_4 . Opløsningen indeholder 12 mg P/L.

c) Standardopløsninger

Der fremstilles 10 standardopløsninger ved at fortynde 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 og 45 ml af stamopløsning II med 0,2 N H_2SO_4 til 100 ml. Disse standardopløsninger indeholder 0,24 til 5,4 mg P/L svarende til Pt = 0,48 til Pt = 10,8 når nedenstående fremgangsmåde følges.

B. Specielt apparatur

Et spektrofotometer med en fotocelle som er tilstrækkelig følsom ved 890 nm.

C. Standardkurve

Af hver af de 10 standardopløsninger afpipetteres 15 ml i 100 ml målekolber. Til en elleve kolbe overføres 15 ml 0,2 N svovlsyre. Der tilsættes 15 ml af reagens 2), 15 ml af reagens 3) og fyldes til ca. 70 ml med vand. For at undgå kraftig brusning bør blanding af syre og base ske relativt langsomt. Prøven henstår ca. 10 min. Derpå tilsættes 10 ml af reagens 1), og der fyldes op til mærket med vand og blandes. Efter ca. et kvarters henstand måles opløsningernes lysabsorption. Farven er holdbar indtil 1 døgn.

Bestemmelsen af opløsningernes farvestyrke foretages ved hjælp af spektrofotometret, idet der bør måles ved 890 nm. På grundlag af galvanometerudslagene konstrueres derpå en standardkurve, idet de til prøverne svarende værdier af Pt afsættes som abscisse og galvanometerudslagene som ordinat.

Hvilke af standard-opløsningerne, der kan bruges, afhænger af det til rådighed stående spektrofotometer. Man bør kun benytte målinger foretaget med sådanne mængder opløsning, at man får 15 - 65% lysabsorption. Udenfor dette område er bestemmelsen af fosforindholdet for usikker.

Hvis spektrofotometret er stabilt, vil den fremstillede standardkurve kunne anvendes gennem længere tid. Det vil dog være nødvendigt til stadighed at kontrollere, om standardkurven

gælder, d.v.s. om galvanometerudslagene har ændret sig.

D. Analysens udførelse

5 g jord overføres i en flaske eller kolbe med rumfang på 250 ml. Der tilsættes med pipette 100 ml af reagens 2), og kolben rystes 30 min. i et roterende rysteapparat.

Der filtreres gennem et 15 cm fosforfrit filter. Af filtratet overføres 15 ml i en 100 ml målekolbe, tilsættes 15 ml af reagens 3) og fyldes til ca. 70 ml med vand. Der gås derefter frem som beskrevet for standardopløsningerne. Fosforindholdet aflæses på standardkurven ved hjælp af det fundne galvanometerudslag.

Hvis fosforindholdet er for stort, må der foretages en fortynding. Skønner man herved f. eks., at 7,5 ml filtrat vil være passende udtages 50 ml, der med reagens 2) fortyndes til 100 ml. Af denne fortyndede opløsning udtages 15 ml svarende til 7,5 ml af den oprindelige jordekstrakt.

Ekstraktionsprocessen er stærk afhængig af temperatur, pH og tid. Det er absolut afgørende, at ekstraktionstiden overholdes, at pH i ekstraktionsopløsningen er 8,5 samt at temperaturen er under kontrol. Der bør tilstræbes en ekstraktionstemperatur på 22 °C. Temperaturen influerer desuden på den farveintensitet, der fås ved målingen. Det er derfor vigtigt, at standardkurven fremstilles under samme betingelser som dem, hvorunder analyserne foretages.

E. Beregning

Resultaterne aflæses fra standardkurven som Pt. Enheden svarer til 1 mg P pr. 100 g jord eller ca. 25 kg P pr. ha. i pløjelaget (20 cm) på almindelig agerjord.

Litteratur

Olsen, S. R.; C. V. Cole; F. S. Watanabe & L. A. Dean (1954): Estimation of available phosphorus in soils by extraction with bicarbonate. U.S. Dept. Agric. Circular, 939, 1 - 29.

Banderis, A.; D. H. Barter & K. Henderson (1976): The use of polyacrylamide to replace carbon in the determination of "Olsen's" extractable phosphate in soil. Journal of Soil Science, 27, 71 - 74.

Nielsen, J. Dissing (1980): Sammenligning af nogle analysemetoder til vurdering af fosfortilstanden i forskellige jordtyper. Tidsskr. Planteavl, bd. 85 (1981) s. 31 - 38.

METODE 15

KALIUMTAL

Jordens ombyttelige kaliumioner frigøres ved ekstraktion med ammoniumacetatopløsning. Ekstraktens kaliumindhold bestemmes flammefotometrisk.

A. Reagenser

1) 150 mM LiCl

6,3585 g LiCl ad 1 liter.

2) 1 M ammoniumacetatopløsning, 6 mM LiCl

77 g $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ opløses i vand og tilsættes 40 ml af reagens 1 og fyldes op til 1 liter.

3) 0,5 M ammoniumacetatopløsning, 3 mM LiCl

192,5 g $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ og 100 ml reagens 1 fortyndes med vand ad 5 liter.

4) 0,01 M calciumacetatopløsning

3,2 g $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ opløses i vand ad 2 liter.

5) Standardopløsninger

a) Stamopløsning

0,1907 g KCl opløses i 0,01 M calciumacetat (reagens 4) ad 1 liter. Denne opløsning indeholder 100 mg K/liter. Heraf fremstilles standardopløsningerne efter følgende skema med anvendelse af 200 ml målekolber.

b) Standardopløsninger

Nr.	Stamopløsning		Reagens 4	Reagens 2	mg K/l	Kt
	ml	ml				
1	0	100	100	0	0	
2	10	90	100	5	5	
3	20	80	100	10	10	
4	30	70	100	15	15	
5	40	60	100	20	20	

B. Specielt apparatur

Et flammefotometer.

C. Standardkurve

De 5 standardopløsninger måles i flammefotometret ved 768 nm. Idet mg K/liter afsættes som abscisse og galvanometerudslaget som ordinat, tegnes en standardkurve, der angiver sammenhængen mellem galvanometerudslaget og opløsningernes kaliumindhold i mg K/liter og - ved at udføre analysen som nedenfor beskrevet - tillige mellem udslag og kaliumtal, idet de forskellige standardopløsninger da svarer til de ovenfor anførte kaliumtal.

Standardkurven må jævnlig kontrolleres og under analysearbejdet prøves ofte med en enkelt standardopløsning, om man får det til konstruktion af standardkurven benyttede udslag.

D. Analysens udførelse

10 g jord overføres i en 300 ml erlenmeyer-kolbe, og der tilsættes 100 ml reagens 3. Kolben omrystes ½ time i rysteapparat. Efter henstand natten over omrystes i hånden og filtreres gennem et 15 cm kaliumfrit filter.

Filtraterne måles derefter i flammefotometret. I hver ekstrakt foretages mindst 2 af hinanden uafhængige målinger.

E. Beregning

Kaliumtallet, Kt, der angiver mg ombytteligt K pr. 100 g jord, aflæses fra standardkurven.

Enheden svarer til 1 mg K/100 g jord eller ca. 25 kg K pr. ha i pløjelaget (20 cm) på almindelig agerjord.

Da calciumioner påvirker intensiteten af "kaliumlyset", og da denne påvirkning vokser med stigende flammetemperatur, bør der arbejdes med så lav flammetemperatur som muligt, bedst med propanluftflamme.

Litteratur

Aslyng, H.C.: Ombytteligt kalium i jorden. - Tidsskrift for Landøkonomi, 1953.

Mogensen, Th.: Kaliumtallet (Ombytteligt kalium i jorden). - Hedeselskabets tidsskrift 1953.

METODE 16

NATRIUMTAL

Jordens ombyttelige natriumioner frigøres ved ekstraktion med ammoniumacetatopløsning. Ekstraktens natriumindhold bestemmes flammefotometrisk.

A. Reagenser

1) 150 mM LiCl

6,3585 g LiCl ad 1 liter.

2) 1 M ammoniumacetatopløsning, 6 mM LiCl

77 g $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ opløses i vand og tilsættes 40 ml af reagens 1 og fyldes op til 1 liter.

3) 0,5 M ammoniumacetatopløsning, 3 mM LiCl

192,5 g $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ og 100 ml reagens 1 fortyndes med vand ad 5 liter.

4) 0,01 M calciumacetatopløsning

3,2 g $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ opløses i vand ad 2 liter.

5) Standardopløsninger

a) Stamopløsning

0,1271 g NaCl opløses i 0,01 M calciumacetat (reagens 4) ad 1 liter. Denne opløsning indeholder 50 mg Na/liter. Heraf fremstilles standardopløsningerne efter følgende skema med anvendelse af 200 ml målekolber.

b) Standardopløsninger

Nr.	Stamopløsning ml	Reagens 4 ml	Reagens 2 ml	mg Na/l	Nat
1		0	100	100	0
2		10	90	100	2,5 2,5
3		20	80	100	5 5,0
4		30	70	100	7,5 7,5
5		40	60	100	10 10,0

B. Specielt apparatur

Et flammefotometer.

C. Standardkurve

De 5 standardopløsninger måles i flammefotometret ved 589 nm. Idet mg Na/liter afsættes som abscisse og galvanometerudslaget som ordinat, tegnes en standardkurve, der angiver sammenhængen mellem galvanometerudslaget og opløsningernes natrium-indhold og - ved at udføre analysen som nedenfor beskrevet - tillige mellem udslag og natriumtal, idet de forskellige standardopløsninger da svarer til de ovenfor anførte natriumtal.

Standardkurven må jævnlig kontrolleres og under analysearbejdet prøves ofte med en enkelt standardopløsning, om man får det til konstruktion af standardkurven knyttede udslag.

D. Analysens udførelse

10 g jord overføres i en 300 ml erlenmeyer-kolbe, og der tilsættes 100 ml reagens 3. Kolben omrystes ½ time i rysteapparat. Efter henstand natten over omrystes i hånden og filtreres gennem et natriumfrit filter.

Filtraterne måles derefter i flammefotometret. I hver ekstrakt foretages mindst 2 af hinanden uafhængige målinger.

E. Beregning

Natriumtallet, Nat, der angiver mg ombytteligt Na pr. 100 g jord, aflæses fra standardkurven.

Enheden svarer til 1 mg Na/100 g jord eller ca. 25 kg Na pr. ha i pløjelaget (20 cm) på almindelig agerjord.

Da calciumioner påvirker intensiteten af "natriumlyset", bør der arbejdes med så lav flammetemperatur som muligt, bedst med propanluftflamme.

Da natriumbestemmelse ofte foretages i jorder, der har været saltvandsversvømmede, og derfor kan have et meget højt natriumindhold, vil det ved analyse af sådanne jorder være hensigtsmæssigt, i stedet for at fortynde jordekstrakterne, at anvende stærkere standardopløsninger og, om fornødent, formindske flammefotometrets følsomhed.

En bestemmelse af natriumtallet alene har kun undtagelsesvis interesse. Som regel vil man være interesseret i at vide, hvor stor procentdel af jordens ombyttelige metalkationer de ombyttelige natriumioner udgør.

Ved bestemmelse af jordens natriumindhold bør man derfor også beregne størrelsen

$$\text{relativt natriumindhold} = \frac{(\text{Na})}{(\text{ombyttelige metalkationer})} \times 100.$$

I dette udtryk betyder (Na) jordens indhold af ombytteligt natrium i milliekvivalenter/100 g jord, d.v.s. Na divideret med 23. Nævneren er summen af ombyttelige metalkationer, d.v.s. Ca + Mg + K angivet i milliekvivalenter/100 g jord, sml. metode 12.

Litteratur

Benjaminsen, J. & Jens Jensen: Flammefotometrisk bestemmelse af det ombyttelige natrium i jord. - Tidsskrift for Planteavl, bd. 60, 1956, s. 43-58.

METODE 17

MAGNESIUMTAL

Jordens ombyttelige magnesiumioner frigøres ved ekstraktion med ammoniumacetatopløsning. Ekstraktens magnesiumindhold bestemmes ved atomabsorptionsspektrofotometri.

