

# Utroværdige jordprøver

**I Danmark udtages der hvert år cirka 100.000 jordbundsanalyser. Mens analyserne for nogle af næringsstofferne generelt er pålidelige er andre spild af tid og penge, mener artiklens forfattere**

Af Søren Husted, Jesper Yngvesson, Kristian Holst Laursen og Pai Pedas, Laboratoriet for Plante- og Jordvidenskab, Institut for Jordbrug og Økologi, Det Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet

En gennemgang af de metoder der i dag anvendes til bestemmelse af landbrugsjordens frugtbarhed, viser, at adskillige er baseret på gamle og usikre forsøgsresultater. Metoderne, der anvendes til for eksempel jordbundsanalyser i Danmark, er oftest forældede, hvilket efterlader planteavlskonsulenten med et dårligt rådgivningsgrundlag og dermed landmanden i vildrede. Problemet er opstået, da der ikke hverken fra det etablerede erhverv eller fra universiteterne har været fokus på metodernes videnskabelige fundament.

## Jordbundsanalysen er usikker

I Danmark udtages der hvert år et meget stort antal jordbundsanalyser for især makronæringsstofferne fosfor (P), kalium (K) og magnesium (Mg). I regi af Dansk Landbrugsrådgivning (LR) blev der alene i 2006 udtaget mellem 75.000 og 100.000 jordbundsanalyser for disse næringsstoffer, og dertil kommer et større antal, der ikke er registreret. Analyserne for K og Mg er generelt pålidelige, mens dette ikke er tilfældet for P. Her vil der ofte være en meget dårlig sammenhæng mellem fosfortallet (Pt), og hvad der rent faktisk er plantetilgængeligt i løbet af vækstsæsonen. Det betyder i praksis, at der ved lave Pt under to ofte er tilstrækkeligt P til rådighed,

mens planter dyrket ved normale Pt mellem to og fire sagtens kan lide af P mangel. Så derfor: Pas på, når jordens P tilstand skal vurderes; fosfortallet kan ikke stå alene.

## Undgå spild af tid og penge

Også jordbundsanalyser for mikronæringsstoffer er generelt problematiske, og i praksis udføres der stort set udelukkende analyser af kobbertallet (Cut). Det bliver til cirka 10.000-15.000 Cut analyser årligt i Danmark, mens der næsten ikke analyseres for nogle af de andre mikronæringsstoffer, dog bortset fra bor (B) i gulerods- og roedyrkning og molybdæn (Mo) ved dyrkning af lucerne og andre bælgeplanter. Jordbundsanalyserne for de øvrige vigtige mikronæringsstoffer såsom Mangan (Mn), Jern (Fe) og Zink (Zn) er ikke pålidelige og kan derfor ikke benyttes til at bestemme jordens plantetilgængelige indhold. Det er veldokumenteret i en lang række både danske og udenlandske undersøgelser – så spild ikke penge og energi på det.

## Forældet videnskabeligt grundlag

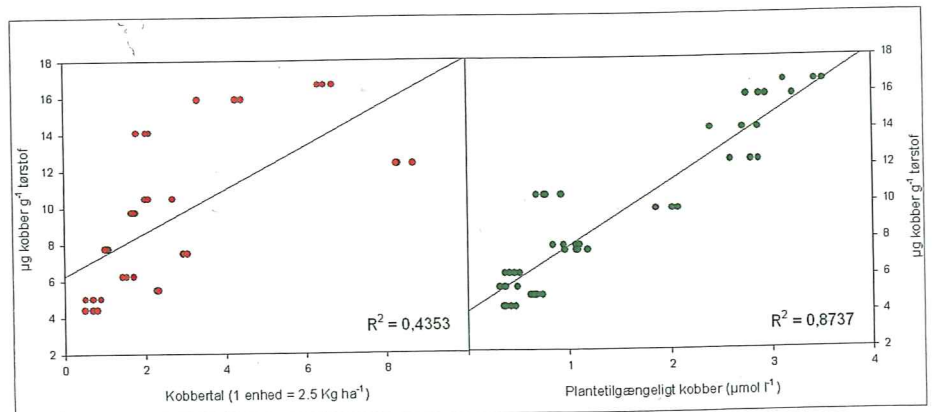
De danske jordbundsanalyser er udviklet i perioden fra 1930 og frem til i dag og bygger i mange henseender på et forældet videnskabeligt grundlag. Det er betænkeligt, at vi i jordbruget bruger så mange ressourcer på jordbundsanalyser uden at vide, om de

