

METODER FOR JORDANALYSER

av

TORE KROGSTAD

Rapport nr. 6/92

**INSTITUTT FOR JORDFAG
Ås-NLH**

ISSN 0803 - 1304

Institutt for Jordfag

Postboks 28, N-1432 Ås-NLH
Telefon: (09) 94 75 00 - Agriuniv. Ås
Telefax.: (09) 94 82 11

Rapport nr.:
6/92
Begrenset distribusjon:
Fri

Rapportens tittel: METODER FOR JORDANALYSER.	Dato: 26.11.1992
	Prosjekt nummer: -
Forfaller(e): Førsteamanuensis Tore Krogstad	Faggruppe: Jordbunnslore
	Geografisk område:
	Antall sider (inkl. bilag): 32

Oppdragsgiver: Det Kongelige Landbruksdepartement	Oppdrag. rel.:
--	----------------

Ekstrakt:

Manualen beskriver metodene tørking og sikting av jord, volumvekt, tørrstoff og glødetap, pH, AL-metoden for bestemmelse av lettløselig P, K, Mg og Ca, syreløselig K og plantetilgjengelig Cu. Manualen er i første rekke utarbeidet til bruk for laboratorier som analyserer jord i forbindelse med gjødslingsplanlegging i det praktiske landbruket.

4 emneord, norsk

1. Laboratoriemanual
2. Jordanalyser
3. AL-ekstraksjon
4. Plantetilgjengelighet

4 emneord, engelske

1. Laboratory manual
2. Soil analysis
3. AL extraction
4. Plant availability

Prosjektleder

Tore Krogstad

Tore Krogstad
Førsteamanuensis

For administrasjonen

Ingvar Lyngstad

Ingvar Lyngstad
Instituttstyrer

ISSN-

0803 - 1304

INNHOOLD

	INNLEDNING	s. 3
1.	TØRKING OG SIKTING AV JORD	s. 4
	1.1 Tørrking	s. 4
	1.2 Sikting	s. 5
2.	VOLUMVEKT	s. 6
3.	TØRRSTOFF OG GLØDETAP	s. 10
4.	pH	s. 12
5.	AL-METODEN FOR BESTEMMELSE AV LETTLØSELIG FOSFOR, KALIUM, MAGNESIUM OG KALSIUM	s. 15
	5.1 Ekstraksjon etter AL-metoden	s. 15
	5.2 Lettløselig fosfor (P_{AL})	s. 17
	5.3 Lettløselig kalium (K_{AL})	s. 19
	5.4 Lettløselig magnesium (Mg_{AL}) og kalsium (Ca_{AL})	s. 22
6.	SYRELØSELIG KALIUM ($K-HNO_3$)	s. 26
7.	PLANTETILGJENGELIG KOPPER	s. 29
8.	NOEN AKTUELLE BØKER I FORBINDELSE MED JORDANALYSERING	s. 32

INNLEDNING

I agronomisk sammenheng er hensikten med jordanalyser først og fremst å gi oss opplysninger om jordas behov for gjødsling og kalking, om det er for lite eller om det er overflod av enkelte stoffer. I tillegg kan kjemiske jordanalyser gi nyttig informasjon når jord skal vurderes f.eks. med hensyn til forurensningsfare.

Å utvikle analysemetoder som skal gjenspeile mengden tilgjengelige plantenæringsstoffer i jorda er som oftest en langvarig prosess. Etter at en analysemetode er blitt testet ved hjelp av laboratorieeksperimenter og veksthusforsøk, blir den kalibrert med et stort antall markforsøk hvor ulike vekstfaktorer varierer. De analysemetodene som brukes i Norge i dag er forholdsvis gamle og AL-metoden for måling av plantetilgjengelig P, K, Mg og Ca har vært i bruk siden 1960.

Testing av jord ved hjelp av jordanalyser omfatter en rekke trinn: prøveuttak på jordet, forbehandling, analysering og til slutt beregning av behovet for gjødsling og kalking. Det finnes i dag flere EBD-baserte gjødslingsplanprogrammer som gjør det lett bl.a. å behandle jordanalysedata i gjødslingssammenheng.

De siste årene har det vært tatt ut ca. 70.000 jordprøver fra dyrka jord pr. år. Prøvene har blitt analysert på laboratorier fordelt over det meste av landet. Det har vist seg å være ulik praksis laboratoriene i mellom med hensyn til hvordan analysemetodene utføres noe som i hovedsak skyldes mangel på nedskrevne prosedyrer. Denne metodemanualen for jordanalyser beskriver de vanligste analysene som brukes i forbindelse med gjødslingsplanlegging. Metodene er i samsvar med eller tilpasset de opprinnelige analysemetodene som beskriver plantetilgjengelig næringsstoffer. Inndelingen og vurderingen av analysetall som veiledningstjenesten og gårdbrukerne bruker forutsetter at disse metodene brukes.

Analyseringen foregår i mange trinn på laboratoriet. Det er først og fremst forbehandlingen og ekstraksjonsprosedyrene som er kritiske for hvilke analyseresultat man får. Det er derfor viktig at disse trinnene i analyseringen er standardiserte. Hvordan laboratoriet måler innholdet av elementene i ekstraktet må i stor utstrekning tilpasses instrumentparken laboratoriet disponerer, men selvfølgelig slik at riktig form og mengde av elementet måles. I denne manualen er derfor prosedyrene for måling av de ulike elementene (P, K, Mg, Ca og Cu) ment å være et eksempel på hvordan det kan gjøres. Det må her påpekes at det finnes Norsk standard for måling av disse elementene i løsning.

Standardiserte metoder og høye krav til kvalitetskontroll er nødvendige krav for å sikre god analysekvalitet.

1. TØR KING OG SIKTING AV JORD

Jordprøver som laboratoriene mottar for analysering bør være pakket i halv liters pappesker både for å lette arbeidet på laboratoriet og for at tørkingen av prøvene skal gå raskere. For å sikre nok jord til analyseringen bør eskene være fylt mest mulig uansett jordart.

Jordprøvene må tørkes hurtigst mulig når de kommer til laboratoriet. Dette har flere fordeler. Operasjoner som sikting og veiing er lettere med tørr enn med fuktig eller rå jord. Mikrobielle prosesser reduseres eller tar slutt i den tørre jorda på grunn av mangel på vann.

1.1 Tørking.

Tørkingen utføres på en av følgende måter:

1. Jorda legges i et tynt sjikt på gråpapir på et Brett og tørkes ved romtemperatur eller i tørkeskap ved 35-40° C.
2. Pappeskene med jord åpnes og settes i varmeskap til tørking ved 35-40° C. Man må her sørge for å ha god luftsirkulering i skapet og eskene bør stå med noen millimeters avstand fra hverandre slik at tørkingen skjer raskest mulig.

Tørketiden varierer fra 1 døgn for moldfattig jord til en uke for organisk jord. Innholdet av fuktighet i lufttørr jord varierer fra 1-2 % for moldfattig jord til 8-9 % for myrjord.

Merknader:

- Den mest skånsomme tørkingen er ved romtemperatur med god luftsirkulering. Tørketemperaturen må ikke overskride 40° C da det kan influere på analyseresultatene. Selv ved 35-40° C skjer det en markert økning i innholdet av lettoppløselig mangan, og det kan også skje merkbare forandringer for nitrat og ammonium. Dersom disse elementene skal bestemmes bør jordprøvene holdes nedfroset fra uttak til analysering.

1.2 Sikting.

Alle analyser som utføres på jord for det praktiske landbruk analyseres på fraksjonen < 2 mm, dvs. fraksjonene leire, silt og sand.

Fremgangsmåte.

Den tørre jorda siktes gjennom en stålsikt med 2 mm åpninger ved hjelp av en porselenpistill. Den siktede jorda has tilbake i pappeskene og lagres tørt. Sikten, pistillen og oppsamlingsskålen rengjøres godt mellom hver prøve. Dette gjøres lettes med trykkluft under et støvavsug.

Det finnes også ulike siktemaskiner som sikter prøvene maskinelt. Dersom slike maskiner brukes må man spesielt påse at:

- de ikke er så kraftig at de knuser prøvene til mindre fraksjoner.
- maskinen blir skikkelig rengjort mellom hver prøve.
- støvavsug koblet til maskinen ikke er så kraftig at leirpartikler suges av prøven i slike mengder at det påvirker analyseresultatene.