A. Reagenser

1) Ammoniumacetatopløsning, 1 M

77 g $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ opløses i vand ad 1 liter. Opløsningens pH skal være mellem 6,5 og 7,3.

2) Ammoniumacetatopløsning, 0,5 M

1 liter 1 molær ammoniumacetatopløsning (reagens 1) fortyndes med vand ad 2 liter.

3) Lanthanchloridopløsning

6,0 g $\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ opløses i vand ad 1 liter.

4) Standardopløsninger

a) Stamopløsning

0,507 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ opløses i 0,5 M ammoniumacetat (reagens 2) ad 1 liter. Denne opløsning indeholder 50 ppm Mg.

b) Standardopløsninger

Af stamopløsningen afpipetteres portioner à 10, 20, 30 og 40 ml, som overføres til hver sin 100 ml målekolbe og fortyndes med ammoniumacetatopløsningen (reagens 2) til mærket. Opløsningerne indeholder 5, 10, 15 og 20 ppm Mg. Af hver af disse 4 opløsninger afpipetteres 10 ml, som overføres til hver sin 100 ml målekolbe. Til en femte 100 ml målekolbe overføres 10 ml ammoniumacetatopløsning (reagens 2). De 5 målekolber fyldes op til mærket med lanthan chloridopløsningen (reagens 3). De herved fremkomne 5 standardopløsninger indeholder 0, 0,5, 1,0, 1,5 og 2,0 ppm Mg.

B. Specielt apparatur

Et atomabsorptionsspektrofotometer.

C. Standardkurve

Standardopløsningerne forstøves ved hjælp af en luftacetylenflamme i et atomabsorptionsspektrofotometer, hvor det indeholdte magnesiums absorptionsevne bestemmes ved 285 nm.

D. Analysens udførelse

a) Fremstilling af jordekstrakt

10 g jord overføres i en 300 ml erlenmeyer-kolbe. Der tilsættes 100 ml ammonium-acetatopløsning (reagens 2). I stedet for reagens 2 kan en 0,5 ammoniumacetatopløsning, som tillige er 0,003 M m.h.t. lithiumchlorid, benyttes; (se metode 15, reagens 3). Kolben anbringes i et rysteapparat, hvor den roteres ½ time. Efter henstand natten over filtreres gennem et tæt, magnesiumfrit filter.

b) Måling af ekstraktens magnesiumindhold

5 ml filtrat overføres til en 50 ml målekolbe. Der fyldes op til mærket med lanthanchloridopløsning (reagens 3) og blandes, hvorpå opløsningen absorptionsevne måles som angivet for standardopløsningerne. Ved hjælp af den målte absorption og standardkurven aflæses opløsningens magnesiumindhold i ppm.

E. Beregning

Jordprøvens magnesiumtal, Mgt, der angiver mg ombytteligt Mg/100 g jord, beregnes ved at multiplicere det aflæste magnesiumindhold i ppm med 10. En enhed modsvarer ca. 25 kg Mg/ha i pløjelagets dybde (20 cm) på almindelig agerjord.

Litteratur

Henriksen, Aage: Sammenlignende kompleksometriske og atomabsorptiometriske magnesiumbestemmelser i jord. - Tidsskrift for Planteavl, bd. 69, 1965, s. 328-333.

Jensen, Jens: Bestemmelse af ombytteligt Ca og Mg. Beretning nr. s. 1675 fra Statens Planteavlsforsøg s. 1-18, 1983.

METODE 18A

CALCIUMTAL I KALKFRI JORD

Jordens ombyttelige calciumioner frigøres ved ekstraktion med ammoniumchloridopløsning. Ekstraktens calciumindhold bestemmes ved atomabsorptionsspektrofotometri.

NB! Metoden er uanvendelig, hvis jorden indeholder kendelige mængder calciumcarbonat (bruser tydeligt med syre).

A.Reagenser

1)Ammoniumchloridopløsning, 1 M

53,5 g NH_4Cl opløses i vand ad 1 liter

2)Lanthanchloridopløsning

6,0 g $\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ opløses i vand ad 1 liter.

3)Standardopløsninger

a)Stamopløsning

1,2485 g CaCO_3 opløses i 30 ml 1 N HCl og fyldes op ad 1 liter med 1 M ammoniumchlorid (reagens 1). Denne opløsning indeholder 500 ppm Ca.

b)Standardopløsninger

Af stamopløsningen afpipetteres portioner á 10, 20, 30 og 40 ml, som overføres til hver sin 100 ml målekolbe og fortyndes med ammoniumchloridopløsning (reagens 1) til mærket. Opløsningerne indeholder 50, 100, 150 og 200 ppm Ca. Af hver af disse 4 opløsninger afpipetteres 10 ml, som overføres til hver sin 100 ml målekolbe. Til en femte 100 ml målekolbe overføres 10 ml ammoniumchloridopløsning (reagens 1). De 5 målekolber fyldes op til mærket med lanthan-chloridopløsningen (reagens 2). De herved fremkomne 5 standardopløsninger indeholder 0, 5, 10, 15, og 20 ppm Ca.

B.Specielt apparatur

Et atomabsorptionsspektrofotometer.

C.Standardkurve

Standardopløsningerne forstøves ved hjælp af en luft-acetylenflamme i et atomabsorptions-

spektrofotometer, hvor det indeholdte calciums absorptionsevne bestemmes ved 422,7 nm.

Med opløsningens calciumindhold i ppm som abscisse og med absorptionen som ordinat tegnes en standardkurve.

D. Analysens udførelse

a) Fremstilling af jordekstrakt

10 g jord overføres i en 300 ml erlenmeyer-kolbe. Der tilsættes 100 ml ammoniumchloridopløsning (reagens 1), og kolben anbringes i et rysteapparat, hvor den roteres 1 time. Efter henstand natten over filtreres gennem et tæt Ca-frit filter.

b) Måling af ekstraktens calciumindhold

5 ml filtrat overføres til en 50 ml målekolbe. Der fyldes op til mærket med lanthanchloridopløsningen (reagens 2) og blandes, hvorpå opløsningens absorptionsevne måles som angivet for standardopløsningerne. Ved hjælp af den målte absorption og standardkurven aflæses opløsningens calciumindhold i ppm.

E. Beregning.

Jordprøvens calciumtal, Cat, der angiver mg ombytteligt Ca/100 g jord, beregnes ved at multiplicere det aflæste calciumindhold i ppm med 10.

En enhed modsvarer ca. 25 kg Ca pr. ha i pløjelagets dybde (20 cm) på almindelig agerjord.

Calciumtal, der er større end 100, angives uden decimaler.

METODE 18B

CALCIUMTAL I KALKHOLDIG JORD

Den kalkholdige jord ekstraheres to gange med natriumchloridopløsning. Ekstrakternes calciumindhold bestemmes ved atomabsorptions spektrofotometri. I første ekstrakt findes de ombyttelige, nu frigjorte calciumioner. Begge ekstrakter indeholder calciumioner, der stammer fra opløst calciumcarbonat. Mængden af ombytteligt calcium findes som differens.

NB! Metoden bør kun anvendes, hvis jorden bruser tydeligt med syre

A.Reagenser

1)Natriumchloridopløsning, 1 M

58,5 g NaCl opløses i vand ad 1 liter.

2)Lanthanchloridopløsning

6,0 g $\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ opløses i vand ad 1 liter.

3)Standardopløsninger

a)Stamopløsning

0,6243 g CaCO_3 opløses i 15 ml 1 n HCl og fyldes op ad 1 liter med 1 m natriumchlorid (reagens 1). Denne opløsning indeholder 250 ppm Ca.

b)Standardopløsning

Af stamopløsningen afpipetteres portioner á 10, 20, 30 og 40 ml, som overføres til hver sin 100 ml målekolbe og fortyndes med natriumchloridopløsningen til mærket. Opløsningerne indeholder 25, 50, 75 og 100 ppm Ca. Af hver af disse 4 opløsninger afpipetteres 20 ml, som overføres til hver sin 100 ml målekolbe. Til en femte 100 ml målekolbe overføres 20 ml natriumchloridopløsning, (reagens 1). De 5 målekolber fyldes op til mærket med lanthanchloridopløsningen (reagens 2). De herved fremkomne 5 standardopløsninger indeholder 0, 5, 10, 15 og 20 ppm Ca.

B.Specielt apparatur

Et atomabsorptionsspektrofotometer.

C. Standardkurve

Standardopløsningerne forstøves ved hjælp af en luft-acetylenflamme i et atomabsorptions-spektrofotometer, hvor det indeholdte calciums absorptionsevne bestemmes ved 422,7 nm

Med opløsningens calciumindhold i ppm som abscisse og med absorptionen som ordinat tegnes en standardkurve.

D. Analysens udførelse

a) Fremstilling af jordekstrakt

10 g jord overhældes i en erlenmeyer-kolbe med 75 ml natriumchloridopløsning (reagens 1). Efter 2 timers henstand under jævnlig omrystning filtreres jorden fra på et sugefilter og udvaskes der med yderligere 225 ml NaCl-opløsning i portioner à 15 ml. Derved fås "første filtrat", som opsamles særskilt. Jorden på filtret vaskes dernæst med 300 ml af NaCl-opløsningen, ligeledes i portioner à 15 ml, og derved fås "andet filtrat".

b) Måling af ekstrakternes calciumindhold

10 ml af hver af de to filtrater overføres til hver sin 50 ml målekolbe. Der fyldes op til mærket med lanthan-chloridopløsningen (reagens 2) og blandes, hvorpå opløsningernes absorptionsevne måles som angivet for standardopløsningerne. Ved hjælp af de målte absorptioner og standardkurven aflæses opløsningernes calciumindhold i ppm.

E. Beregning

Jordprøvens calciumtal, Cat, der angiver mg ombytteligt Ca/100 g jord, beregnes ved at multiplicere differencen mellem de fundne calciumindhold i ppm i første og andet filtrat med 15.

En enhed modsvare ca. 25 kg Ca pr. ha i pløjelagets dybde (20 cm) på almindelig agerjord. Calciumtal, der er større end 100, angives uden decimaler.

METODE 19

MANGANTAL

Jordens ombyttelige manganioner frigøres ved ekstraktion med magnesiumnitratopløsning og bestemmes ved atomabsorptionsspektrofotometri.

A. Reagenser

1) Magnesiumnitratopløsning, 0,5 M

128 g $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ opløses i destilleret vand ad 1 liter.

2) Standardopløsninger

Stamopløsning I

0,3077 g $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ad 1 liter i 0,5 M $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (100 ppm Mn).

Stamopløsning II

100 ml af I fortyndes ad 1 liter med 0,5 M $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (10 ppm Mn).

Standardopløsninger:

ml II	ml 0,5 M $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	ppm Mn	Mnt
0	100	0	0
5	95	0.5	2.5
10	90	1.0	5.0
15	85	1.5	7.5
20	80	2.0	10.0

B. Specielt apparatur

Et atomabsorptionsflammespektrofotometer, hvormed det er muligt at måle manganindholdet med tilstrækkelig god følsomhed og nøjagtighed.

C.Standardkurve

Standardopløsningerne forstøves ved hjælp af en luft-acetylenflamme i atomabsorptions-spektrofotometeret, hvor manganets absorptionsevne bestemmes ved 279,5 nm.

D.Analysens udførelse

Af den ved stuetemperatur tørrede, sigtede (2 mm) jord afvejes 10 g i en kolbe. Til kolben sættes 50 ml magnesiumnitratopløsning (reagens 1), og kolben rystes 2 timer i et rysteapparat.

Efter filtrering bestemmes manganindholdet i filtratet som angivet for standardopløsningerne.

E.Beregning

Jordprøvens mangantal beregnes ved at gange det aflæste manganindhold i ppm med 5.

Enheden svarer til 2,5 kg ombytteligt mangan pr. ha i pløjelaget (20 cm) på almindelig agerjord.

METODE 20

KOBBERTAL

Jorden ekstraheres med komplexonopløsning. I ekstrakten bestemmes kobber ved atom-absorptionsspektrofotometri.

A.Reagenser

1)Komplexonopløsning, 0,02 M

7,442 g komplexon III (EDTA, 2 Na), $C_{10}H_{14}O_8N_2Na_2 \cdot 2H_2O$, samt 5 g NH_4Cl opløses i kobberfrit vand ad 1 liter.