giver os de rette oplysninger om næringsstoffernes plantetilgængelighed. Hvis vi eksempelvis tager bestemmelsen af Cut, så er princippet bag denne metode udviklet i perioden fra 1936 til 1956 af Professor Steenbjerg og Aage Henriksen på baggrund af et imponerende stort antal forsøg. Set med datidens øjne er det videnskabelige håndværk i disse forsøg absolut i orden, men tiden er for længst løbet fra de grundlæggende principper man anvendte dengang.

I dag er det muligt at analysere kobber med en langt større præcision, og endvidere er der sket store fremskridt i de metoder, man anvender til at karakterisere næringsstoffernes plantetilgængelighed.

## Tilfældigt fastlagte værdier

Baseret på 50 år gammel forskning bestemmes Cut i dag ved at måle den mængde kobber, der kan trækkes ud af jorden ved at tilsætte ekstraktionsmidlet EDTA. Cut er således defineret som et udtryk for mængden af plantetilgængeligt kobber. En jord vurderes at være udsat for kobbermangel, hvis Cut er under henholdsvis to i mineraljorde og tre i sortsandede jorde samt i jorde med et højt indhold af organisk materiale (humusjorde). Usikkerheden for disse tærskelværdier er imidlertid meget stor, og ofte er værdierne



Figur 1. Til venstre er kobbertallet (Cut) plottet mod plantens kobberindhold. Til højre ses koncentrationen målt i jorden ved DGT metoden plottet mod indholdet i planten. Bemærk forskellen i R<sup>2</sup>-værdierne hvilket viser, at der opnås en meget bedre korrelation mellem jordens kobberindhold og kobberkoncentration i plantevævet ved at anvende DGT metoden.



*Mens analyserne for kalium og magnesium generelt er pålidelige, så er der ofte en meget dårlig sammenhæng mellem fosfortallet (Pt), og hvad der rent faktisk er plantetilgængeligt i løbet af vækstsæsonen.*

fastlagt fuldstændig tilfældigt, hvilket er den overraskende konklusion, man kommer frem til, når de gamle data gennemgås kritisk. Dette er illustreret til venstre i Figur 1, hvor der ses en meget dårlig korrelation mellem kobberindholdet i vinterbyg og Cut ved dyrkning i forskellige jorde. Dette gør sig især gældende for Cut mellem en og tre, hvor indholdet i planten varierer fra fem til 14  $\mu\text{g}$  kobber pr. gram tørstof. Dette interval svarer til, at planten enten er svært manglende eller meget velforsynet, man kan derfor med rette spørge, om det nuværende Cut er anvendeligt?

### Kunstig planterod

I en undersøgelse ved Det Biomedicinske Fakultet på Københavns Universitet er en ny metode blevet afprøvet for præcist at

kunne forudsige mængden af plantetilgængeligt kobber. Metoden hedder "Diffusive Gradients in Thin films" også kaldet DGT. Den er opbygget af et filter placeret foran en membran, som fanger kobber.

Det hele sidder monteret i en plastikholder, der kan trykkes ned i jorden. Efter en bestemt tidsperiode fjerner man den fra jorden og analyserer, hvor meget kobber membranen har fanget. DGT'en fungerer dermed som en kunstig rod, idet den binder det plantetilgængelige kobber samt den andel af det bundne kobber, der umiddelbart kan frigøres fra absorptionspladser i det organiske materiale og fra jordkolloiderne.

Det vigtige i denne sammenhæng er, at DGT'en simulerer det at være en planterod, og har dermed en kunstig kobberoptagelse i form af binding til membranen. Kobberkon-

centrationen i rodvæsken omkring DGT'en vil derfor falde, hvilket vil frigøre yderligere kobber fra absorptionspladser, præcist som det foregår omkring en planterod i naturen.