Merknader:

- Når man trykker jord gjennom sikten vil partikler og klumper som allerede er < 2 mm lett passere, mens større klumper av f.eks. leire og silt må oppdeles før de passerer gjennom sikten. For at den siktede prøven skal representere fraksjonen < 2 mm er det derfor viktig at siktingen pågår helt til tilnærmet all leire, silt og sand har passert gjennom sikten.
- Dersom man ønsker et mål på innholdet av fraksjonen > 2 mm vil dette være differensen i vekt mellom jordprøve før og etter sikting. Det må imidlertid presiseres at i forbindelse med gjødslingsplanlegging er det alltid analyseresultatene fra fraksjonen < 2 mm som brukes uansett jordart og uten korrigeringsfaktor for innhold av grus og stein i jorda.

2. VOLUMVEKT

De fleste jordanalyseresultater oppgis på vektbasis. Plantene utbrer imidlertid sine røtter i et volum jord. I forbindelse med gjødslingsanbefalinger ut fra jordanalysedata er det viktig å kunne angi næringsinnholdet i dette jordvolumet. Dersom man kjenner jordas volumvekt kan man regne om næringsinnholdet fra vekt- til volumbasis.

Prinsippet med bestemmelsen er at det er god sammenheng mellom vekten av et gitt volum tørr og siktet jord < 2mm og jordas volumvekt ved naturlig lagring. Volumvekten kan beregnes ved hjelp av rettlinjert regresjon.

Nødvendig utstyr.

Ståløse, volum 5 ml

Trelinjal

Vekt, nøyaktighet ± 0.01 g

Fremgangsmåte.

Bland jorda godt i eska ved å røre rundt med ståløsa. Fyll deretter øsa forsiktig med jord fra topplaget uten å presse mot veggene i eska. Skrap av toppen av øsa med en trelinjal slik at volumet av jord er 5 ml. Vei øsa med jord på en vekt som på forhånd er tarert mot øsa. Vekta av jorda noteres.

Beregning.

$$V_{\text{LAB}} \text{ (kg/l)} = m/5$$

hvor m = vekt av 5 ml jord (g)

Sammenhengen mellom volumvekt i laboratoriet (V_{LAB}) og volumvekt ved naturlig lagring (VOL) er avhengig av jordart. For å kunne bestemme volumvekten ved naturlig lagring må derfor jordarten være kjent. Beregning av volumvekt (kg/l) kan enten tas ut fra figur 2.1 og 2.2 eller beregnes ut fra følgende sammenhenger dersom V_{LAB} først er beregnet (Semb 1985, modifisert av Øien (upubl.)):

Leire. $VOL_{\text{LEIRE}} = 1.882 \cdot V_{\text{LAB}} - 0.455$

Silt. $VOL_{\text{SILT}} = 1.230 \cdot V_{\text{LAB}} - 0.004$

Sand. $VOL_{\text{SAND}} = 0.919 \cdot V_{\text{LAB}} + 0.231$

Organisk jord. $VOL_{\text{ORG}} = 1.771 \cdot V_{\text{LAB}} - 0.397$

Dersom volumvekten ved naturlig lagring beregnes direkte ut fra vekten av 5 ml jord (m) brukes følgende formler:

Leire. $VOL_{LEIRE} = 0.376 \cdot m - 0.455$

Silt. $VOL_{SILT} = 0.246 \cdot m - 0.004$

Sand. $VOL_{SAND} = 0.184 \cdot m + 0.231$

Organisk jord. $VOL_{ORG} = 0.354 \cdot m - 0.397$

Resultater.

Volumvekten ved naturlig lagring oppgis i kg/liter med to desimaler.

Gyldighetsområdet for bestemmelse av volumvekt ved naturlig lagring etter denne metoden settes til:

Leire.	0.6 - 1.4 kg/liter
Silt.	0.4 - 1.4 "
Sand.	0.4 - 1.5 "
Organisk jord.	0.2 - 1.0 "

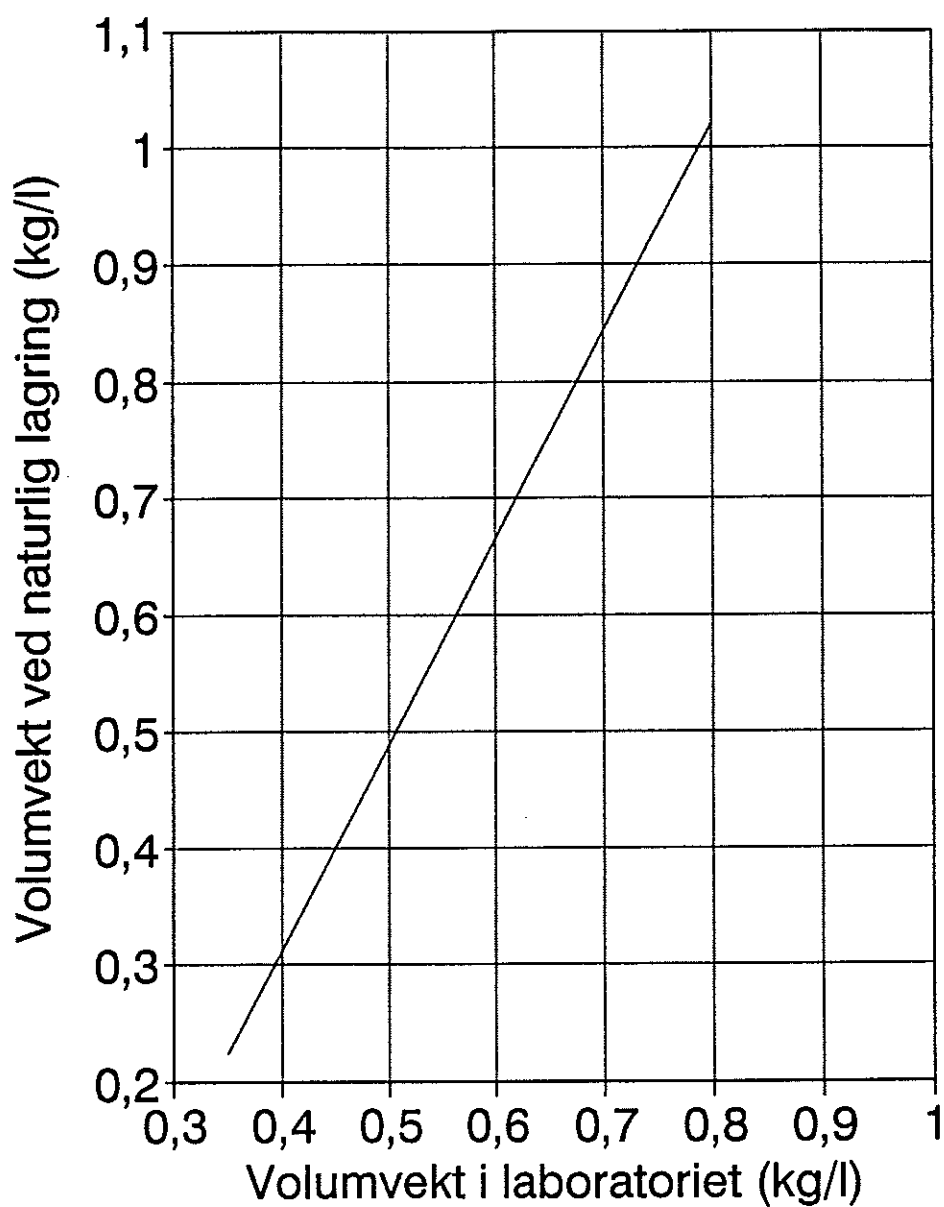
Merknader:

- Metoden som er beskrevet krever lite utstyr, er enkel å utføre og krever lite jord. Tidligere ble Bondorfs metode brukt for jord med volumvekt < 1.0. Denne metoden krever både spesiallagd utstyr og mye jord (minst 150 ml) for å kunne gjennomføres. For organisk jord gir Bondorfs metode samme resultat som metoden som er beskrevet.