2)Standardopløsninger

a) Stamopløsning I

0,3928 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ opløses i kobberfrit vand og tilsættes ½ ml konc. svovlsyre. Fyldes op med glasdestilleret vand ad 1 liter.

Denne opløsning indeholder 100 mg Cu/l.

b)Stamopløsning II

20 ml stamopløsning I fortyndes med komplexonopløsning (reagens 1) ad 1 liter.

Denne opløsning indeholder 2 mg Cu/l.

c)Standardopløsninger

Af stamopløsning II overføres 0, 10, 20, 30, 40 og 50 ml i 100 ml målekolber. Der fyldes op til mærket med reagens 1 (komplexonopløsning).

Indeholder henholdsvis 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 og 1,0 mg Cu/l.

B.Specielt apparatur

Et atomabsorptionsflammespektrofotometer, hvormed det er muligt at måle kobberindhold med tilstrækkelig god følsomhed og nøjagtighed.

C. Standardkurve

Standardopløsningerne forstøves ved hjælp af en luft-acetylenflamme i atomabsorptions-spektrofotometeret, hvor kobberets absorptionsevne bestemmes ved 324,7 nm.

Med opløsningernes kobberindhold i mg/l som abscisse og absorption/absorbans som ordinat fremstilles en standardkurve.

D. Analysens udførelse

10 g jord overføres i en 300 ml erlenmeyer-kolbe. Der tilsættes 100 ml 0,02 M komplexonopløsning (reagens 1). Kolben anbringes i et rysteapparat og roteres 1 time. Efter 1 times henstand filtreres gennem et 15 cm kobberfrit filter.

Filtratets absorptionsevne måles som angivet for standardopløsningerne. Ved hjælp af den målte absorption/absorbans og standardkurven aflæses opløsningens kobberindhold i mg/l.

E. Beregning

Jordprøvens kobbertal beregnes ved at multiplicere det aflæste kobberindhold i mg/l med 10.

Resultatet angives som kobbertallet, Cut. Enheden af kobbertallet svarer til 1 mg komplexonopløseligt kobber pr. 1000 g jord eller ca. 2,5 kg Cu pr. ha i pløjelaget (20 cm) på almindelig agerjord.

METODE 21

ZINKTAL

Jorden ekstraheres med kompleksopløsning. I ekstrakten bestemmes zink ved atomabsorptionsspektrofotometri.

A.Reagenser

1)Kompleksonopløsning, 0,02 M

7,442 g komplexon III (EDTA, 2Na), $C_{10}H_{14}O_8N_2Na_2 \cdot 2H_2O$, opløses i ionbyttet vand ad 1 liter.

2)Standardopløsninger

a)Stamopløsning I

1,0996 g $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ opløses i 0,02 M kompleksopløsning (reagens 1) ad 1 liter. Opløsningen indeholder 250 mg Zn/l.

b)Stamopløsning II

20 ml af stamopløsning I fortyndes med 0,02 M kompleksopløsning (reagens 1) ad 1 liter. Opløsningen indeholder 5 mg Zn/l.

c)Standardopløsninger

Af stamopløsning II afpipetteres portioner á 10, 20, 30, 40, 50, og 60 ml, som overføres til hver sin 100 ml målekolbe. Der fortyndes op til mærket med 0,02 M kompleksopløsning (reagens 1) og blandes. En syvende målekolbe fyldes med kompleksopløsningen alene. De således fremstillede standardopløsninger indeholder 0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 og 3,0 mg Zn/l.

B.Specielt apparatur

Et atomabsorptionsspektrofotometer.

C.Standardkurve

Standardopløsningerne forstøves ved hjælp af en luft-acetylenflamme i et atomabsorptionsspektrofotometer, hvor det indeholdte zinks absorptionsevne bestemmes ved 214 nm.

Med opløsningernes zinkindhold i mg/l som abscisse og med absorptionen som ordinat tegnes en standardkurve.

D. Analysens udførelse

20 g jord overføres i en 150 ml flaske. Der benyttes en polyethylenflaske eller en glasflaske forsynet med tilslebet glasprop. Der tilsættes 50 ml komplexonopløsning (reagens 1), og flasken rystes 1 time i rysteapparat. Der filtreres gennem et tæt filter.

Filtratets absorptionsevne måles som angivet for standardopløsningerne. Ved hjælp af den målte absorption og standardkurven aflæses opløsningens zinkindhold i mg Zn/l.

E. Beregning

Jordprøvens zinktal beregnes ved at multiplicere det aflæste zinkindhold i mg Zn/l med 2,5.

Resultatet angives som zinktallet, Znt. En enhed af zinktallet modsvarer 1 mg Zn/1000 g jord eller ca. 2,5 kg Zn pr. ha i pløjelagets dybde (20 cm) på almindelig agerjord.

Litteratur

Henriksen, Aage: Sammenlignende kolorimetrisk og atomabsorptiometrisk zinkbestemmelser i jord. - Tidskrift for Planteavl, bd. 73, 1969, s. 57-60.

METODE 22

AMMONIUM- OG NITRATKVÆLSTOF

Jordens indhold af ombytteligt ammoniumioner og af nitrat frigøres ved ekstraktion med kaliumchloridopløsning. Metoden er primært beregnet til bestemmelse af jordens indhold af mineralsk kvælstof som grundlag for bestemmelse af behovet for kvælstofgødskning (N-min-metoden).

A. Specielt apparatur

Anvendelse af N-min-metoden har som forudsætning, at bestemmelse af ammonium- og nitrat-N kan gennemføres hurtigt og med en nøjagtighed på 0,1 mg N/l i jordekstrakten. Prøveudtagningen finder sted i det tidlige forår og naturligvis før tilførsel af kvælstofgødning. Der er således tale om en prøveudtagningsperiode, der som oftest er meget kort.

Det er derfor nødvendigt at råde over fintmærkende apparatur med stor kapacitet til den analytiske bestemmelse. Som eksempel på apparatur, der opfylder forannævnte krav, kan på nærværende anføres Auto-Analyzer og Flow Injection Analysator.

B. Prøvens forbehandling

Den mikrobielle kvælstofomsætning i jord finder sted ved temperaturer ned til omkring frysepunktet, og accelereres iøvrigt når jorden bringes ud af naturlig lejring som det sker ved prøveudtagningen.

Prøverne skal derfor tages i arbejde umiddelbart efter modtagelsen på laboratoriet. Kan dette ikke ske skal prøverne opbevares ved 0°C i højst 2 døgn, før analysen finder sted.

Umiddelbart før analysen homogeniseres den friske prøve grundigt; tørring af prøven må ikke finde sted.

C. Ekstraktionsopløsning

Kaliumchloridopløsning, 1 M: 370 g KCl opløses i vand ad 5 liter.

D. Ekstraktion

100 g af den friske jordprøve afvejes i en 500 ml rysteflaske. Samtidig afvejes 25 g jord i et bægerglas til vandbestemmelse (tørring ved 50-60°C). Der tilsættes 200 ml ekstraktionsopløsning til rysteflasken, som roteres i rysteapparat i 1 time.

Efter rystningen filtreres gennem et tæt filterpapir, eventuelt centrifugeres en passende portion af den overstående væske efter bundfældning.

E. Analysemetode

Samtidig bestemmelse af ekstraktens indhold af henholdsvis ammonium- og nitratkvælstof kan foretages med Auto-Analyzer eller Flow Injection Analysator. Der eksisterer forskellige anvendelige analyseprincipper.

Da valget af analyseprincip bl.a. er afhængig af det til rådighed stående apparatur vil en beskrivelse af mulige analysemetoder med tilhørende reagenser være uhensigts-mæssig. Der henvises til at søge nærmere vejledning herom, f.eks. i litteraturen. For så vidt angår brug af apparatur henvises til instruktionsvejledning for det anvendte instrument.

F. Beregning

Resultaterne opgives som mg $\text{NH}_4\text{-N}$, respektive $\text{NO}_3\text{-N}$ pr. kg tør jord, og med 1 decimal.

I beregningen ud fra de fundne koncentrationer i jordekstrakten indgår således ikke alene det fundne vandindhold i den indvejede prøve, men tillige den forøgelse af ekstraktmængde dette medfører.

Ved omregning af resultaterne til kg N/ha anvendes følgende faktorer:

- | | | | |
|--------------------------------------|-------------|---|------------------------|
| 1. Kg $\text{NH}_4\text{-N}$ pr. ha, | 0 - 50 cm | = | mg N/kg tør jord x 7,0 |
| 2. Kg $\text{NH}_4\text{-N}$ pr. ha, | 50 - 100 cm | = | mg N/kg tør jord x 7,6 |
| 3. Kg $\text{NO}_3\text{-N}$ pr. ha, | 0 - 50 cm | = | mg N/kg tør jord x 7,0 |
| 4. Kg $\text{NO}_3\text{-N}$ pr. ha, | 50 - 100 cm | = | mg N/kg tør jord x 7,6 |
| N-min | | = | 3pkt. 1 - 4. |

METODE 22 A

NITRATTAL, ELEKTROMETRISK

Jorden ekstraheres med kobbersulfatopløsning. Ekstraktens nitratindhold måles elektrometrisk med en nitratspecifik elektrode.

A. Reagenser

1) Kobbersulfatopløsning, 0.01 M

5,0 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ opløses i vand ad 2 liter.

2) Nitratopløsning (stamopløsning)

0,7218 g KNO_3 opløses i reagens 1 ad 1 liter. Denne opløsning indeholder 100 mg NO_3^- -N/liter = 0,1 mg/ml.

3) Befugtningsmiddel, Triton X-100

4) Standardopløsninger

Nr.	ml 2.	ml 1.	mg NO_3^- -N/l	Nit
1	5	495	1,0	2
2	25	475	5,0	10

Til hver standardopløsning og ekstraktionsvæsken tilsættes 1 dråbe befugtningsmiddel (reagens 3) pr. 500 ml, og der blandes grundigt.

B. Specielt apparatur

En nitratspecifik elektrode i forbindelse med et specifikt ionmeter eller et PH-meter med "expanded" millivoltskala.

C. Måling med specifikt ionmeter

Omskifteren indstilles på monovalente anioner, hældningsindikatoren på 100 % og temperaturkompensatoren på opløsningernes temperatur (alle standard- og prøveopløsninger skal have samme temperatur).

Elektroderne placeres derefter i standardopløsning nr. 2 (5,0 g mg NO_3^- -N/l).

Der omrøres med en magnetomrører og ved hjælp af kalibreringsknappen indstilles nålen på 100 (øverste skala).

Derefter placeres elektroderne i standardopløsning nr. 1 ($1,0 \text{ mg NO}_3^- \text{ -N/l}$) og ved hjælp af temperaturkompensatoren indstilles nålen på 20 og hældningsindikatoren drejes, indtil temperaturpilen er indstillet på den oprindelige temperatur. Som kontrol gentages kalibreringen.

D. Måling med pH-meter med "expanded" millivoltskala

Apparatet indstilles til måling af millivolt og to eller flere standardopløsninger måles. Der omrøres med magnetomrører. Alle opløsninger måles ved samme temperatur. Resultaterne afsættes på semilogaritmisk papir med nitratkoncentrationen som abscisse og millivolt som ordinat. Ved at forbinde punkterne med en ret linie tegnes en standardkurve.

E. Analysens udførelse

50 g jord rystes med 100 ml 0,01 M kobbersulfatopløsning (reagens 1) 1 time i rysteapparat. Efter henstand til bundfældning filtreres gennem et nitratfrit, hårdt filter.

Filtratets nitratindhold måles som beskrevet under punkt C eller D, idet apparaturets visning jævnligt, og mindst for hver 10 målinger, kontrolleres ved måling af standardopløsningerne.

F. Beregning

Anvendes et specifikt ionmeter, der kalibreres som foran beskrevet, fås jordekstraktens nitratindhold i $\text{mg NO}_3^- \text{ -N/l}$ ved at dividere aflæsningen på øverste skala med 20. Anvendes pH-meter med millivoltskala findes jordekstraktens nitratindhold i $\text{mg NO}_3^- \text{ -N/l}$ ved hjælp af standardkurven og den ved måling af jordekstrakten aflæste spænding.