Helt nye forsøg udført under kontrollerede forhold dokumenterer også klart, at mængden af plantetilgængeligt kobber bestemt med DGT-metoden har en meget bedre korrelation med kobberindholdet i plantevævet (se Figur 1).

DGT-metoden er derfor meget lovende, men yderligere forsøg under markforhold er nødvendige for at optimere metoden. Der vil derfor gå nogle år, før DGT-metoden er klar til anvendelse i jordbruget, men heldigvis eksisterer der allerede i dag alternative metoder, der kan understøtte jordbundsanalyserne, såsom planteanalyser.

# Troværdige

# planteanalyser

## Planteanalyser kan give et øjebliksbillede af, hvilke næringsstoffer planten mangler

Af Søren Husted, Jesper Yngvesson, Kristian Holst Laursen og Pai Pedas, Laboratoriet for Plante og Jordvidenskab, Institut for Jordbrug og Økologi, Det Biomedicinske Fakultet, Københavns Universitet

Planteanalysen har den åbenlyse fordel, at de fleste vigtige plantenæringsstoffer kan analyseres på én gang. Det er i den forbindelse vigtigt at indsamle det yngste fuldt udviklede blad – ikke hele planten. Udtages prøven på denne måde, får man pålidelige og stabile tal, der viser plantens evne til at trække næringsstoffer ud af jorden. Det er ikke på tilsvarende vis muligt at analysere jorden for de samme næringsstoffer. Dels fordi det er nødvendigt at benytte forskellige ekstraktionsmidler, og dels fordi visse næringsstoffer ikke kan ekstraheres fra jorden, uden at det påvirker opløseligheden af dem, og så får man en værdiløs jordbundsanalyse.

### Planteanalyser er troværdige

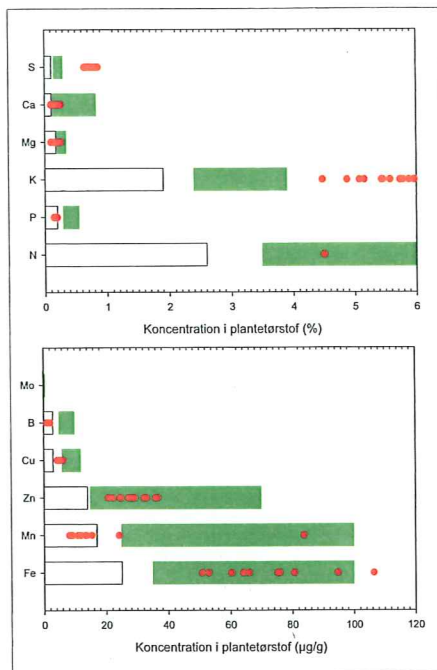
Mange af de planter der dyrkes i landbruget, har et dybt rodnet, som går betydeligt dybere end de 20-30 centimeter, som er den normale dybde der anvendes, når en jordbundsanalyse udtages. Planterne henter en betydelig andel af næringsstofferne under pløjelaget ikke mindst mikronæringsstofferne, og det bidrager ofte til, at jordbundsanalyserne ikke giver et retvisende billede af hvor meget næringsstof, der reelt er plantetilgængeligt.

Planteanalysen integrerer imidlertid over hele rodnettets udbredelse og vil derfor give et langt mere præcist billede af, hvad der er tilgængeligt på det tidspunkt, prøven udtages.

### Tolkning af planteanalyser

I Figur 2 ses resultatet af en planteanalyse af vinterbyg udtaget i det tidlige efterår. Analysen giver en række vigtige informationer, som jordbundsanalysen ikke kan bidrage med.

Det fremgår tydeligt, at planten lider af



Figur 2. Planteanalyse af vinterbyg i det tidlige efterår. Hvis værdien af planteanalysen (den røde cirkel) ligger i det grønne felt er planten velforsynet. Er den røde cirkel derimod placeret i det hvide felt, er der mangel på næringsstoffet.

manganmangel og endvidere er værdierne for kobber lave, og det bør man være opmærksom på. Et lavt kobberindhold i planten nedsætter plantens evne til kernefyldning, og det vil påvirke udbyttet, uden at det nødvendigtvis kan ses på afgrøden, mens den er grøn.