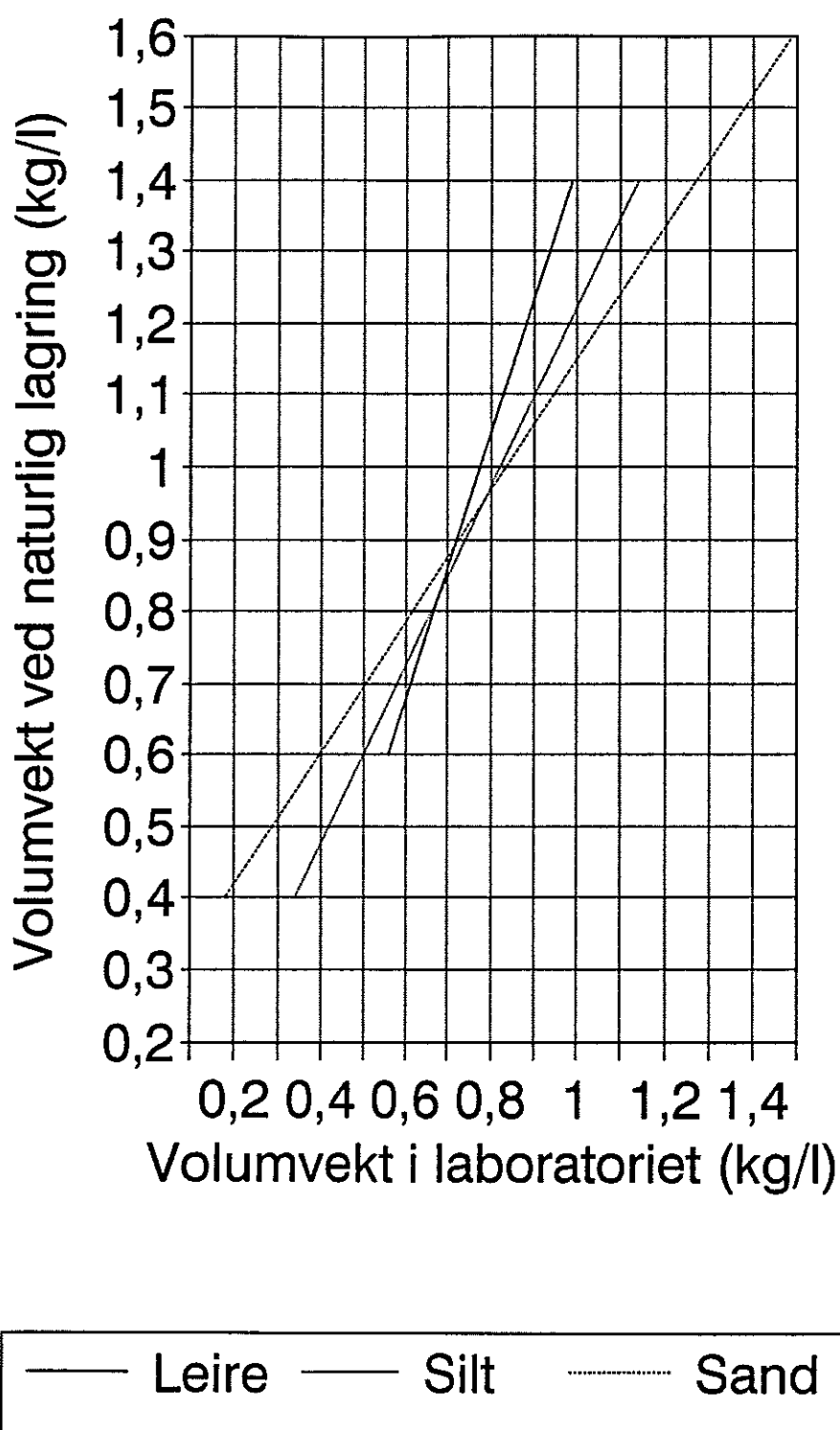
REFERANSER.

Bondorf, K. A., 1950. Om bestemmelse av jordens rumvægt. Tidsskr. Planteavl 53:450-560.

Semb, G., 1985. Analyser av jord med forskjellig volumvekt. Sammenligning av analysetall basert på vektmengde og volum jord. Jord og myr 2:69-80.



Figur 2.1 Volumvekt ved naturlig lagring som funksjon av volumvekt bestemt i laboratoriet for organisk jord.



Figur 2.2 Volumvekt ved naturlig lagring som funksjon av volumvekt bestemt i laboratoriet for sand, silt og leire.

3. TØRRSTOFF OG GLØDETAP

Dersom fuktig jord analyseres må tørrstoffinnholdet i prøven bestemmes for at resultatet skal kunne angis på mengde tørr prøve.

Glødetap bestemmes i prosent av tørrstoffinnholdet og kan ved korrigerings for leirinnhold gi et mål på moldinnhold i jorda.

Nødvendig utstyr.

Digel, porselen ca. 20 ml

Eksikkator med tørremiddel, f.eks. silikagel

Tørkeskap

Glødeovn

Vekt, nøyaktighet ± 0.001 g

Fremgangsmåte.

3 til 5 g jord veies inn i en tarert digel og tørkes i tørkeskap minst 6 timer ved $105 \pm 5^\circ$ C. Digelen med prøve avkjøles i eksikkator i 30 minutter og veies. Prosent tørrstoff kan nå beregnes.

For bestemmelse av glødetap settes digelen med den tørkede jorda i glødeovn og glødes minst 3 timer ved $550 \pm 25^\circ$ C. Digelen med prøve avkjøles i eksikkator i 30 minutter og veies.

Beregning.

$$\%Tørrstoff = \frac{m_3 - m_1}{m_2} \times 100$$

$$\%Glødetap = \frac{m_3 - m_4}{m_3 - m_1} \times 100$$

hvor m_1 = vekt av digel
 m_2 = vekt av jordprøve før tørking
 m_3 = vekt av digel og jordprøve etter tørking
 m_4 = vekt av digel og jordprøve etter gløding

Resultater.

Tørrstoff og glødetap oppgis i % med en desimal.

For organisk jord gir glødetapet et godt mål på innholdet av organisk materiale. For mineraljord må glødetapet imidlertid korrigeres for leirinnholdet. Leire inneholder kjemisk bundet vann som først fjernes ved temperaturer høyere enn 150° C. Moldinnholdet (%) i mineraljord er glødetapet (%) minus et korreksjonstall gitt i følgende tabell:

Jordart	Leirinnhold	Korreksjonstall
Sand og silt	5- 9 %	1
Lettleire	10-24 %	2
Mellomleire	25-39 %	2,5
Stiv leire	40-59 %	3,5
Meget stiv leire	> 59 %	4,5

Korreksjonstallene er gjennomsnittsverdier innen hver jordartsklasse. For leirjord med lavt innhold av organisk materiale gir derfor denne metoden relativt grove estimat for moldinnhold. Men i forbindelse med gjødslingsplanlegging der man deler inn jorda i forholdsvis vide klasser for organisk materiale er metoden oftest nøyaktig nok.

Merknader:

- Nye porselensdigler og digler som er vaska inneholder vann og må glødes 3 timer ved $550 \pm 25^{\circ}$ C før bruk. Digler som har vært brukt til gløding av jord kan rengjøres ved børsting eller støvsuging og er da klar til bruk på nytt. Diglene må oppbevares tildekket på et sted med lav luftfuktighet helst i eksikkator inntil de skal brukes neste gang.
- Porselendigler som skal glødes må enten merkes med blyant under bunnen eller med nummer som males på med maling som tåler høy temperatur. Tusjmerking forsvinner under glødingen og må ikke brukes.
- Dersom man har jord med høyt innhold av organisk materiale må enten diglene settes inn i kald ovn og så gradvis varmes opp til 550° C eller man må bruke lokk på diglene for å hindre at noe spruter ut av diglene under forbrenningsprosessen.
- Det er meget viktig at begrepene glødetap og moldinnhold ikke forveksles. For å unngå misforståelser bør laboratoriet når det oversender sine resultater til rekvirenten anføre på analysebeviset at glødetapet (%) ikke er korrigert for leirinnhold.