Med forholdet jord:væske = 1:2 fås jordens nitratindhold i $\text{mg NO}_3^- \text{ -N/l}$ ved at multiplicere ekstraktens nitratindhold målt i samme enhed med 2.

Resultatet angives som nitratallet, Nit. 1 Nit-enhed modsvarer $1 \text{ mg NO}_3^- \text{ -N pr. kg jord}$ eller ca. $2,5 \text{ kg NO}_3^- \text{ -N pr. ha}$ i pløjelagets dybde (20 cm) på almindelig agerjord.

Angående kontrol af nitratelektrode, referenceelektrode og ionmeter henvises til instruktionsbøgerne.

Litteratur

Jensen, Jens: Bestemmelse af nitrat i jordekstrakter med en nitratspecifik elektrode. – Tidsskrift for Planteavl, bd 74, 1970, s. 145–50.

METODE 23

MOLYBDÆNTAL

Jorden ekstraheres med ammoniumoxalat-oxalsyreopløsning. Det opløste molybdæn bestemmes spektrofotometrisk som thiocyanatkomplekset.

Alle benyttede kemikalier må være af analysekvalitet. Ved vand forstås glasdestilleret eller demineraliseret vand.

A. Reagenser

1) Ammoniumoxalat-oxalsyreopløsning

24,9 g $(\text{COONH}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ + 12,6 g $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ opløses i vand ad 1 liter. pH skal være 3,3.

2) Saltsyre, 20%

1 liter koncentreret saltsyre fortyndes med 800 ml vand.

3) Chloroversyre

perchlorsyre, ca, 72%

4) Natriumfluoridopløsning

5 g NaF opløses i vand ad 100 ml.

5) Kaliumthiocyanatopløsning

20 g KCNS opløses i vand ad 100 ml.

6) Stannochloridopløsning

40 g SnCl_2 + 10 ml 20% saltsyre (reagens 2) opløses i vand ad 100 ml.

7) Isoamylalkohol

8) Ferroammoniumsulfatopløsning

0,7022 g $\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ opløses under tilsætning af 5 ml koncentreret H_2SO_4 i vand ad 1 liter. Opløsningen vil indeholde 100 mg Fe/l.

9) Standardopløsninger

a) Stamopløsning I

0,2759 g ammoniummolybdat, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, opløses i vand ad 1 liter. Opløsningen vil indeholde 150 mg Mo/liter.

b) Stamopløsning II

50 ml stamopløsning I fortyndes med vand ad 500 ml. Opløsningen vil indeholde 15 mg Mo/liter.

c) Stamopløsning III

50 ml stamopløsning II fortyndes med vand ad 500 ml. Opløsningen vil indeholde 1,5 mg Mo/liter = 1,5 µg Mo/ml.

B. Specielt apparatur

Et spektrofotometer.

C. Standardkurve

a) I 5 koniske, 100 ml skilletragte med mærke ved 30 ml og sleben glasprop overføres 1, 2,5, 5,0, 7,5 og 10 ml stamopløsning III modsvarende 0, 3,75, 7,5, 11,25 og 15 µg Mo. Der tilsættes 5 ml 20% saltsyre (reagens 2).

b) Der tilsættes yderligere 1 ml ferroammoniumsulfatopløsning (reagens 8), 5 ml natriumfluoridopløsning (reagens 4), 1,5 ml kaliumtiocyanatopløsning (reagens 5), 3 ml stannochloridopløsning (reagens 6) og fyldes op til 30 ml-mærket med vand.

Tilsætning af reagenser må ske i den anførte rækkefølge. Efter hver tilsætning af et reagens rystes kraftigt i 15 sekunder.

Der tilsættes derpå 10 ml isoamylalkohol (reagens 7), og der rystes kraftigt i 1 minut. Efter 20 minutters henstand aftappes den vandige fase og isoamylalkoholfasen vaskes 1 gang med 25 ml af en frisk fremstillet opløsning af 1 del stannochloridopløsning (reagens 6) og 25 dele vand. Efter sidste aftapning af den vandige fase filtreres isoamylalkoholfasen gennem et tørt askefrit 7 cm filter, hvorpå er anbragt nogle få mg fast stannochlorid, i et tørt reagensglas eller direkte i en kuvette.

Farveintensiteten måles umiddelbart efter ved 470 nm.

- c) På grundlag af samhørende værdi af farveintensitet (galvanometerudslag) og molybdæninndhold i μg Mo tegnes standardkurven.

D. Analysens udførelse

20 g jord overføres i en $\frac{1}{2}$ liter flaske. Der tilsættes 200 ml ekstraktionsopløsning (reagens 1) og rystes 20 timer i et rysteapparat. Der filtreres gennem et askefrit 15 cm filter og af filtratet udtages 150 ml, der i en kvartsskål inddampes til tørhed på vandbad. Kvartsskålen med indhold glødes derefter i en elektrisk ovn i 3 timer ved 450°C for at fjerne oxalat og organisk stof. Efter afkøling tilsættes 5 ml 20% saltsyre (reagens 2) og 1 ml perchlorsyre (reagens 3), hvorefter der inddampes på sandbad til tørhed. Tilsætning af saltsyre, perchlorsyre og inddampning gentages 1 gang. Efter afkøling opløses inddampningsresten i 5 ml 20% saltsyre (reagens 2) og overføres i en 100 ml konisk skilletragt med mærke ved 30 ml og med sleben glasprop. Derefter fortsættes som beskrevet under punkt C,b.

E. Beregning

Af fotometeraflæsningen findes analyseprøvens molybdæninndhold ved hjælp af standardkurven.

Analyseresultatet angives som molybdæntallet, Mot. Når de ovenfor angivne jord- og væskemængder benyttes, fås Mot ved at multiplicere det på standardkurven aflæste molybdæninndhold i μg med 2/3. 1 enhed af molybdæntallet modsvarer 1 mg Mo pr. 10 kg jord eller ca. 0,25 kg Mo pr. ha i pløjelagets dybde (20 cm) på almindelig agerjord.

Da der ved fremstilling af standardkurven ikke er taget hensyn til et muligt indhold af molybdæn i ekstraktionsvæsken eller chloroversyren, bør der foretages blindbestemmelser for hver gang, nye partier af disse kemikalier tages i anvendelse.

Man må desuden ved jævnlige behandlinger af nogle standardopløsninger sikre sig, at standardkurven stadig passer.

Det bemærkes, at ved anvendelse af demineraliseret vand og gennemført blindbestemmelse kan glasdestillation af vand og kemikalier undgås.

Litteratur

Grigg, J.L.: A Rapid Method for Determination of Molybdenum in Soils. - The Analyst, bd. 78, 1953, s. 470-73.

Jensen, J.: Molybdænmangel og gødskning med molybdæn. - Tidsskrift for Landøkonomi. 1957, s. 350 ff.

METODE 24

BORTAL

Jorden ekstraheres med vand. I ekstrakten bestemmes bor spektrofotometrisk som azomethin-forbindelsen.

A.Reagenser

1)Calciumchloridopløsning, ca. 5 N

370 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ opløses i vand ad 1 liter.

2)Stødpudeopløsning

47,6 g ammoniumacetat, 1,90 g Titriplex (EDTA, 2Na) samt 4,76 g ethylen-dinitrilo-tetraeddikesyre-tetranatrium opløses i 76 ml vand og tilsættes 24 ml iseddikesyre.

3)Azomethinreagens

0,9 g azomethin H ($\text{C}_{17}\text{H}_{12}\text{NNaO}_8\text{S}_2$) samt 2,0 g ascorbinsyre opløses i 100 ml vand. Opløsningen er ikke særlig holdbar og skal helst fremstilles til hvert hold analyser. Ved opbevaring i køleskab er opløsningen dog holdbar i op til 1 uge.

4)Aktivt kul

5)Stamopløsninger

a)Stamopløsning I

0,2858 g borsyre (H_3BO_3), opløses i vand ad 500 ml. Opløsningen opbevares i polyethylenflaske og indeholder 100 μg B pr. ml.

b)Stamopløsning II

20 ml af stamopløsning I fortyndes med vand ad 1 liter. Opløsningen opbevares i polyethylenflaske og indeholder 2 μg B pr. ml.

B.Specielt apparatur

Et spektrofotometer.

C. Standardkurve

0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 og 2,5 ml af stamopløsning II + vand til 2,5 ml overføres til en 25 ml polyethylenflaske med prop. Standardopløsningerne indeholder 0, 1,0, 2,0, 3,0, 4,0 og 5,0 µg B pr. 2,5 ml. Der tilsættes 2,5 ml stødpudeopløsning (reagens 2). Efter blanding tilsættes 2,5 ml azomethinreagens (reagens 3). Der omrystes og farvestyrken måles ved 430 nm efter nøjagtig 1 times henstand.

Idet opløsningernes borindhold, angivet som standardopløsningernes borindhold i µg B pr. 2,5 ml, afsættes som abscisse og fotometer aflæsningerne som ordinat tegnes en standardkurve, der angiver sammenhængen mellem fotometerudslag og borindhold.

D. Analysens udførelse

25 g jord overføres til en borfri 250 ml langhalset stålkolbe. Der tilsættes 50 ml vand og koges i nøjagtig 5 min. med tilbagesvaler, regnet fra begyndende kogning. Efter øjeblikkelig afkøling tilsættes 4 dråber CaCl₂-opløsning (reagens 1). Der omrystes godt og filtreres gennem et foldefilter med 2 g aktivt kul (reagens 4) over i en polyethylenflaske. 2,5 ml af filtratet overføres til en 25 ml polyethylenflaske med prop, og man går frem som beskrevet under punkt C.

Det er vigtigt at kontrollere, om der afgives B fra kogekolbe, filtrerpapir og aktivt kul. Til dette formål gennemføres en komplet blindbestemmelse uden jord.

E. Beregning

Ud fra fotometer aflæsningen findes analyseprøvens borindhold ved hjælp af standardkurven. Analyseresultatet angives som bortallet, Bt. Når de ovenfor angivne jord- og væskemængder benyttes får Bt ved at multiplicere det på standardkurven aflæste borindhold i µg med 8. 1 enhed af bortallet modsvarer 1 mg B pr. 10 kg jord eller ca. 0,25 kg B pr. ha i pløjelagets dybde (20 cm) på almindelig agerjord.

Litteratur

Nielsen, J. Dissing: Jordanalyser for bor. Tidskrift for Planteavl bd. 92, 1988, s. 141-143.

IV. ANALYSERESULTATERNES ANGIVELSE OG BETYDNING.

Om de forskellige analyser skal anføres følgende:

1. Rumvægten

er et tilnærmet udtryk for en tør jords litervægt i kg ved naturlig aflejring. Rumvægten afhænger af jordens lejringsstæthed (struktur) og af jordpartiklernes vægtfylde. I almindelig agerjord er rumvægten i reglen 1,1 - 1,3 svarende til ca. 2500 tons lufttør jord pr. ha i pløjelaget. Jordens rumvægt aftager med stigende humusindhold, i tørvejorder kan den være så lav som 0,1 - 0,2.

2. Teksturen

angiver en jords mekaniske sammensætning, oftest udtrykt ved dens indhold af finler (partikler mindre end 0,002 mm), grovler eller silt (partikler mellem 0,002 og 0,02 mm), finsand (partikler mellem 0,02 og 0,2 mm) og grovsand (partikler mellem 0,2 og 2 mm). Indholdet af finler + grovler kan variere fra mindre end 1 pct. i smeltevandssand til mere end 90 pct. i marskklæg. Morænesandjorder indeholder mindre end 15, morænelerjorder i reglen 15 - 50 pct. heraf.

3. Humusindholdet

angiver en jords indhold af organiske stoffer i vægtprocent. Almindelig agerjord indeholder i reglen 2 - 4 pct. humus svarende til 50 - 100 tons pr. ha i pløjelaget. Tørvejorder kan indeholde mere 90 pct. organisk stof.