Borindholdet er også meget lavt, og havde der været tale om en bredbladet afgrøde (for eksempel raps) ville et så lavt tal være alarmerende, men kornarterne er generelt ikke borfølsomme, og selv ved lave borværdier vil planten sjældent udvise mangelsymptomer.

### Negative effekter af høje Kt

Blandt makronæringsstofferne giver planteanalysen også interessante oplysninger. I vinterbyggen i Figur 2 er der et meget højt indhold af kalium. Dette er i sig selv ikke noget problem, da planten sagtens kan tolerere høje kaliummængder, men det kan give

anledning til antagonismer: altså hæmning af optagelsen af andre makronæringsstoffer såsom magnesium og calcium.

I det aktuelle tilfælde viser jordbundsanalysen normale Mgt, mens Kt er højt. Så selv om jordbundsanalysen angiver normale Mgt, så er værdien i det aktuelle tilfælde tilsyneladende for beskedent til at tilfredsstille plantens behov for næringsstoffer, sandsynligvis fordi det høje kaliumindhold hæmmer plantens optagelse af magnesium.

Det vil derfor gavne planterne at få tilført ekstra magnesium, hvis der er for meget kalium i jorden.

I dansk landbrug er det almindeligt med høje Kt, hvis jorden jævnlige tilføres kvæggylle, og der bør i langt større omfang være fokus på de negative effekter, dette kan have.

På tilsvarende vis viser planteanalysen, at fosforindholdet er for lavt, til trods for at Pt i jorden er normalt. Det understreger endnu engang, at jordens Pt er en meget usikker størrelse, som ikke kan stå alene.

### Flere analyser i én vækstsæson

Ovenstående beskrivelse viser tydeligt værdien af at supplere jordanalysen med en planteanalyse. Den er enkel at udtage og normalt ventes et resultat af analysen i løbet af cirka en uge.

Planteanalysen giver dog udelukkende et øjebliksbillede, og skal derfor ideelt set gentages i løbet af vækstsæsonen.

Dette repræsenterer både et økonomisk og tidsmæssigt problem, og øger samtidig interessen for alternative diagnosticeringsmetoder. Her er fluorescens spektroskopi et værdifuldt værktøj.

### Svært at måle manganmangel

Risikoen for manganmangel er umulig at fastlægge på forhånd ud fra en jordbundsanalyse. Der findes simpelthen ikke metoder, der afspejler jordens plantetilgængelige indhold, og en jordbundsanalyse for mangan er derfor værdiløs.

En planteanalyse kan derimod fortælle, hvorvidt en plantes manganstatus er optimal, men analysens følsomhed er ikke tilstrækkelig til at kunne beskrive graden af manganmangel. Det er derfor svært at navigere

efter en planteanalyse og dermed sikre en optimal manganstatus i planten.

### Mangan afgørende for fotosyntese

På Københavns Universitet er der udviklet en alternativ diagnosticeringsmetode til mangan, som udnytter planters uerstattelige behov for mangan i fotosyntesen.

Under manganmangel nedsættes planters evne til at udføre fotosyntese markant, og lyset, som planten absorberer under fotosyntese, genudsendes i stedet som langbølget lys, også kaldet "klorofyl fluorescens".

Ved måling af dette lys kvantificeres den funktionelle pulje af mangan i planten frem for totalconcentrationen. Følsomheden overfor manganmangel er derfor markant bedre end ved nogen anden metode.

Dette er påvist ved gentagne laboratorie- og markforsøg, som enstemmigt har vist følgende fordele ved at anvende klorofyl fluorescens:

- Manganmangel kan diagnosticeres længe før visuelle symptomer er til stede.
- Effekten af en mangansprøjtning kan måles efter få timer.
- Optimal manganstatus gennem hele vækstsæsonen sikrer overvintring af vinterafgrøder og et højere udbytte.
- Analysen kan udføres i løbet af få minutter, direkte i marken.