4. pH

pH påvirker direkte eller indirekte jordas biologiske, fysiske og kjemiske egenskaper. De forskjellige planteslag har gjerne en optimal pH, men som regel er 6-7 et gunstig pH-område i dyrka jord. pH har stor betydning for hvor lett de forskjellige næringsstoffene er tilgjengelig for plantene og er i dag den vanligste analysen på dyrka jord i Norge sammen med fosfor og kalium.

pH lar seg meget enkelt bestemme med elektrometriske målinger med glasselektrode. Man ryster jorda med vann eller saltoppløsninger og bestemmer pH direkte i jordsuspensjonen. Bruk av saltoppløsninger gir noe lavere pH-verdier enn vannekstrakter på grunn av en større fortregning av hydrogenioner adsorbent til kolloidpartiklene. Hydrogenionene som måles kan komme fra dissosierte organiske syrer eller være løste hydrogenioner som står i likevekt med jordkolloidene i jordvæska.

I forbindelse med gjødslings- og kalkingsplanlegging brukes i Norge destillert vann som ekstraksjonsmiddel og med et jord til væskeforhold på 0.4 på volumbasis.

Nødvendig utstyr.

Sylindrisk hulmål, volum 10 ml

Målebeger, glass eller plast med lokk, volum ca. 50 ml

pH-meter med glasselektrode og kalomelektrode, eventuelt kombinert elektrode.

Bufferløsninger.

Bufferløsninger med pH 4.00, 7.00 og 9.00 kan kjøpes eller lages ut fra kjøpte ampuller.

Bufferløsninger kan også lages på følgende måte:

pH 4.00, 20° C.

0.05 M Kaliumhydrogenphtalatløsning.

Løs 10.21 g $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ i 1000 ml CO_2 -fritt destillert vann.

Holdbar i 2 måneder ved romtemperatur.

pH 6.88, 20° C.

0.025 M med hensyn på KH_2PO_4 og Na_2HPO_4 .

Løs 3.402 g KH_2PO_4 og 4.450 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ i 1000 ml CO_2 -fritt destillert vann.

Holdbar i 6 uker ved romtemperatur.

pH 9.22, 20° C.

Løs 3.814 g $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ i 1000 ml CO_2 -fritt destillert vann.

Holdbar i 4 uker ved romtemperatur.

Bufferløsningene må oppbevares på lufttette flasker på grunn av CO₂-innholdet i lufta.

Fremgangsmåte.

Overfør 10 ml jord til et målebeger ved hjelp av et sylindrisk hulmål. Tilsett 25 ml destillert vann, sett på lokk og rist for hånd til jorda har blandet seg med vannet. Etter henstand til neste dag ristes prøvene opp på nytt. pH måles når prøvene har stått minst 15 minutter og en del av jorda har sedimentert.

pH-meteret kalibreres med 2 buffere, vanligvis pH 4.00 og pH 7.00 (6.88). Dersom jordprøven har pH høyere enn 7 kalibreres pH-meteret mot buffer 9.00 (9.22) istedet for pH 4.00. Elektroden plasseres i suspensjonen slik at glasskula og saltbroen kommer over bunnfallet. pH avleses når instrumentet viser stabil pH.

Resultater.

pH oppgis med en desimal.

Merknader:

- Dersom kombinert glasselektrode brukes må man påse at saltbroen ikke tettes, noe som gir feil pH. Spyl godt av elektroden mellom hver måling og skrap av og til av belegg som legger seg over saltbroen. Spesielt ved måling av jord med mye organisk materiale kan en organisk hinne legge seg på elektroden.
- Plasseringen av elektrodene i jordsuspensjonen er meget viktig for måleresultatet. Dersom kalomelelektroden eller saltbroen på en kombinert elektrode plasseres nede i bunnfallet i måleglasset vil pH bli målt lavere enn om elektrodene var plassert i løsningen over bunnfallet. Dette kalles suspensjonseffekten. De negative jordkolloidene i bunnfallet forårsaker at K⁺-ionene diffunderer raskere ut av saltbroen enn Cl⁻-ionene. Det oppstår en potensialforskjell som påvirker pH-målingene. Plasseringen av glasselektroden har mindre betydning, men for å få minst mulig slitasje på glasskula bør begge elektrodene plasseres i væska over bunnfallet.
- Det kan være store forskjeller mellom ulike jordprøver med hensyn til hvor raskt pH stabiliserer seg ved måling. Det er derfor umulig å angi en fast tid for hvor lenge elektrodene skal stå i suspensjonen før resultatet avleses. For organisk jord innstiller pH seg seinere enn for sandjord.

REFERANSER

- Borggaard, O.K., J.P. Møberg & L. Petersen, 1982. Øvelsesvejledning til geologi og jordbundslære 1.
2. udgave. DRS FORLAG. Den kongelige Veterinær- og Landbohøjskole, København.
- Mc Lean, E.O., 1982. Soil pH and Lime Requirement.
I: A.L. Page et al. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. Agronomy no. 9, Madison, Wisconsin, USA: 199-224.

5. AL-METODEN FOR BESTEMMELSE AV LETTLØSELIG FOSFOR, KALIUM, MAGNESIUM OG KALSIUM

Med lettløselige næringsstoffer menes de mengdene som plantene kan ta opp fra jorda over kort tid, f.eks. gjennom en vekstsesong. Mange ekstraksjonsmetoder har vært utarbeid og er i bruk rundt om i verden. Betingelsen for at de kan brukes, er at analyseresultatene reflekterer variasjoner i avlinger og næringsopptak, og at de gir god informasjon om mengden av det tilgjengelige plantenæringsstoff.

Før en ekstraksjonsmetode kan tas i bruk, må den testes i markforsøk. Man får som regel de beste korrelasjoner når ekstraksjonsmidler som ekstraherer bare en liten del av totalinnholdet brukes, f.eks. saltoppløsninger, bufferoppløsninger, svake eller fortynnete syrer og kompleksaltoppløsninger.

I Norge har man siden 1960 brukt Egnér's AL-metode (Egnér et al. 1960). Ekstraksjonsløsningen er en blanding av ammoniumlaktat (0,1 mol/l) og eddiksyre (0,4 mol/l) og har pH på 3,75. Denne anvendes også i Sverige, Island og delvis i Tyskland og Nederland.

5.1 EKSTRAKSJON ETTER AL-METODEN.

Nødvendig utstyr.

Ekstraksjonsflaske, type DURAN 100 ml med skrukork
 Foldefilter, 125 mm type Schleicher & Schuell, 602 eh
 Plasttrakt
 Begerglass, 100 ml
 Glassflaske, type DURAN 50 ml med skrukork
 Vekt, nøyaktighet ± 0.01 g
 Ristemaskin, frem- og tilbakeristing

Ekstraksjonsløsning.

5.1A Hydrolysering av melkesyre.

1 volumdel melkesyre og 2 volumdeler destillert vann blandes og settes i varmeskap ved 95° C i 2 døgn. Etter avkjøling bestemmes konsentrasjonen ved titrering med 0.5 M NaOH med bruk av fenolftalin som indikator. NaOH lages ut fra kjøpte ampuller.

5.1B Konsentrert AL-løsning.

10 mol hydrolysert melkesyre og 40 mol eddiksyre blandes og fortynnes med 2 l

destillert vann. 10 mol ammoniakk tilsettes. Etter avkjøling fortynnes løsningen til 10 l.

5.1C AL-løsning (ekstraksjonsløsningen).

Den konsentrerte AL-løsningen fortynnes 10 ganger.

Fremgangsmåte.

4,00 g jord overføres til ekstraksjonsflasken. 80 ml AL-løsning tilsettes, korken skrues godt på og flasken ristes umiddelbart liggende på ristemaskin i ristingens lengderetning med en hastighet på 100 frem- og tilbakeristinger i minuttet i nøyaktig 90 minutter ved $20 \pm 1^\circ$ C.

Suspensjonen filteres umiddelbart etter risting gjennom foldefilter opp i 100 ml begerglass. Dersom analyseringen ikke blir utført samme dag som filtreringen lagres filtratet på glassflaske med skrukork ved $+4^\circ$ C.

Foldefilteret er på forhånd vasket ved å fylle trakten en gang med en fortynnet AL-løsning som fritt drenerer ut gjennom filteret. Vaskefiltratet må ikke samles opp i samme glasset som seinere blir bruk til filtrering av jordprøven.

Blindprøve med kun AL-løsning filtreres på samme måte som prøven.