4. Totalkvælstof

angiver en jords samlede kvælstofindhold i vægtprocent. Almindelig agerjord indeholder i reglen 0,1 - 0,2 pct. kvælstof svarende til ca. 2,5 - 5 tons pr. ha i pløjelaget. Langt den overvejende del heraf indgår i jordens humusstoffer og frigøres først i plantetilgængelig form efterhånden som disse stoffer nedbrydes og mineraliseres.

5. Calciumcarbonatindholdet

angiver en jords indhold af kulsur kalk, CaCO_3 , i vægtprocent. 1 pct. modsvare ca. 25 tons pr. ha i pløjelaget på almindelig agerjord. De fleste danske jorde er kalkfrie eller indeholder kun små mængder kalk tilført som grundforbedringsmiddel. Lokalt optræder dog naturlige kridtjorder med et højt kalkindhold.

6. Ledningstallet

Lt giver udtryk for en vandig jordopslemnings elektriske ledningsevne. Det er tillige et indirekte mål for en jords indhold af vandopløselige salte, men angiver ikke af hvilken art disse salte er.

Ledningstallet har betydning ved analyse af jord fra saltvandsversvømmede arealer, idet man gennem ledningstallene kan følge saltenes udvaskning. Endvidere ved undersøgelse af gartnerijorder, hvor rigelig tilførsel af handelsgødninger ikke sjældent bevirker et så højt saltindhold i jorden, at kulturerne tager skade deraf.

Ledningstal højere end 2 betyder som regel, at saltmængden i jorden ligger over den kritiske grænse for mange kulturer. Ved tilførsel af store mængder superfosfat kan denne gødnings gipsindhold give anledning til væsentlig højere ledningstal, uden at afgrøden skades deraf.

7. Chloridtallet

Clt angiver en jords indhold af vandopløseligt chlorid. Enheden er lig med 1 mg Cl pr. 100 g jord svarende til ca. 25 kg Cl pr. ha i pløjelaget på almindelig agerjord, samme mængde som i ca. 40 kg. kogesalt (NaCl).

Chloridtallet i almindelig agerjord er oftest mindre end 1. Tilførsel af 100 kg almindelig kaligødning øger det med ca. 1,5, men tallet falder hurtigt, da chloridet let fordeles i jorden og vaskes ud. Jord, som nylig har været oversvømmet med havvand, har chloridtallet omkring 100.

8. Reaktionstallet

Rt er et mål for den mængde brintioner, en jord afgiver ved opslemning i en 0,01 m vandig calciumchloridopløsning. Det fremkommer ved at addere 0,5 til pH (CaCl_2), som er den negative værdi af titalslogaritmen til opslemningens brintionkoncentration (mere korrekt: brintionaktivitet) og er i reglen 4,5 - 8,3. pH i vandig opslemning er et tilsvarende mål for den mængde brintioner, en jord afgiver ved opslemning i vand og angiver direkte den negative værdi af titalslogaritmen til opslemningens brintionkoncentration (brintionaktivitet). Den målte værdi er ofte ca. $\frac{1}{2}$ enhed højere end pH (CaCl_2) og bliver derved af samme størrelse som reaktionstallet. En jords pH i vandig opslemning - men ikke dens Rt - kan variere med årstiden.

9. Kalkbehovet

bestemmes ved en kalktitrering og er et tilnærmet udtryk for den kalkmængde, angivet i tons kulsur kalk pr. ha, der kræves for at hæve jordens reaktionstal med en ønsket størrelse. Tilsvarende bestemmes ved en syretitrering den svovlmængde, der kræves til at sænke jordens reaktionstal med en ønsket størrelse.

10. Ombyttelige brintioner

H_0 er et mål for den mængde brintioner, H^+ , en vis jordmængde afgiver i berøring med et overskud af en stødpudeblanding med pH-værdien 8,1. Enheden af denne størrelse er 1 mækv. (mg) pr. 100 g jord svarende til ca. 25 kg H^+ pr. ha i pløjelaget på almindelig agerjord. Til at fjerne denne mængde og ombytte den med Ca^{++} kræves teoretisk 1250 kg kulsur kalk, CaCO_3 .

Talværdien af H_0 varierer for danske mineraljorder fra 0 til ca. 25, for humus- og tørvejorder fra 0 til ca. 50 afhængigt af den pågældende jords ler- og humusindhold. Jo lavere reaktionstallet er, og jo højere ler- og humusindholdet er, desto større er H_0 . For en og samme jord når den sin højeste værdi ved det laveste reaktionstal (ca. 4), falder med voksende reaktionstal og nærmer sig nul ved Rt omkring 8. I forskellige jorder med samme reaktionstal vokser H_0 med ler- og humusindholdet.

11. Sulfattallet

St angiver den mængde sulfatsvovl som opløses, når jorden ekstraheres med en natriumchloridopløsning. Enheden er mg $\text{SO}_4\text{-S}$ pr. kg jord. I almindelig agerjord varierer sulfattallet normalt mellem 1 og 10.

12. Adsorptionskapaciteten

T angiver summen af ombyttelige metal- og brintioner udtrykt som milliækvivalenter pr. 100 g jord. En jords adsorptionskapacitet afhænger af dens ler- og humusindhold, men T-værdier på 10 - 20 er almindelige. Basemætningsgraden, V, der angiver de ombyttelige metalioners antal af T-værdien, udtrykt i ækvivalentprocent, er et udtryk for jordens kalktilstand.

13. Fosforsyretallet

Ft angiver den mængde fosfor, der findes i jorden som uorganiske fosfater og kan opløses i fortyndet (0,2 N) svovlsyre. Enheden af denne størrelse er lig med 3 mg P pr. 100 g jord svarende til ca. 950 kg 7,8% superfosfat pr. ha i pløjelaget på almindelig agerjord. Fosforsyretallene kan variere fra 0 til ca. 20; gennemsnitsværdien i danske agerjorder ligger omkring 5,5 svarende til ca. 5000 kg superfosfat i pløjelaget på en ha. Afgrøderne formår kun at udnytte en ringe brøkdel af denne fosfatmængde i en enkelt vækstperiode. - Tilførsel af 1000 kg 7,8% superfosfat pr. ha skulle teoretisk øge Ft med 1. Der findes som regel en lidt mindre forøgelse.

14. Fosfortallet

Pt er et mål for den mængde uorganiske fosfater, som opløses ved at ekstrahere jorden med en 0,5 molær opløsning af natriumhydrogencarbonat, NaHCO_3 . Enheden er lig med 1 mg P pr. 100 g jord. Fosfortallene i danske landbrugsjorder varierer ligesom Ft fra ca. 0 til ca. 20.

Metoden bringer således mindre mængder fosfat i opløsning end fosforsyretallet og må anses for at være mere følsom for ændringer i jordens indhold af plantetilgængeligt fosfor.

15. Kaliumtallet

Kt angiver en jords indhold af ombytteligt, for planterne tilgængeligt kalium. Enheden er med 1 mg K pr. 100 g jord svarende til ca. 25 kg K eller ca. 50 kg. 50% kaligødning pr. ha i pløjelaget på almindelig agerjord.

Gennemsnitsværdien af Kt i danske jorder ligger omkring 8 svarende til ca. 400 kg 50% kaligødning i pløjelaget på en ha. Tilførsel af 100 kg 50% kaligødning pr. ha skulle teoretisk øge Kt med ca. 2. I reglen findes kun en forøgelse på 1 - 1,5, idet en del af det tilførte kalium ved blanding med jorden overgår i ikke ombyttelig form.

16. Natriumtallet

Nat angiver en jords indhold af ombytteligt natrium. Enheden er lig med 1 mg Na pr. 100 g jord svarende til ca. 25 kg Na pr. ha i pløjelaget på almindelig agerjord, eller samme mængde som i ca. 65 kg kogsalt (NaCl). Høje natriumtal findes her til lands kun jord, som har været oversvømmet med saltvand.

17. Magnesiumtallet

Mgt er et mål for en jords indhold af ombytteligt magnesium. Enheden af denne størrelse er lig med 1 mg Mg pr. 100 g jord svarende til ca. 25 kg Mg pr. ha i pløjelaget på almindelig agerjord, samme mængde som i ca. 250 kg magnesiumsulfat (10% Mg). Magnesiumtallet i danske jorder varierer mellem ca. 2 og 15 med en gennemsnitsværdi på ca. 7.

18. Calciumtallet

Cat angiver jordens indhold af ombytteligt calcium i mg pr. 100 g jord. 1 enhed modsvare ca. 25 kg calcium pr. ha i pløjelaget på en almindelig agerjord. Danske jorders calciumtal varierer stærkt, afhængigt af jordens ler- og humusindhold samt kalktilstand, men vil hyppigst være af størrelsesordenen 50 - 500.

19. Mangantallet

Mnt angiver en jords indhold af ombytteligt, togyldigt mangan. Enheden for denne størrelse er lig med 1 mg Mn pr. kg jord og svarende til ca. 2,5 kg Mn eller 8 kg mangansulfat (30% Mn) pr. ha i pløjelaget på almindelig agerjord.

Mangantallet kan svinge stærkt i sommerens løb bl.a. under vejrets indflydelse. Det falder i tørkeperioder, stiger efter regn. Dampning af jorden kan øge det meget stærkt. Tallet er derfor kun anvendeligt til grov orientering om en jords indhold af ombytteligt mangan.

Tilførsel af 100 kg mangansulfat pr. ha skulle teoretisk bringe Mnt til at stige med ca. 12 enheder. Den fundne stigning er altid væsentlig mindre, ofte under 1 enhed. Det skyldes, at manganmanglende jorder er i stand til at binde store manganmængder i ikke ombyttelig form.

20. Kobbertallet

Cut er et mål for en jords indhold af komplexonopløseligt kobber. Enheden af denne størrelse er lig med 1 mg Cu pr. kg jord svarende til ca. 2,5 kg Cu eller 10 kg blåsten (25% Cu) pr. ha i pløjelaget på almindelig agerjord.

Kobbertallet i danske jorder ligger gerne mellem 1 og 10 med en gennemsnitsværdi omkring 5. Indholdet af komplexonopløseligt kobber udgør 10 - 90% af jordens totale kobber indhold.

21. Zinktallet

Znt er et mål for en jords indhold af komplexonopløseligt zink. Enheden af denne størrelse er lig med 1 mg Zn pr. kg jord svarende til ca. 2,5 kg Zn eller 12 kg zinksulfat (22% Zn) pr. ha i pløjelaget på almindelig agerjord. Zinktallet varierer i danske jorder mellem 0 og ca. 20. Den hyppigst fundne værdi er omkring 3.

22. Ammonium- og nitratkvælstof

Metoden angiver jordens indhold af ombyttelige ammoniumioner og af nitrat. Den er primært beregnet til bestemmelse af jordens indhold af mineralsk kvælstof som grundlag for bestemmelse af behovet for kvælstofgødskning.

Resultaterne, der angives som mg $\text{NH}_4\text{-N}$, respektive $\text{NO}_3\text{-N}$ pr. kg tør jord, varierer betydeligt afhængig af jordtype, prøveudtagningsdybde, forfrugt samt klimatiske betingelser i efterårs- og vinterperioden. I pløjelaget varierer indholdet af $\text{NH}_4\text{-N}$ normalt mellem 0,5 og 4 og indholdet af $\text{NO}_3\text{-N}$ mellem 1 og 10 mg/kg jord. I de dybereliggende jordlag er indholdet almindeligvis lavere, specielt af $\text{NH}_4\text{-N}$.

22A. Nitrattallet

Nit angiver en jords indhold af nitratkvælstof. Enheden for denne størrelse er 1 mg N pr. kg jord svarende til ca. 2,5 kg N eller ca. 15 kg kalksaltpeter pr. ha i pløjelaget på almindelig agerjord. Nitrattallet i sådanne jorder svinger oftest indenfor grænserne 0-20. I drivhusjord kan det gå op til 100 eller højere værdier. Indholdet af nitratkvælstof i muldlaget udgør sjældent over 2% af det totale kvælstofindhold. Nitratkvælstof fastholdes i modsætning til kali og fosforsyre ikke af jorden, men er ligesom chlorid frit bevægeligt i og med jordvæsken. En jords nitrattal kan derfor variere stærkt i vækstperioden. Afgrødernes nitratforbrug samt regn eller vanding får det til at synke. I udtørningsperioder koncentrerer nitratet i jordoverfladens nærhed, hvorved tallet igen stiger.