### Umuligt at se forskel i efteråret

Figur 3 viser billeder fra et markforsøg foretaget i samarbejde med Vestsjællands

Landboforening og LR. I dette forsøg blev vinterbyg blandt andet sprøjtet efter fluorescensværdier. Når værdierne var under en fastsat grænse, blev planterne behandlet med mangansulfat. Billedet til venstre er taget i november. Her fremgår det tydeligt, at den manganbehandlede parcel havde en betydeligt højere manganstatus sammenlignet med den ubehandlede parcel til venstre i billedet. Desuden var det bemærkelsesværdigt, at parcellerne var umulige at skelne visuelt. På trods af de lave fluorescensværdier i den ubehandlede parcel, var der ingen symptomer på manganmangel. Efter vinteren blev billedet til højre i Figur 3 taget (i april). Den ubehandlede parcel var nu død, mens parcellen, der var sprøjtet efter fluorescensværdier i efteråret, havde overlevet. Ved høst var merudbyttet ved at anvende fluorescens-assisteret mangangødskning derfor signifikant højere sammenlignet med det ubehandlede led, men også i forhold til seks udvalgte strategier baseret på plansprøjtninger.

Yderligere resultater med klorofyl fluorescens kan blandt andet læses i "Oversigt over Landsforsøgene 2006".

### Nye metoder på vej

Klorofyl fluorescens er en meget specifik metode og kan derfor ikke anvendes til andre planteneringsstoffer end mangan. Der findes dog alternative analysemetoder, som potentielt kunne udvikles til at diagno-



I Danmark udtages der langt flere jordbundsanalyser end planteanalyser. Ved at udtage planteanalyser kan man få et øjebliksbillede af, hvilke næringsstoffer planten mangler.

sticere en bred vifte af de essentielle planteneringsstoffer.

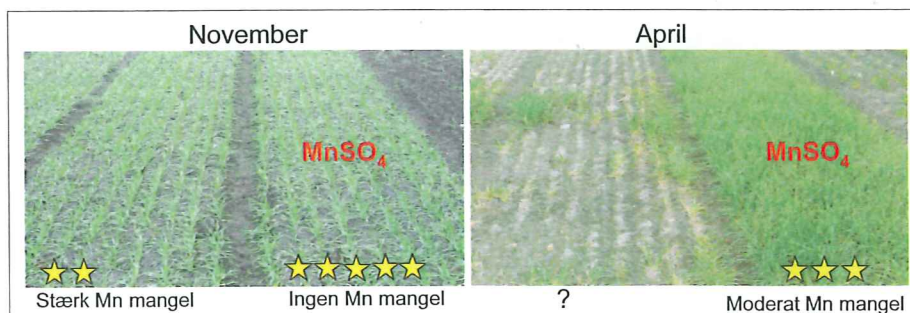
Røntgen fluorescens (XRF) og Raman spektroskopi er for eksempel lovende muligheder, der i øjeblikket undersøges med henblik på at udvikle hurtigmetoder til at bestemme planters indhold af næringsstoffer direkte i marken eller bag skrivebordet uden adgang til avancerede laboratoriemiljøer.

Teknikkerne anvendes allerede med stor succes til analyse af geologiske, biologiske og industrielle prøver, men har endnu ikke været anvendt til diagnosticering af planters næringsstofstatus. I den nærmeste fremtid bør der dog fokuseres på brugbare alternativer til de mangelfulde jordbundsanalyser, der i vid udstrækning hviler på et ekstremt usikkert grundlag, og som ikke burde accepteres i et moderne dansk jordbrug.

### Hvordan kommer vi videre?

I de kommende år forventes de nye metoder til både jord- og planteanalyser at medvirke til en optimering af gødskningsstrategierne i planteproduktionen.

Et tæt samspil mellem forskere, rådgivere og praktikere vil derfor være en forudsætning for, at en hurtig udvikling, afprøvning og implementering af de nye metoder kan finde sted. Kun sådan kan behovet for gødskning bestemmes – på den rigtige måde.



Figur 3. Billeder fra markforsøg på Vestsjælland, hvor adskillige plansprøjtninger med mangan blev sammenlignet med en fluorescens-assisteret gødskningsstrategi. Til venstre er vist to parceller i november måned, hvor en betydelig forskel i manganstatus blev målt ved hjælp af klorofyl fluorescens på trods af manglende visuelle symptomer. Til højre er de samme parceller vist igen i april. Planterne i den ubehandlede parcel overvintrede ikke.