Merknader:

- Dersom man har karbonatholdig jord, f.eks. jord tilsatt skjellsand vil det utvikle seg gass under ekstraksjonen. Det anbefales at det i slike tilfeller brukes ekstraksjonsflasker av plast med tilnærmet samme størrelse som ekstraksjonsflasken av glass.
- Ekstraksjonsprinsippet ved bruk av AL-løsningen er at NH_4^+ -ionene bytter ut kationer fra jordpartiklene, mens laktat kompleksbinder Fe og Al i løsningen noe som medfører økt desorpsjon at disse ionene fra jordpartiklene og fosfationer løses ut. Det har ikke innstilt seg kjemisk likevekt i jord - væskesystemet etter 90 minutters ekstraksjon. Det er derfor meget viktig at ekstraksjonstiden overholdes. Undersøkelser har vist at dersom ristetiden øker eller prøvene blir stående en stund før filtrering vil innholdet av ioner i filtratet øke. Økningen er størst for fosfor.

Analyserer man store serier med prøver må man påse at man filtrerer prøvene i samme rekkefølge som man tilsatte ekstraksjonsløsningen. På denne måten vil kontakttiden mellom jord og væske bli mest mulig lik for alle prøvene.

- Ristehastigheten under ekstraksjonen påvirker mengden ekstraherte ioner. Som for

ekstraksjonstiden er virkningen størst for fosfor og mengden ekstraherte ioner øker med økende hastighet. Ved bruk av ristemaskinen Bühler SM 25 har 100 frem- og tilbakeristing pr. minutt gitt tilnærmet samme resultat som den opprinnelige ristemethoden for AL-metoden i Norge med roterende risting av store serier med prøver. Ristemaskinen Bühler SM 25 har et risteutslag på 46 mm.

5.2 LETTLØSELIG FOSFOR (P_{AL}).

Analysemetoden er basert på å bestemme innholdet av ortofosfat i jordekstraktet fra pkt. 5.1. Men det er mulig at plantene også kan ta opp enkle organiske fosforforbindelser. Det meste av det lettoppløselige fosforet er imidlertid i form av ortofosfat.

Fosfatinnholdet i AL-ekstraktet bestemmes kolorimetrisk etter molybdenblåttmetoden. I sur oppløsning tilsettes ammoniummolybdat. Etter reduksjon med askorbinsyre blir oppløsningen blåfarget og konsentrasjonen beregnes ved å måle fargens intensitet.

Reagenser og standarder.

5.2A Molybdat-løsning.

3.65 g ammoniumheptamolybdat-tetrahydrat $((NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O)$ løses i ca. 200 ml destillert vann.

41 ml kons. H_2SO_4 tilsettes forsiktig til en 2000 ml målekolbe med ca. 1 l destillert vann. Ammoniummolybdatløsningen overføres kvantitativt til målekolben som etter avkjøling fylles opp til 2 l merket.

5.2B Reduksjonsløsning.

0.40 g kaliumantimon(III)oksidtartrat-hemihydrat $(K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 1/2H_2O)$ og 15.2 g askorbinsyre løses i 1000 ml destillert vann. Løsningen oppbevares mørkt og kjølig ($+4^\circ C$) og kan brukes så lenge den er fargeløs.

5.2C Standardløsninger.

Stamløsning på 250 mg PO_4 -P/l lages ut fra en kjøpt standard på 1000 mg PO_4 -P/l. Stamløsning på 250 mg PO_4 -P/l kan også lages ved å løse opp 1.0982 g tørket KH_2PO_4 og fortynne til 1000 ml i destillert vann.

Standarder i området 0 til 10 mg PO_4 -P/l lages i 100 ml målekolber ved å tilsette stamløsning og konsentrert AL-løsning i henhold til følgende tabell og fylle opp til målemerket med destillert vann:

PO ₄ -P, mg/l	0	1	2	5	7.5	10
Kons. AL-løsn, ml	10	10	10	10	10	10
Stamløsning, ml	0	0.4	0.8	2	3	4

Bestemmelse av fosfor.

4 ml jordekstrakt fra pkt. 5.1 overføres til et 50 ml plastbeger. 10 ml molybdat-løsning (5.2A) og 5 ml reduksjonsløsning (5.2B) tilsettes. Begeret beveges forsiktig rundt for at reagensene skal blandes med ekstraktet. Oppløsningen blir da mer eller mindre blåfarget avhengig av fosfatkonsentrasjonen. Standardene behandles på samme måte som jordekstraktet.

Etter at prøven har stått minst 15 minutter etter tilsetting av reagensene måles intensiteten av fargen ved hjelp av et spektrofotometer ved bølglengde 660 eller 700 nm. Absorbansen avleses både for prøve og for standardoppløsningene med kjente fosfatkonsentrasjoner. Dersom absorbansen er større enn høyeste standard fortynnes jordekstraktet med AL-løsning (5.1C) og nye reagenser tilsettes.

Dersom man avleser resultatene direkte i konsentrasjonsheter istedet for absorbans innstilles spektrofotometeret slik at avlest verdi er 2x konsentrasjonen av standardene. Avlest verdi minus verdi for blindprøve gir da fosforkonsentrasjonen direkte i mg P/100 g jord.

Beregning.

Ved måling av absorbans avsettes på et millimeterpapir konsentrasjonene i mg PO₄-P/l på absisiseaksen og absorbansverdiene på ordinataksen. Standardkurven blir tilnærmet lineær opp til 10 mg PO₄-P/l. På grunnlag av utslaget for prøveoppløsningen avleses fosforkonsentrasjonen på denne kurven. Fosforkonsentrasjonen i jordekstraktet blir avlest verdi for prøven minus fosforinnholdet i blindprøven.

Omregning fra X mg P/l jordekstrakt til mg P/100 g lufttørr jord gjøres ut fra følgende formel (4 g jord ekstraheres med 80 ml AL-løsning):

$$\text{mgP}/100\text{g} = \frac{X \times 80 \times 100}{1000 \times 4} = 2 \times X$$

Resultater.

Lettløselig fosfor måles i mg P/100 g lufttørr jord med en desimal.

For bruk i gjødslingsplanlegging betegnes lettløselig fosfor P_{AL} og oppgis som hele tall. For jord med volumvekt > 1 angis P_{AL} som mg P/100 g lufttørr jord, er volumvekten < 1 korrigeres resultatet for denne og P_{AL} oppgis som mg P/100 ml jord ved naturlig lagring.

For vurdering av fosforinnholdet i jord med hensyn på plantetilgjengelighet brukes følgende inndeling:

Klasse	1	2	3	4
	Lite	Middels	Stort	Meget stort
P_{AL}	0-2	3-6	7-15	> 15

Merknader:

- Spektrofotometre med gjennomstrømningskvyette med lengde 10 mm egner seg godt til rutinemåling av P i AL-ekstrakter. Målingene kan også skje ved bølgelengden 880 nm som er den mest følsomme bølgelengden for P, i stedet for ved bølgelengdene 660 eller 700 nm.
- Dersom andre analyseteknikker enn kolorimetri brukes for å måle fosfor må man være oppmerksom på at måleresultatene kan omfatte fosforforbindelser i tillegg til ortofosfat i jordekstraktet. Ved bruk av ICP vil det totale innhold av fosfor i ekstraktet måles. I dyrka jord vil dette alltid gi høyere verdier enn kolorimetrisk måling av ortofosfat. Forskjellen vil avhenge av innholdet av organiske fosforforbindelser i ekstraktet. Foreløpige undersøkelser har vist at forskjellen i gjennomsnitt er av størrelsesorden 10-20 %.

5.3 LETTLØSELIG KALIUM (K_{AL}).

Det totale innhold av kalium i jordekstraktet fra pkt. 5.1 bestemmes med atomabsorpsjon.

Reagenser og standarder.5.3A Konsentrert cesiumkloridoppløsning.

25.3 g CsCl p.a. løses i destillert vann, tilsettes 172 ml konsentrert (37%) HCl og fortynnes til 1 l med destillert vann. Oppløsningen inneholder 20.000 mg Cs/l og er 2 M med hensyn på HCl.

5.3B Fortynnet cesiumkloridoppløsning.