23. Molybdæntallet

Mot er et mål for en jords indhold af molybdænenforbindelser, der opløses i en oxalat-stødpudeblanding med pH 3,3. Enheden af denne størrelse er lig med 1 mg Mo pr. 10 kg jord svarende til ca. 0,25 kg Mo pr. ha i pløjelaget på almindelig agerjord eller 0,77 kg ammonium molybdat.

Molybdæntallet i danske jorder varierer mellem 0 og ca. 15. Den hyppigst fundne værdi er omkring 3,5 svarende til ca. 3 kg ammoniummolybdat pr. ha.

24. Bortallet

Bt angiver en jords indhold af bor i vandopløselige forbindelser. Enheden af denne størrelse er lig med 1 mg B pr. 10 kg jord svarende til 0,25 kg B eller ca. 2 kg boraks (13% B) pr. ha i pløjelaget på almindelig agerjord

Bortallet varierer i danske jorder mellem 0,5 og 300. Den hyppigst fundne værdi er omkring 9 svarende til ca. 18 kg boraks pr. ha.

For analyserne nr. 11, 13-21, 22A samt 23 og 24 angives resultaterne som "tal" , der er udtryk for jordens indhold af plantenæringsstoffer. I skemaet er anført de forskellige tal med de anvendte forkortelser.

Tallene i sidste kolonne forudsætter normal rumvægt af jorden, d.v.s. 2,5 millioner kg pr. ha i 20 cm's dybde.

SKEMA

Benævnelse	Forkortelse	I enhed modsvarer	mg/kg-kg/ha
Fosforsyretal	Ft	3 mg P/100 g jord	3075 kg P/ha
Fosfortal	Fot	1 mg P/100 g jord	3075 kg P/ha
Kaliumtal	Kt	1 mg K/100 g jord	1025 kg K/ha
Natriumtal	Nat	1 mg Na/100 g jord	1025 kg Na/ha
Magnesiumtal	Mgt	1 mg Mg/100 g jord	10 25 kg Mg/ha
Calciumtal	Cat	1 mg Ca/100 g jord	10 25 kg Ca/ha
Chloridtal	Clt	1 mg Cl/100 g jord	10 25 kg Cl/ha
Mangantal	Mnt	1 mg Mn/1000 g jord	1 2,5 kg Mn/ha
Kobbertal	Cut	1 mg Cu/1000 g jord	1 2,5 kg Cu/ha
Zinktal	Znt	1 mg Zn/1000 g jord	1 2,5 kg Zn/ha
Nitrattal	Nit	1 mg NO ₃ -N/1000 g jord	1 2,5 kg N/ha
Sulfattal	St	1 mg SO ₄ -S/1000 g jord	1 25 kg S/ha
Molybdæntal	Mot	1 mg Mo/10000 g jord	0,1 0,25 kg Mo/ha
Bortal	Bt	1 mg B/10000 g jord	0,1 0,25 kg B/ha

V. KULTURKONTROL FOR GARTNERIJORDER

ALMINDELIGE BEMÆRKNINGER

Ved kulturkontrol for gartnerijorder forstås analyser af jordprøver, der udtages regelmæssigt af gartneren selv, fortrinsvis i drivhuskulturer.

Jordprøverne udtages almindeligvis hver 8. - 14. dag og analyseres på laboratoriet for ledningsværdi, nitratværdi, kaliumværdi og eventuelt fosforværdi.

Formålet med kulturkontrol er hurtigt at kunne meddele gartneren, hvordan næringsniveauet ligger.

Resultatet tilsendes gartneren forsynet med planteavlskonsulentens kommentarer vedrørende gødskning, vanding m. v.

Inden kulturkontrol kan påbegyndes, bør der foreligge en fuldstændig grundanalyse - omfattende reaktionstal, ledningstal, fosforsyretil, kaliumtal og mængdetal.

1) Jordprøven tørres i 12 timer ved 50-60°C, knuses og sigtes gennem 2 mm sigte og blandes omhyggeligt.

Nogle af kulturkontrollanalyserne kan systematiseres som følger: 20 ml jord afmåles og overføres og overføres til ¼ liter flaske og tilsættes 180 ml vand, destilleret eller demineraliseret.

NB! Afmålingen foretages efter samme princip som angivet af professor K. A. Bondorff for bestemmelse af jordens rumvægt. I stedet for et 125 ml rummål anvendes dog et 20 ml rummål. Flaskerne roteres 1 time i rysteapparat, og når de største jordpartikler har bundfældet sig efter henstand i ca. ½ time, måles ledningsværdien direkte i opslemningen.

2) Efter måling af ledningsværdien tilsættes hver flaske 20 ml eddikesyreopløsning (12,5 ml iseddike opløses i vand ad 1 liter). Flaskerne rystes yderligere ½ time i rysteapparat og henstilles til bundfældning, hvorefter der filtreres gennem et hårdt filter.

3) I filtratet måles fosforværdi, kaliumværdi og nitratværdi, som beskrevet under fremgangsmåden for disse analyser.

Hver af de under 3) nævnte værdier kan desuden bestemmes særskilt i en ekstrakt, fremstillet ved rystning af 20 ml jord med 180 ml vand + 20 ml eddikesyreopløsning i 1 time. Det er denne fremgangsmåde, der er beskrevet i forskriften for de enkelte analyser.

pH-værdi måles i en vandig opslemning af jorden, hvor forholdet jord: vand er 1:2,5 i stedet for 1:9.

Magnesiumværdi og borværdi bestemmes efter særskilte ekstraktioner af jorden med henholdsvis ammoniumacetatopløsning og eddikesyre-acetat-stødpudeopløsning.

VI. KULTURKONTROLMETODER

KULTURKONTROLMETODE 1

LEDNINGSVÆRDI

En jords ledningstal, L_v er defineret som den specifikke ledningsevne ved 20°C i en opslemning af 20 ml af jorden i 180 ml vand, multipliceret med 10^4 . Den specifikke ledningsevne er den reciprokke værdi af opslemningens specifikke modstand, der bestemmes ved målingen.

A.Reagenser

Opløsning I

0,01 M kaliumchloridopløsning. 0,7455 g KCl opløses i vand ad 1 liter.

Opløsning II

0,005 M kaliumchloridopløsning. 250 ml opløsning I fortyndes med vand ad 500 ml.

Opløsning III

0,002 M kaliumchloridopløsning. 100 ml opløsning I fortyndes med vand ad 500 ml.

Opløsning IV

0,0005 M kaliumchloridopløsning. 25 ml opløsning I fortyndes med vand ad 500 ml.

B.Specielt apparatur

Apparat til måling af elektrisk modstand med anvendelse af vekselstrøm og forsynet med ledningsevnecelle og et termometer, der gør det muligt under målingen at aflæse temperaturen med en nøjagtighed på 0,5°C.

C.Bestemmelse af ledningsevnecellens kapacitet og kontrol af apparatur

Ledningsevnecellen er normalt ikke dimensioneret, så modstanden mellem dens elektroder under målingen er lig med den specifikke modstand. Den faktor, f , som angiver forholdet mellem en opløsnings specifikke modstand, K , og modstand i cellen, k , ($f = K/k$), er der i nogle apparater korrigeret for. I andre tilfælde må den indregnes i måleresultatet og derfor bestemmes eksperimentelt, hvis den ikke er angivet fra fabrikken. I alle fald må cellens kapacitet enten bestemmes eller kontrolleres ved hjælp af opløsning I.

Ligeledes må det, uanset apparattype, jævnligt kontrolleres om apparaturet giver korrekte resultater over hele måleområdet. Hertil benyttes opløsningerne I-IV. Ved 20°C vil deres ledningsevner, angivet i Lv-enheder (specifik ledningsevne $\times 10^4$), være følgende:

Opløsning I:	12,8	/ohm/10 ⁴
Opløsning II:	6,48	/ohm/10 ⁴
Opløsning III:	2,66	/ohm/10 ⁴
Opløsning IV:	0,67	/ohm/10 ⁴

Alle målinger bør udføres ved stuetemperatur og måletemperaturen bestemmes. For hver °C temperaturen er over (under) 20°C, forhøjes (formindskes) overstående værdier med 2,1%.

D. Analysens udførelse

20 ml tørret, sigtet og blandet jord overføres i en 300 ml erlenmeyer-kolbe. Der tilsættes 180 ml vand og kolben roteres 1 time i et rysteapparat. Efter rystningen henstår kolben ca ½ time, så større jordpartikler bundfældes. Elektroderne skylles et par gange med lidt af den ovenstående jordekstrakt (ingen filtrering), hvorefter jordekstraktens ledningsevne måles. Målingen bør udføres ved stuetemperatur og måletemperaturen bestemmes.

E. Beregning

For hver °C temperaturen er over (under) 20°C, formindskes (forhøjes) den målte ledningsevne med 2%.

Af jordopslemningens ledningsevne ved 20°C kan jordens ledningsværdi ved division med faktoren f (K/k ... 1) og multiplikation med 10.000.

Litteratur

Kohlrausch, F. und L. Holborn: Das Leitvermögen der Elektrolyte. Leipzig und Berlin 1912, p. 12 und 218.

Steenbjerg, F.: Om bestemmelse af jordopslemningers elektriske ledningsevne.- Tidsskrift for Planteavl, bd. 50, 1946, s. 518-25.

KULTURKONTROLMETODE 2

pH-VÆRDI

En jords pH-værdi er defineret som pH i en opslemning af jorden i vand, idet rumfangsforholdet jord:vand er 1:2,5.

A. Reagenser

1) 0,05 M kaliumhydrogenphthalatopløsning, pH 4,00

10,21 g kaliumhydrogenphthalat, $C_8H_5O_4K$, opløses i vand ad 1 liter.

2) 0,05 M phosphatopløsning, pH 6,88

3,402 g kaliumdihydrogenphosphat KH_2PO_4 + 4,450 g natriummonohydrogenphosphat $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ opløses i vand ad 1 liter.

B. Specielt apparatur

Til målingen benyttes glaselektrode i forbindelse med et apparatur, der tillader en målenøjagtighed på 0,05 pH-enheder.

C. Analysens udførelse

a) Fremstilling af jordopslemningen

10 ml tørret, sigtet og blandet jord overføres til et stort reagensglas eller et bægerglas og tilsættes 25 ml vand. Opslemningen rystes eller omrøres kraftigt og henstilles 1 time, idet der drages omsorg for, at luftforurening af opslemningen undgås. Om nødvendigt tilproppes glasset. Efter fornyet rystning eller omrøring måles opslemningens pH (pH-værdien).

b) Målingens udførelse

Forud for hver måling skylles elektroderne grundigt med vand. Hvis elektroderne er uskærmet aftørres de forsigtigt med filterpapir.

Apparatet må jævnligt kontrolleres ved måling i de 2 stødpudeblandinger med kendt pH (reagens 1 og 2).

Jordopslemningens pH angives med 1 decimal som jordens pH-værdi

Litteratur

Jensen, S. Tovborg og P. Damsgaard Sørensen: Om glaselektroden og dens anvendelse til bestemmelse af jordopslemningers brintionkoncentration. - Tidsskrift for Planteavl, bd. 40, 1935, s. 687-708.

Henriksen, Aage og Jens Jensen: Sammenligning af metoder til bestemmelse af pH samt fosfor og kalium i jord. - Tidsskrift for Planteavl, bd. 73, 1970, s. 331-345.

KULTURKONTROLMETODE 3

FOSFORVÆRDI

Jorden ekstraheres med fortyndet eddikesyre. I ekstrakten bestemmes fosfat kolorimetrisk eller spektrofotometrisk som fosformolybdænbåt.

A. Reagenser

1) Eddikesyreopløsning

12,5 ml iseddike, CH_3COOH , fortyndes med vand ad 1 liter.

2) Fortyndet eddikesyreopløsning

100 ml eddikesyreopløsning (reagens 1) fortyndes med vand ad 1 liter.