Oppløsning 5.3A fortynnes 10x med destillert vann. Oppløsningen inneholder 2000 mg Cs/l og er 0.2 M med hensyn på HCl.

5.3C Standardløsninger.

Stamløsning på 250 mg K/l lages ut fra en kjøpt standard på 1000 mg K/l.

Stamløsning på 250 mg K/l kan også lages ved å løse opp 0.4768 g tørket KCl og fortynne til 1000 ml i destillert vann.

Standarder i området 0 til 20 mg K/l lages i 100 ml målekolber ved å tilsette stamløsning, konsentrert CsCl-løsning (5.3A) og konsentrert AL-løsning (5.1B) i henhold til følgende tabell og fyller opp til målemerket med destillert vann:

K, mg/l	0	1	2	5	10	20
Stamløsning, ml	0	0.4	0.8	2	4	8
Kons. CsCl, ml	5	5	5	5	5	5
Kons. AL-løsn., ml	5	5	5	5	5	5

Standardene inneholder 1000 mg Cs/l, er 0.1 M med hensyn på HCl og inneholder samme AL-konsentrasjon som jordekstraktet ved måling på atomabsorpsjon.

Bestemmelse av kalium.

5 ml jordekstrakt fra pkt. 5.1 overføres til et 15 ml plastrør eller begerglass og tilsettes 5 ml fortynnet cesiumkloridløsning (5.3B). Kalium måles med atomabsorpsjon ved bølgelengde 766.5 eventuelt 769.9 nm i en acetylen/luft-flamme i absorpsjons- eller konsentrasjonsenheter både for standarder, prøve og blindprøve. Valg av bølgelengde samt antall og konsentrasjon av standarder tilpasses etter hvilke type instrument laboratoriet disponerer og hvilke konsentrasjonsnivå man har av K i AL-ekstraktet.

Ved eventuelle fortynninger av jordekstraktet brukes AL-løsning (5.1C). Fortynnet ekstrakt tilsettes cesiumkloridløsning før måling som forklart ovenfor.

Dersom man avleser resultatene direkte i konsentrasjonenheter kan apparatet innstilles slik at avlest verdi er 4x konsentrasjonen av standardene. Avlest verdi minus verdi for blindprøve gir da kaliumkonsentrasjonen direkte i mg K/100 g jord dersom jordekstraktet ikke er fortynnet før tilsetning av CsCl.

Beregning.

Ved måling av absorbans avsettes på et millimeterpapir konsentrasjonene i mg K/l på abscisseaksen og absorbansverdiene på ordinataksen og standardkurven trekkes opp. På grunnlag av utslaget for prøveoppløsningen avleses kaliumkonsentrasjonen på denne kurven. Kaliumkonsentrasjonen i prøveoppløsningen blir avlest verdi for prøven minus kaliuminnholdet i blindprøven.

Omregning fra X mg K/l prøveoppløsning til mg K/100 g lufttørr jord gjøres ut fra følgende formel (4 g jord ekstraheres med 80 ml AL-løsning og filtratet fortynnes 2x med CsCl før måling):

$$\text{mgK/100g} = \frac{X \times 80 \times 2 \times 100}{1000 \times 4} = 4 \times X$$

Resultater.

Lettløselig kalium måles i mg K/100 g lufttørr jord med en desimal.

For bruk i gjødslingsplanlegging betegnes lettløselig kalium K_{AL} og oppgis som hele tall. For jord med volumvekt > 1 angis K_{AL} som mg K/100 g lufttørr jord, er volumvekten < 1 korrigeres resultatet for denne og K_{AL} oppgis som mg K/100 ml jord ved naturlig lagring.

For vurdering av kaliuminnholdet i jord med hensyn på plantetilgjengelighet brukes følgende inndeling:

Klasse	1	2	3	4
	Lite	Middels	Stort	Meget stort
K_{AL}	0-6	7-15	16-30	> 30

Merknader:

- Ved bruk av atomabsorpsjon er det kun atomer i grunntilstanden som absorberer lys med angitt bølgelengde. For å hindre at kaliumatomene ioniseres i flammen tilsettes derfor Cs i høye konsentrasjoner.

- Kaliuminnholdet i jordekstraktet kan også måles med andre analyseteknikker som f.eks. flammefotometri og ICP. Det må påsees at sammensetningen av standardløsningene og jordekstraktene tilpasses metodikken som brukes.

5.4 LETTLØSELIG MAGNESIUM (Mg_{AL}) OG KALSIVM (Ca_{AL}).

Det totale innhold av magnesium og kalsium i jordekstraktet fra pkt. 5.1 bestemmes med atomabsorpsjon.

Reagenser og standarder.

5.4A Konsentrert strontiumkloridoppløsning.

487 g $SrCl_2 \cdot 6H_2O$ p.a. løses i destillert vann, tilsettes 344 ml konsentrert (37%) HCl og fortynnes til 2 l med destillert vann. Oppløsningen inneholder 80.000 mg Sr/l og er 2 M med hensyn på HCl.

5.4B Fortynnet strontiumkloridoppløsning.

Oppløsning 5.4A fortynnes 10x med destillert vann. Oppløsningen inneholder 8000 mg Sr/l og er 0.2 M med hensyn på HCl.

5.4C Standardløsninger av magnesium.

Stamløsning på 250 mg Mg/l lages ut fra en kjøpt standard på 1000 mg Mg/l. Stammløsning på 250 mg Mg/l kan også lages ved å løse opp 2.0908 g $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ og fortynne til 1000 ml i destillert vann.

Standarder i området 0 til 10 mg Mg/l lages i 100 ml målekolber ved å tilsette stamløsning, konsentrert $SrCl_2$ -løsning (5.4A) og konsentrert AL-løsning (5.1B) i henhold til følgende tabell og fylle opp til målemerket med destillert vann:

Mg, mg/l	0	0.5	1	2	3	5	7	10
Stamløsning, ml	0	0.2	0.4	0.8	1.2	2	2.8	4
Kons. $SrCl_2$, ml	5	5	5	5	5	5	5	5
Kons. AL-løsn., ml	5	5	5	5	5	5	5	5

Standardene inneholder 4000 mg Sr/l, er 0.1 M med hensyn på HCl og inneholder samme AL-konsentrasjon som jordekstraktet ved måling på atomabsorpsjon.

5.4D Standardløsninger av kalsium.

Stamløsning på 1000 mg Ca/l kjøpes ferdig lagd. Stam-løsningen kan også lages ved å løse opp 3.6682 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ og fortynne til 1000 ml i destillert vann.

Standarder i området 0 til 50 mg Ca/l lages i 100 ml målekolber ved å tilsette stamløsning, konsentrert SrCl_2 -løsning (5.4A) og konsentrert AL-løsning (5.1B) i henhold til følgende tabell og fylle opp til målemerket med destillert vann:

Ca, mg/l	0	5	10	20	30	40	50

Stamløsning, ml	0	0.5	1	2	3	4	5
Kons. SrCl_2 , ml	5	5	5	5	5	5	5
Kons. AL-løsn., ml	5	5	5	5	5	5	5

Standardene inneholder 4000 mg Sr/l, er 0.1 M med hensyn på HCl og inneholder samme AL-konsentrasjon som jordekstraktet ved måling på atomabsorpsjon.

Bestemmelse av magnesium og kalsium.

5 ml jordekstrakt fra pkt. 5.1 overføres til et 15 ml plastrør eller begerglass og tilsettes 5 ml fortynnet strontiumkloridløsning (5.4B). Magnesium og kalsium måles med atomabsorpsjon ved bølgelengdene 285.2 eventuelt 202.6 nm (Mg) og 423.1 nm (Ca) i en acetylen/luft-flamme i absorpsjons- eller konsentrasjonsenheter både for standarder, prøve og blindprøve. Valg av bølgelengde samt antall og konsentrasjon av standarder tilpasses etter hvilke type instrument laboratoriet disponerer og hvilke konsentrasjonsnivå man har av Mg og Ca i AL-ekstraktet.

Ved eventuelle fortynninger av jordekstraktet brukes AL-løsning (5.1C). Fortynnet ekstrakt tilsettes strontiumkoridløsning før måling som forklart ovenfor.

Dersom man avleser resultatene direkte i konsentrasjonsenheter kan apparatet innstilles slik at avlest verdi er 4x konsentrasjonen av standardene. Avlest verdi minus verdi for blindprøve gir da konsentrasjonen direkte i mg Mg/100 g jord og mg Ca/100 g jord dersom jordekstraktet ikke er fortynnet før tilsetning av SrCl_2 .

Beregning.

Ved måling av absorbans avsettes på et millimeterpapir konsentrasjonene i mg Mg/l og mg Ca/l på absisakseksen og absorbansverdiene på ordinataksen og standardkurvene trekkes opp. På grunnlag av utslaget for prøveoppløsningen avleses konsentrasjonen av Mg og Ca på kurvene. Konsentrasjonen av Mg og Ca i prøveoppløsningen blir avlest verdi for prøven minus innholdet i blindprøven.

Omregning fra X mg/l prøveoppløsning til mg/100 g lufttørr jord gjøres ut fra følgende formel (4 g jord ekstraheres med 80 ml AL-løsning og filtratet fortynnes 2x med SrCl₂ før måling):

$$mgMg(Ca) / 100g = \frac{X \times 80 \times 2 \times 100}{1000 \times 4} = 4 \times X$$

Resultater.

Lettløselig magnesium og kalsium måles i mg/100 g lufttørr jord med en desimal.

For bruk i gjødslingsplanlegging betegnes lettløselig magnesium Mg_{AL} og lettløselig kalsium Ca_{AL} og begge oppgis som hele tall. For jord med volumvekt > 1 angis Mg_{AL} og Ca_{AL} som henholdsvis mg Mg/100 g lufttørr jord og mg Ca/100 g lufttørr jord. Dersom volumvekten er < 1 korrigeres resultatet for denne og Mg_{AL} og Ca_{AL} oppgis som mg Mg/100 ml jord og mg Ca/100 ml jord ved naturlig lagring.

For vurdering av magnesiuminnholdet i jord med hensyn på plantetilgjengelighet brukes følgende inndeling:

Klasse	1	2	3	4
	Lite	Middels	Stort	Meget stort
Mg _{AL}	0-2	3-5	6-9	>9

Lettløselig kalsium brukes i liten utstrekning for vurdering med hensyn på plantetilgjengelighet. Sammen med pH kan Ca_{AL} brukes som indikasjon på kalkingsbehov. Følgende inndeling er vanlig å bruke for å angi lettløselig kalsium i jord:

Klasse	1 Lite	2 Middels	3 Stort	4 Meget stort
Ca _{AL}	<50	51-100	101-200	>200

Merknader:

- Ved bruk av atomabsorpsjon er det kun atomer i grunntilstanden som absorberer lys med angitt bølgelengde. Dersom grunnstoffene inngår i kjemiske forbindelser som ikke dissosierer i flammen, skjer det ingen absorpsjon og måleresultatene blir gale. Denne feilkilden er alvorlig både for Mg og Ca ved nærvær av aluminium, fosfater og silikater noe som det ofte er mye av i jordekstrakter. Det kan dannes blandede aluminiumoksyder, fosfater og silikater som ikke dissosierer så lett i en flamme av acetylen-luft. For å motvirke dette tilsettes SrCl₂ som legger beslag på interfererende stoffer.
- Magnesium og kalsiuminnholdet i jordekstraktet kan også måles med andre analyseteknikker som f.eks. ICP. Det må påsees at sammensetningen av standardløsningene og jordekstraktene tilpasses metodikken som brukes.

REFERANSER.

Egnér, H., Riehm, H. og Domingo, W.R., 1960. Untersuchungen über die chemische Boden-Analyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden. Kungl. Lantbrukshögskolans Annaler, Vol. 26: 199 - 215.

6. SYRELØSELIG KALIUM (K-HNO₃)

Kalium i jord kan inndeles i 3 ulike kategorier:

1. Lett plantetilgjengelig kalium som er utbyttbart + vannopløselig. Dette bestemmes i Norge ved å ekstrahere med en AL-løsning (metode 5).
2. Kalium som er langsomt tilgjengelig. Dette er vesentlig kalium som inngår mellom gittersjiktene i primære og sekundære glimmermineraller.
3. Tungt tilgjengelig kalium som er gitterbundet slik som i feltspat og som utgjør det meste av det totale kalium i jord. Dette kan også frigjøres på lang sikt.

Det er en dynamisk likevekt i jord mellom disse 3 kategoriene.

Plantene vil gjennom en vekstsesong kunne nyttiggjøre seg mer kalium enn det som inngår i kategori 1. For å få et mål på det som er tyngere tilgjengelig og som kan frigjøres på sikt brukes i Norge en metode hvor jorda kokes i 1 M HNO₃.

Nødvendig utstyr.

Erlenmeyerkolbe, 200 ml

Fingerkjøler

Foldefilter, 125 mm type Schleicher & Schuell, 602 eh

Plasttrakt

Begerglass, 50 ml

Vekt, nøyaktighet ± 0.01 g

2 termostatregulerte kokeplater

Reagenser og standarder.

6 A Ekstraksjonsløsning.

650 ml konsentrert HNO₃ fortynnes til 10 l med destillert vann og blandes godt. 10 ml uttak titreres med 0.5 M NaOH og ekstraksjonsløsningen justeres til 1 M HNO₃ ved tilsetning av konsentrert HNO₃ eller destillert vann.

6 B 5 M HNO₃.

Ca. 310 ml konsentrert HNO₃ fortynnes til 1 l med destillert vann. Eksakt mengde kons. HNO₃ beregnes ut fra bestemmelsen i 6 A.

6 C Standardløsninger.

Stamløsning på 1000 mg K/l kjøpes ferdig lagd. Stamløsningen kan også lages ved å løse opp 1.9072 g tørket KCl og fortynne til 1000 ml i destillert vann.

Standarder i området 0 til 600 mg K/l lages i 100 ml målekolber ved å tilsette stamløsning og 5 M HNO₃ (6 B) i henhold til følgende tabell og fyller opp til målemerket med destillert vann:

K, mg/l	0	15	30	60	120	180	300	600

Stam- løsning, ml	0	1.5	3	6	12	18	30	60
5 M HNO ₃ , ml	20	20	20	20	20	20	20	20

Standardene er 1 M med hensyn på HNO₃ tilsvarende ekstraksjonsløsningen.

Fremgangsmåte.

5.00 g jord overføres til en 200 ml Erlenmeyerkolbe og tilsettes 50 ml ekstraksjonsløsning (6 A). Kolben forsynes med en fingerkjøler fylt med vann og settes på en termostatregulert kokeplate som er regulert slik at oppvarmingstiden til koking er 7 minutter. Deretter settes kolben på en annen kokeplate som er regulert slik at en svak koking fortsetter. Koketiden på denne platen skal være nøyaktig 10 minutter. Kolben settes til avkjøling i avtrekk. Når suspensjonen har tilnærmet romtemperatur filtreres den gjennom foldefilter over i 50 ml begerglass.

Blindprøve med 50 ml HNO₃ gjennomgår samme prosedyre som jordprøven.

Bestemmelse av kalium.

Kaliumkonsentrasjonen måles direkte med atomabsorpsjon ved bølgelengde 404.4 nm i en acetylen/luft-flamme både for standarder, prøve og blindprøve. Konsentrasjonene på standardene velges ut fra hvilke konsentrasjonsnivå man har av K i syreekstraktet.

Beregning.

Ved måling av absorbans avsettes på et millimeterpapir konsentrasjonene i mg K/l på abscisseaksen og absorbansverdiene på ordinataksen og standardkurven trekkes opp. På grunnlag av utslaget for prøveoppløsningen avleses kaliumkonsentrasjonen på denne kurven. Kaliumkonsentrasjonen i prøveoppløsningen blir avlest verdi for prøven minus kaliuminnhold i blindprøven.

Kaliumkonsentrasjonen i prøveoppløsningen i mg K/l tilsvarer mg K/100 g lufttørr jord.

Resultater.

Syreløselig kalium måles i mg K/100 g lufttørr jord med en desimal.

For bruk i gjødslingsplanlegging betegnes syreløselig kalium K-HNO₃ og oppgis som hele tall. For jord med volumvekt > 1 angis K-HNO₃ som mg K/100 g lufttørr jord, er volumvekten < 1 korrigeres resultatet for denne og K-HNO₃ oppgis som mg K/100 ml jord ved naturlig lagring.