3) Fosfatreagens

(ammoniummolybdat-kaliumantimonyltartrat-ascorbinsyreopløsning).

a) Ammoniummolybdat-kaliumantimonyltartratopløsning

19,2 g ammoniummolybdat, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ opløses i 250 ml vand, og 0,47 g kaliumantimonyltartrat ($\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_7\text{KSb}$) opløses i 100 ml vand. I en 2 liter målekolbe hældes 900 ml vand og hertil sættes forsigtigt og under omrystning 225 ml konc. svovlsyre. De to opløsninger af ammoniummolybdat og kaliumantimonyltartrat overføres kvantitativt til målekolben med den fortyndede svovlsyre. Der fyldes op med vand ad 2 liter. Reagent opbevares køligt og beskyttet mod lys.

b) Til fremstilling af fosfatreagentet opløses 0,80 g ascorbinsyre ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) pr. 100 ml ammoniummolybdat-kaliumantimonyltartratopløsning. Det færdigt fremstillede fosfatreagens er begrænset holdbart og må kun anvendes samme dag, som det er fremstillet.

4) Standardopløsninger

a) Stamopløsning I

1,0533 g KH_2PO_4 (efter Sørensen) opløses i vand ad 1 liter. Denne opløsning indeholder 240 mg P/liter.

b) Stamopløsning II

50 ml stamopløsning I tilsættes 100 ml eddikesyreopløsning (reagens 1) og fortyndes med vand ad 1 liter. Indeholder 12 mg P/liter.

c) Standardopløsninger

Der fremstilles 10 standardopløsninger ved at fortynde 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, og 100 ml af stamopløsning II med fortyndet eddikesyreopløsning (reagens 2) ad 100 ml. Disse standardopløsninger indeholder 1,20 - 12,0 mg P/liter, svarende til Fv 4 - 40, når nedenstående fremgangsmåde følges.

B. Specielt Apparatur

Et spektrofotometer eller et fotoelektrisk kolorimeter.

C. Standardkurve

Af hver af de 10 standardopløsninger overføres 10 ml i 100 ml målekolber. Til en ellefte kolbe overføres 10 ml fortyndet eddikesyreopløsning (reagens 2). Der tilsættes ca. 70 ml vand og 10 ml fosfatreagens (reagens 3) og blandes. Derpå tilsættes vand til mærket og blandes. Efter ca. et kvarters henstand kolorimetreres opløsningerne.

Farven er holdbar indtil 1 døgn.

Bestemmelsen af opløsningernes farvestyrke foretages ved hjælp af spektrofotometer eller et fotoelektrisk kolorimeter med rødfølsom fotocelle, idet der bør måles ved 890 nm, eventuelt 710 nm.

På grundlag af galvanometerudslagene konstrueres derpå en standardkurve, idet de målte prøvers fosforindhold i mg (0,0 - 0,120 mg P) afsættes som absicisse og galvanometerudslagene som ordinat.

Hvilke af standardopløsningerne, der kan bruges, afhænger af det til rådighed stående apparatur. Man bør kun benytte målinger foretaget med sådanne mængder opløsning, at man får 15-65% lysabsorption. Udenfor dette område er bestemmelsen af fosforindhold for usikker. Hvis instrumentet er stabilt, vil den fremstillede standardkurve kunne anvendes gennem længere tid. Det vil dog være nødvendigt til stadighed at kontrollere, om standardkurven gælder, d.v.s. som galvanometerudslagene har ændret sig.

D. Analysens udførelse

20 ml tørret, sigtet og blandet jord overføres i en ¼ liter flaske. Der tilsættes 180 ml vand + 20 ml eddikesyreopløsning (reagens 1), og flasken roteres 1 time i et rysteapparat. Efter henstand til bundfældning filtreres gennem et 15 cm fosforsyrefrit filter. Af filtratet overføres 20 ml i en 100 ml målekolbe og der gås derefter frem som beskrevet for standardopløsningerne. Fosforindholdet aflæses på standardkurven ved hjælp af det fundne galvanometerudslag.

Hvis fosforindholdet i 20 ml jordekstrakt er for lille til en præcis måling (sml. fremstilling af standardkurve), afpipetteres en større mængde af jordekstrakten. Hvis fosforindholdet er for stort, tages mindre filtrat i arbejde, eventuelt så lidt, at der må foretages en fortyndning. Skønner man herved f.eks., at 5 ml filtrat vil være passende, udtages 25 ml, der med fortyndet eddikesyreopløsning (reagens 2) fortyndes til 100 ml. Af denne fortyndede opløsning udtages 20 ml svarende til 5 ml af den oprindelige jordekstrakt.

E. Beregning

Resultatet angives som fosforværdien, Fv, der udregnes ved at multiplicere fosforindholdet i mg pr. 10 ml af jordekstrakten med 333. Enheden svarer til 3 mg P/liter jord, d.v.s. ca. 6 kg P/ha eller ca. 0,06 kg P/100 m² i pløjelaget (20 cm) på almindelig agerjord.

Fosforværdien angives uden decimaler.

Litteratur

Nielsen, J. Dissing: Sammenligning mellem ascorbinsyre og metolopløsning som reduktionsmiddel for ammoniumfosformolybdat ved bestemmelse af fosforsyretal i jord. -Tidsskrift for Planteavl, bd. 72, 1968, s. 166-169.

KULTURKONTROLMETODE 4

KALIUMVÆRDI

Jorden ekstraheres med fortyndet eddikesyre. Ekstraktens kaliumindhold bestemmes flammefotometrisk.

A.Reagenser

1)Eddikesyreopløsning

12,5 ml iseddike, CH_3COOH , fortyndes med vand ad 1 liter.

2)Fortyndet eddikesyreopløsning

100 ml eddikesyreopløsning (reagens 1) fortyndes med vand ad 1 liter.

3)Calciumacetatopløsning, 0,01 M

3,2 g calciumacetat, $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$, opløses i vand ad 2 liter.

4)Standardopløsninger

a)Stamopløsning

0,3813 g kaliumchlorid, KCl, opløses i 0,01 M calciumacetat (reagens 3) ad 1 liter. Denne opløsning indeholder 200 mg K/L. Heraf fremstilles standardopløsningerne efter følgende skema med anvendelse af 200 ml målekolber.

b) Standardopløsninger

Nr.	Stamopløsning ml	Reagens 3 ml	Reagens 2 ml	mg K/l	Kv
0	0	100	100	0	0
1	5	95	100	5	5
2	10	90	100	10	10
3	15	85	100	15	15
4	20	80	100	20	20
5	25	75	100	25	25
6	30	70	100	30	30
7	35	65	100	35	35
8	40	60	100	40	40
9	45	55	100	45	45
10	50	50	100	50	50

B. Specielt apparatur

Et flammefotometer.

C. Standardkurve

De 11 standardopløsninger måles i flammefotometret ved 768 nm. Idet mg K/liter afsættes som abscisse og galvanometerudslaget som ordinat, tegnes en standardkurve, der angiver sammenhængen mellem galvanometerudslaget og opløsningernes kaliumindhold i mg K pr. liter og - ved at udgøre analysen som nedenfor beskrevet - tillige mellem udslag og kaliumværdi, idet de forskellige standardopløsninger da svarer til de overfor anførte kaliumværdier.

Standardkurven må jævnlig kontrolleres og under analysearbejdet prøves ofte med en enkelt standardopløsning, om man får det til konstruktion af standardkurven benyttede udslag.

D. Analysens udførelse

20 ml tørret, sigtet og blandet jord overføres i en ¼ liter flaske og tilsættes 180 ml vand + 20 ml eddikesyreopløsning (reagens 1). Kolben roteres 1 time i et rysteapparat. Efter henstand til bundfældning filtreres gennem et 15 cm kaliumfrit filter.

Filtraterne måles derefter i flammefotometret. I hver ekstrakt foretages mindst 2 af hinanden uafhængige målinger.

E. Beregning

Kaliumværdien, Kv der angiver mg K pr. 100 ml jord, aflæses fra standardkurven.

I enhed svarer til ca. 20 kg K pr. ha eller 0,20 kg K pr. 100 m² i pløjelaget dybde (20 cm) på almindelig jord.

Kaliumværdien angives uden decimal.

Litteratur

Aslyng, H.C.: Ombytligt kalium i jorden, - Tidsskrift for Landøkonomi, 1953, s. 155-65.

KULTURKONTROLMETODE 5

NITRATVÆRDI, ELEKTROMETRISK

Jorden ekstraheres med fortyndet eddikesyre. I ekstrakten bestemmes nitrat elektrometrisk ved hjælp af en ionspecifik elektrode.

A. Reagenser

1) Eddikesyreopløsning

12,5 ml iseddike, CH_3COOH , fortyndes i vand ad 1 liter.

2) Nitratopløsning (stamopløsning)

1,6304 g KNO_3 opløses i vand tilsat 1 ml chloroform eller toluen ad 1 liter. Denne opløsning indeholder 1000 mg nitrat/liter = 1 mg/1 ml.

3) Befugtningsmiddel, Triton X-100

4) Standardopløsninger

Nr.	ml 1.	ml 2.	ml H_2O	mg NO_3^-/l	Nv
1	10	5	485	10	10
2	10	25	465	50	50

Til hver standardopløsning og filtraterne tilsættes 1 dråbe befugtningsmiddel (reagens 3) pr. 500 ml, og der blandes grundigt. Såfremt der ikke tilsættes chloroform, toluen eller lignende, fremstilles standardopløsningerne dagligt.

B. Specielt apparatur

En ionspecifik elektrode i forbindelse med et specifikt ionmeter eller et pH-meter med "expanded" millivoltskala.

C. Måling med specifikt ionmeter

Omskifteren indstilles på monovalente anioner, hældningsindikatoren på 100 % og temperaturkompensatoren på opløsningernes temperatur (alle standard- og prøveopløsninger skal have samme temperatur).

Elektroderne placeres derefter i standardopløsning nr. 2 (50 mg NO_3^-/l). Der omrøres med en

magnetomrører og ved hjælp af kalibreringsknappen indstilles nålen på **100** (øverste skala). Derefter placeres elektroderne i standardopløsning nr. 1 (**10 mg NO₃⁻/l**) og ved hjælp af temperaturkompensatoren indstilles nålen på **20** og hældningsindikatoren drejes indtil temperaturpilen er indstillet på den oprindelige temperatur. Som kontrol gentages kalibreringen.

D. Måling med pH-meter med "expanded" millivoltskala

Apparatet indstilles til måling af millivolt og to eller flere standardopløsninger måles. Der omrøres med magnetomrører. Alle opløsninger måles ved samme temperatur. Resultaterne afsættes på semilogaritmisk papir med nitratkoncentrationen som abscisse og millivolt som ordinat. Ved at forbinde punkterne med en ret linie tegnes en standardkurve.

E. Analysens udførelse

20 ml tørret, sigtet og blandet jord overføres til en **1/4 liter** flaske. Der tilsættes **180 ml** vand + **20 ml** eddikesyreopløsning (reagens I) og flasken roteres **1 time** i rysteapparat. Efter henstand til bundfældning filtreres gennem et nitratfrit, hårdt filter.

Filtratets nitratindhold måles som beskrevet under punkt C eller D, idet apparatets visning jævnligt, og mindst for hver **10** målinger, kontrolleres ved måling af standardopløsningerne.

F. Beregning

Anvendes et specifikt ionmeter, der kalibreres som foran beskrevet, fås jordekstraktens nitratindhold i mg NO₃⁻/l ved at dividere aflæsningen på øverste skala med **2**. Anvendes pH-meter med millivoltskala findes jordekstraktens nitratindhold i mg NO₃⁻/l ved hjælp af standardkurven og den ved måling af jordekstrakten aflæste spænding.

Med rumfangsforholdet jord:væske = **1:10** er jordens nitratindhold i mg NO₃⁻ pr. **100 ml** jord lig med ekstraktens nitratindhold i mg NO₃⁻/l.

Resultatet angives som nitratværdien, Nv, og uden decimaler. Ved multiplikation af den således opnåede nitratværdi med **2,25** fås et skøn over nitrat-tallet, der angiver mg NO₃⁻-N pr. kg jord. **1 Nv**-enhed modsvarer ca. **20 kg NO₃⁻** (ca. **4,5 kg NO₃⁻-N**) pr. ha, eller ca. **0,20 kg NO₃⁻** (ca. **45 g NO₃⁻-N**) pr. **100 m²** i pløjelagets dybde (**20 cm**) på almindelig agerjord.