Syreløselig kalium omfatter både lettløselig kalium og reserver som blir tilgjengelig for plantene på lengre sikt. For vurdering av kaliuminnholdet i jord med hensyn på plantetilgjengelighet brukes en kombinasjon av K_{AL} og K-HNO₃. For K-HNO₃ isolert brukes følgende inndeling:

Klasse	1 Lite	2 Middels	3 Stort	4 Meget stort
K-HNO ₃	< 30	30-79	80-119	> 120

Merknader:

- På grunn av høye kaliumkonsentrasjoner i ekstraktet måles K direkte på atomabsorpsjon uten tilsetning av CsCl som beskrevet i pkt. 5.3. Dersom ekstraktene fortynnes f.eks. 10x må prosedyren under pkt. 5.3 følges og K må også måles ved den mer følsomme bølgelengden 766.5 nm.
- Ved måling med så høye saltkonsentrasjoner i ekstraktet må man være oppmerksom på muligheten av gjenntetting av spalten i brenneren. Dersom man har problemer med måling ved så høye saltkonsentrasjoner kan metoden under pkt. 5.3 følges.
- Kaliuminnholdet i jordeckstraktet kan også måles med andre analyseteknikker, f.eks. flammefotometri. Det må påseses at sammensetningen av standardløsningene og jordeckstraktene tilpasses metodikken som brukes.

7. PLANTETILGJENGELIG KOPPER

Kopper er det mikronæringsstoffet som det analyseres mest på i dyrka jord i Norge. I leirjord er det ofte tilstrekkelig med Cu, mens sand og siltjord med kopperfattig opphavsmateriale ofte har for lavt innhold. Humus binder Cu stekt noe som medfører at humusrik mineraljord og organisk jord er utsatt for koppermangel.

Bruk av kompleksdannende stoffer som DTPA (dietylentriaminpentaeddiksyre) og EDTA (etylendiamintetraeddiksyre) brukes mye som ekstraksjonsmiddel for kopper i jord. Disse stoffene reagerer med frie metallioner i løsning og danner løste komplekser. Når aktiviteten av frie metallioner i jordvæska avtar vil flere ioner bli frigitt fra jordpartiklene. Den mengde som dannes under ekstraksjonen er en funksjon både av konsentrasjonen og av jordas evne til å forsyne jordvæska med nye Cu-ioner. Bruk av kompleksdannende stoffer er en måte å etterligne planterøttens måte å ta opp næringsstoffer fra jorda på. Også fortynnete saltoppløsninger og syrer kan brukes som ekstraksjonsmidler.

I Norge brukes en kombinasjon av EDTA og NH_4Cl som ekstraksjonsmiddel for plantetilgjengelig Cu.

Nødvendig utstyr.

Ekstraksjonsflaske, type DURAN 50 ml med skrukork

Filter, Whatman no. 42 eller tilsvarende

Plasttrakt

Begerglass, 50 ml

Vekt, nøyaktighet ± 0.01 g

Ristemaskin, frem- og tilbakeristing

Reagenser og standarder.

7 A Ekstraksjonsløsning.

7.4448 g dinatrium-EDTA ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) og 5 g NH_4Cl løses i deionisert vann og fortynnes til 1 liter. Løsningen er 0.02 M med hensyn på EDTA.

7 B Standardløsninger.

Stamløsning på 100 mg Cu/l lages ut fra ferdig kjøpt standard på 1000 mg Cu/l.

Standarder i området 0 til 1.0 mg Cu/l lages i 100 ml målekolber ved å tilsette stamløsning i henhold til følgende tabell og fyller opp til merket med ekstraksjonsløsning (7 A):

Cu, mg/l	0	0.2	0.5	1.0

Stamløsning, ml	0	0.2	0.5	1.0

Fremgangsmåte.

4.00 g jord overføres til en 50 ml ekstraksjonsflaske og tilsettes 40 ml ekstraksjonsløsning (7 A). Korken skrues godt på og flasken ristes liggende på ristemaskin med en hastighet på 100 frem- og tilbakeristinger i minuttet i 1 time. Suspensjonen filtreres umiddelbart etter risting opp i 50 ml begerglass.

Blindprøve med kun ekstraksjonsvæske filtreres på samme måte som prøven.

Bestemmelse av kopper.

Kopperkonsentrasjonen måles direkte med atomabsorpsjon ved bølgelengde 324.7 nm i en acetylen/luft-flamme både for standarder, prøve og blindprøve.

Ved eventuelle fortyngninger av jordekstraktet brukes ekstraksjonsløsningen (7 A).

Dersom man avleser resultatene direkte i konsentrasjonenheter kan apparatet innstilles slik at avlest verdi er 10x konsentrasjonen av standardene. Avlest verdi minus verdi for blindprøve gir da konsentrasjonen direkte i mg Cu/kg jord.

Beregning.

Ved måling av absorbans avsettes på et millimeterpapir konsentrasjonene i mg Cu/l på abscisseaksen og absorbansverdiene på ordinataksen og standardkurven trekkes opp. På grunnlag av utslaget for prøveoppløsningen avleses konsentrasjonen av Cu på kurven. Konsentrasjonen av Cu i prøveoppløsningen blir avlest verdi for prøven minus innholdet i blindprøven.

Omregning fra X mg Cu/l prøveoppløsning til mg Cu/kg lufttørr jord gjøres ut fra følgende formel (4 g jord ekstraheres med 40 ml ekstraksjonsløsning):

$$mgCu/kg = \frac{X \times 40 \times 1000}{1000 \times 4} = 10 \times X$$

Resultater.

Plantetilgjengelig kopper måles i mg Cu/kg lufttørr jord med en desimal.

For bruk i gjødslingsplanlegging oppgis innholdet av plantetilgjengelig Cu med en desimal. For jord med volumvekt > 1 angis innholdet som mg Cu/kg lufttørr jord, er volumvekten < 1 korrigeres resultatet for denne og innholdet oppgis som mg Cu/liter jord ved naturlig lagring.

For vurdering av kopperinnholdet i jord med hensyn på plantetilgjengelighet brukes følgende inndeling hvor kritisk grenseverdi for koppermangel settes til 1.0 mg Cu/kg jord:

Klasse	1	2	3	4
	Lite	Middels	Stort	Meget stort

Cu	0-1.0	1.1-2.0	2.1-5.0	>5.0

Merknader:

- Som oftest er det meget små kopperkonsentrasjoner man måler med denne metoden. Det er derfor viktig at alt glass- og plastutstyr som kommer i kontakt med ekstraksjonsvæske og filtrat er syrevasket før bruk. For å holde blindprøvene lavest mulig brukes også deionisert vann når ekstraksjonsløsningen lages. Kjemikaliene som brukes må være reinest mulig og fri for mikronæringsstoffer.
- Det anbefales å ha glass- og plastutstyr som kun brukes til denne analysen. Det gjelder også kolber for å lage standardløsninger.

8. NOEN AKTUELLE BØKER I FORBINDELSE MED JORDANALYSERING

Brown, J.R., 1987.

Soil testing: Sampling, correlation, calibration, and interpretation.

SSSA Special Publication No.21, Madison, Wisconsin, USA: 144 pp.

Hesse, P.R., 1971.

A textbook of soil chemical analysis.

John Murray, London:520 pp.

Klute, A., 1986.

Methods of soil analysis. Part 1: Physical and mineralogical method, Second edition.

Agronomy no.9, Madison, Wisconsin, USA:1188 pp.

ISBN 0-89118-088-5

Page, A.L., 1982.

Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and microbiological properties. Second edition.

Agronomy no.9, Madison, Wisconsin, USA: 1159 pp.

ISBN 0-89118-072-9

Smith, K.A., 1990.

SOIL ANALYSIS. Modern instrumental techniques. Second edition.

Marcel Dekker, Inc., New York:659 pp.

ISBN 0-8247-8355-7

Walsh, L.M. & J.D. Beaton, 1973.

Soil testing and plant analysis.

SSSA, Madison, Wisconsin, USA:491 pp.

Øien, A. & T. Krogstad, 1989.

JORDANALYSER. I. Teori om metoder og apparatur.

Institutt for jordfag, Ås-NLH. 88 s.