Angående kontrol af nitratelektrode, referenselektrode og ionmeter henvises til instruktionsbøgerne.

Litteratur

Jensen, Jens: Bestemmelse af nitrat i jordekstrakter med en nitratspecifik elektrode. - Tidsskrift for Planteavl, bd 74, 1970, s. 145-50.

KULTURKONTROLMETODE 5A

NITRATVÆRDI, KOLORIMETRISK

Jorden ekstraheres med fortyndet eddikesyre. I ekstrakten bestemmes nitrat kolorimetrisk ved hjælp af difenylamin-svovlsyre på en hvid porcelænsplade.

A. Reagenser

1) Eddikesyreopløsning

12,5 ml iseddike, CH_3COOH , fortyndes i vand ad 1 liter.

2) Difenylaminopløsning

1,00 g difenylamin, $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$, opløses i 500 ml koncentreret svovlsyre. Opløsningen må være helt klar. Fremkommer blåfarvning, må reagentet kasseres. Opbevares i mørke flaske.

3) Stamopløsning

1,6304 g kaliumnitrat, KNO_3 , opløses i vand ad 1 liter tilsat 1 ml chloroform eller toluen. Denne opløsning indeholder 1000 mg nitrat/liter.

B. Fremstilling af standardopløsninger

Af stamopløsningen (reagens 3) fremstilles standardopløsninger efter nedenstående skema ved anvendelse af 500 ml målekolber.

Nr.	ml 3.	ml H_2O	mg NO_3^-/l	Nv
1	0	500	0	0
2	5	495	10	10
3	10	490	20	20
4	15	485	30	30
5	20	480	40	40
6	25	475	50	50
7	30	470	60	60

Standardopløsningerne opbevares i mørke i $\frac{1}{2}$ liter flasker. En del af disse opløsninger overføres til pipetteflasker, der først skylles med lidt af vedkommende standardopløsning.

Denne del anvendes til daglig brug, men må udskiftes ca. 2 gange om måneden med ny opløsning fra standardflaskerne.

Fremkommer der uklarhed i standardopløsningerne, må de kasseres og hele rækken nyfremstilles.

C. Fremstilling af jordekstrakt

20 ml tørret, sigtet og blandet jord overføres til en ¼ liter flaske. Der tilsættes 180 ml vand + 20 ml eddikesyreopløsning (reagens 1) og flasken roteres 1 time i et rysteapparat. Efter henstand til bundfældning filtreres gennem et nitratfrit, hård filter.

D. Målingen udføres

I fordybningerne på en porcelænsplade ("spotplate") anbringes 1 dråbe af hver standard fra pipetteflaskerne. På andre porcelænsplader anbringer man ligeledes - med dråbepipette, der skylles omhyggeligt efter hver udtagning - 1 dråbe filtrat fra hver prøve. I alle fordybninger dryppes 4 dråber difenylaminopløsning (reagens 2) fra dråbeflasken. Derefter omrøres med en absolut ren spatel eller glasstang, som skylles og aftørres i rent filtrerpapir for hver omrøring. Der tildryppes endnu 4 dråber difenylaminopløsning (reagens 2) og omrøres godt.

Efter et par minutter sammenlignes den fremkomne blå farve i prøvefiltraterne med farven i standarderne, og ud fra dette vurderes prøvernes nitratindhold (nitratværdien).

Da den blå farve ikke er stabil i længere tid, bør der arbejdes med højst 3 porcelænsplader (24 prøver + standarder). Derved er det muligt at aflæse resultaterne inden for den stabile periode.

Alle farvereaktioner skal sammenlignes med samtidigt fremstillede standardfarver.

Er farven i prøve-filtraterne stærkere blå end i stærkeste standard, må filtratet fortyndes passende og målingen gentages. Resultatet multipliceres da med fortyndingsfaktoren.

E. Beregning

Nitratværdien (Nv) angiver milligram nitrat pr. 100 ml jord. I praksis opgives nitratværdien bestemt efter denne metode med nøjagtigheden 0, 5, 10, 15 o.s.v. Ved multiplikation af den således opnåede nitratværdi med 2,25 fås et skøn for nitrattallet, der angiver mg NO_3^- -N pr. kg jord.

I Nv-enhed modsvares ca. 20 kg NO_3 (ca. 4,5 kg NO_3^- -N) pr. ha, eller ca. 0,20 kg NO_3 (ca. 45 g NO_3^- -N) pr. 100 m² i pløjelagets dybde (20 cm) på almindelig jord.

KULTURKONTROLMETODE 6

MAGNESIUMVÆRDI

Jordens ombyttelige magnesiumioner frigøres ved ekstraktion med ammoniumacetatopløsning. Ekstraktens magnesiumindhold bestemmes ved atomabsorptionsspektrofotometri.

A.Reagenser

1) Ammoniumacetatopløsning, 1 M

77 g $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ opløses i vand ad 1 liter
Opløsningens pH skal være mellem 6,5 og 7,3

2) Ammoniumacetatopløsning, 0,5 M

1 liter 1 molær ammoniumacetatopløsning (reagens 1) fortyndes med vand ad 2 liter.

3) Lanthanchloridopløsning

6,0 g $\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ opløses i vand ad 1 liter

4) Standardopløsninger

a) Stamopløsning

0,507 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ opløses i 0,5 molær ammoniumacetat (reagens 2) ad 1 liter. Denne opløsning indeholder 50 ppm Mg.

b) Standardopløsninger

Af Stamopløsningen afpipetteres portioner à 10, 20, 30 og 40 ml, som overføres til hver sin 100 ml målekolbe og fortyndes med ammoniumacetatopløsningen (reagens 2) til mærket. Opløsningerne indeholder 5, 10, 15 og 20 ppm Mg.

Af hver af disse 4 opløsninger afpipetteres 10 ml, som overføres til hver sin 100 ml målekolbe. Til en femte 100 ml målekolbe overføres 10 ml ammoniumacetatopløsning (reagens 2). De 5 målekolber fyldes op til mærket med lanthanchloridopløsningen (reagens 3).

De derved fremkomne 5 standardopløsninger indeholder 0, 0,5, 1,0, 1,5 og 2,0 ppm Mg.

B. Specielt apparatur

Et atomabsorptionsspektrofotometer.

C. Standardkurve

Standardopløsningerne forstøves ved hjælp af en luftacetylenflamme i et atomabsorptionsspektrofotometer, hvor det indeholdte magnesiums absorptionsevne bestemmes ved 285 nm.

D. Analysens udførelse

a) Fremstilling af jordekstrakt

10 ml tørret, sigtet og blandet jord overføres i en 1/4 l flaske. Der tilsættes 100 ml ammoniumacetatopløsning (reagens 2). I stedet for reagens 2 kan en 0,5 ammoniumacetatopløsning, som tillige er 0,003 molær m.h.t. lithiumchlorid, benyttes; (se metode 15, reagens 3). Kolben anbringes i rysteapparat, hvor den roteres i en 1/2 time. Efter henstand natten over filtreres der gennem et tæt, magnesiumfrit filter.

b) Måling af ekstraktens magnesiumindhold

5 ml filtrat overføres til en 50 ml målekolbe. Der fyldes op til mærket med lanthanchloridopløsning (reagens 3) og blandes, hvorpå opløsningens absorptionsevne måles som angivet for standardopløsningerne. Ved hjælp af den målte absorption og standardkurven aflæses opløsningens magnesiumindhold i ppm.

E. Beregning

Jordprøvens magnesiumværdi, Mg_v, der angiver mg ombytteligt Mg/100 ml jord, beregnes ved at multiplicere det aflæste magnesiumindhold i ppm med 10.

En enhed af magnesiumværdien svarer til ca. 20 kg ombytteligt Mg pr. ha, eller ca. 0,20 kg Mg pr. 100 m² i pløjelagets dybde (20 cm) på almindelig jord.

Litteratur

Henriksen, Aage: Sammenlignende kompleksometriske og atomabsorptiometriske magnesiumbestemmelser i jord. - Tidsskrift for Planteavl, bd. 69, 1965, s. 328-333.

Jensen, Jens: Bestemmelse af ombytteligt Ca og Mg. Beretning nr. s. 1675 fra Statens Planteavlsforsøg s. 1-18, 1983.

Metoden er godkendt af Plantedirektoratet og afløser den hidtil anvendte metode fra 1 juni 1993.

KULTURKONTROLMETODE 7

BORVÆRDI

Jorden ekstraheres med en eddikesyre-acetatstødpudeopløsning. I ekstrakten bestemmes bor spektrofotometrisk som azomethinforbindelsen.

A.Reagenser

1)Eddikesyre-acetatstødpudeopløsning (Morgans opløsning).

100 g natriumacetat, CH_3COONa , opløses i vand i en literkolbe. Der tilsættes 30 ml iseddikesyre, CH_3COON , og vand ad 1 liter. Opløsningens pH skal være 4,8.

2)Stødpudeopløsning

47,6 g ammoniumacetat, $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, 1,90 g Triplex ($\text{EDTA}, 2\text{Na}$) samt 4,76 g ethylen-dinitrilo-tetraeddikesyre-tetranatrium opløses i 76 ml vand og tilsættes 24 ml iseddikesyre.

3)Azomethinreagens

0,9 g azomethin H ($\text{C}_{17}\text{H}_{12}\text{NNaO}_8\text{S}_2$) samt 2,0 g ascorbinsyre opløses i 100 ml vand. Opløsningen er ikke særlig holdbar og skal helst fremstilles til hvert hold analyser. Ved opbevaring i køleskab er opløsningen dog holdbar i op til 1 uge.

4)Aktivt kul

5)Stamopløsninger

a)Stamopløsning I

0,2858 g borsyre (H_3BO_3) opløses i vand ad 500 ml. Opløsningen opbevares i polyethylenflaske og indeholder 100 μg B pr. ml.

b)Stamopløsning II

20 ml af stamopløsning I fortyndes med Morgans opløsning (reagens 1) ad 1 liter. Opløsningen opbevares i polyethylenflaske og indeholder 2 μg B pr. ml.

B.Specielt apparatur

Et spektrofotometer.

C.Standardkurve

0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 og 2,5 ml af stamopløsning II + Morgans opløsning (reagens 1) til 2,5 ml overføres til 25 ml polyethylenflasker med prop. Standardopløsningerne indeholder 0, 1,0, 2,0, 3,0, 4,0 og 5,0 µg B pr. 2,5 ml. Der tilsættes 2,5 ml stødpudeopløsning (reagens 2). Efter blanding tilsættes 2,5 ml azomethinregens (reagens 3). Der omrystes og farvestyrken måles ved 430 nm efter nøjagtig 1 times henstand.

Idet opløsningernes borindhold, angivet som standardopløsningernes borindhold i µg B pr. 2,5 ml, afsættes som abscisse og fotometeraflæsningerne som ordinat tegnes en standardkurve, der angiver sammenhængen mellem fotometerudslag og borindhold

D.Analysens udførelse

50 ml af den tørrede, sigtede og blandede jord overføres til ¼ liter polyethylenflaske, tilsættes 50 ml Morgans opløsning (reagens 1) og roteres 1 time i et rysteapparat. Efter henstand til bundfældning filtreres gennem et foldefilter med 2 g aktivt kul (reagens 4) over i en polyethylenflaske.

Af filtratet overføres 2,5 ml, nøjagtigt afmålt, til en 25 ml polyethylenflaske med prop, hvorefter man går frem som beskrevet under punkt C.

E.Beregning

Ud fra fotometeraflæsningen findes analyseprøvens borindhold ved hjælp af standardkurven.

Analyseresultatet angives som borværdien, Bv. Når de ovenfor angivne jord- og væskemængder benyttes fås Bv ved at multiplicere det på standardkurven aflæste borindhold med 0,4.

1 enhed af borværdien modsvarer 1 mg B pr. liter jord.

Litteratur

Nielsen, J. Dissing: Jordanalyser for bor. Tidskrift for Planteavl bd. 92, 1988, s. 141-143.