



KAN DANSKE ANALYSEMETODER FOR MIKRONÆRINGSSTOFFER ERSTATTES AF INTERNATIONALE METODER?

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Det er blevet undersøgt, om danske analysemetoder for mikronæringsstoffer (Cu, Zn, B og Mn) i jordprøver kan erstattes af internationale metoder (CAT-metoden og M3-metoden), hvor alle mikronæringsstoffer ekstraheres i samme ekstrakt.

En undersøgelse af forskellige analysemetoder for mikronæringsstoffer foretaget på 5 jordprøver viser, at resultaterne af den såkaldte CAT-metode, som anvendes i Tyskland og i Sverige for kobber, zink, bor, og mangan, er meget tæt korreleret med resultaterne fra danske analysemetoder. I Sverige anvendes metoden ikke for bor. Idet alle mikronæringsstofferne ved CAT-metoden ekstraheres i samme ekstrakt vil det betyde, at prisen for at få analyseværdier for både kobber, zink, bor og mangan formodentlig kan reduceres, i forhold til at der skal anvendes forskellige ekstraktionsmetoder for hvert mikronæringsstof i Danmark. Den tætte korrelation mellem metoderne betyder, at man kan skifte metode uden at forny forsøgsgrundlaget bag metoderne.

SAMMENDRAG

I Danmark foretages der meget få jordanalyser for mikronæringsstoffer udover kobber (Cu), hvorimod analyserne er betydelig mere udbredte i f.eks. Tyskland og England. Dette på trods af at landmanden typisk får taget jordprøver hvert 4.-8. år for at kende reaktionstallet og indholdet af makronæringsstoffer. Kendskab til jordens indhold af mikronæringsstoffer kan være vigtigt i planteproduktionen, fordi de i nogle tilfælde kan være udbyttebegrænsende. I denne planteavlsorientering belyses, hvilke metoder udvalgte laboratorier fra vores nabolande anvender til at analysere jordprøver for mikronæringsstoffer. Derudover undersøges det, hvordan resultater af jordprøver analyseret efter danske analysemetoder for mikronæringsstoffer er korreleret til udenlandske analysemetoder. Hvis der er en tæt korrelation kan danske metoder evt. erstattes af udenlandske metoder, hvor flere mikronæringsstoffer analyseres ved samme ekstraktionsmetode og derfor er billigere.

Jordprøver fra fem forskellige jordtyper (JB1, JB2, JB4, JB6 og JB7) er analyseret for mikronæringsstoffer (Cu, Zn, B og Mn) med tre forskellige metoder (Danske metoder, CAT-metoden og M3-metoden), og resultaterne er analyseret og sammenholdt.

Gennemgang af analysemetoderne for mikronæringsstoffer viser, at laboratorier fra Danmark, Tyskland, Sverige og England anvender lignende metoder til at bestemme indholdet af kobber (Cu) og zink (Zn) i agerjord. Laboratorierne fra Danmark, Sverige og England anvender alle metoden med kogende vand (HWB) til at bestemme koncentrationen af bor (B) i jordprøver mens laboratoriet fra Tyskland bruger CAT-metoden. Der anvendes henholdsvis tre og fire forskellige metoder til at bestemme mangan- og molybdænkonzentrationen (Mn og Mo) i jordprøver ved laboratorierne i de fire lande.

CAT-metoden som anvendes ved tyske Agrolab, og den internationale M3-metode er tidsbesparende arbejdsmetoder som ekstraherer flere mikronæringsstoffer i samme ekstrakt sammenlignet med de danske analysemetoder som er mere tidskrævende.

Resultaterne viser, at de danske analysemetoder for mikronæringsstofferne Cu, Zn, B og Mn kan erstattes af CAT-metoden, da der er en stærk positiv korrelation mellem metoderne. De danske metoder kan ligeledes erstattes med M3-metoden, hvor der også er en god korrelation mellem metoderne.

INDHOLD:

- [Sammendrag.](#)
- [1. Oversigt over danske analysemetoder](#)
- [1.1 Kobbertal \(Cut\)](#)
- [1.2 Zinktallet \(Znt\)](#)
- [1.3 Bortal \(Bt\)](#)
- [1.4 Mangantal \(Mnt\)](#)
- [1.5 Molybdæntal \(Mot\)](#)
- [2. Analyseapparater til koncentrationsbestemmelse](#)
- [3. Oversigt over udenlandske analysemetoder](#)
- [3.1 Sverige \(Eurofins\)](#)
- [3.2 Tyskland \(Agrolab\)](#)
- [3.3 England \(Yara\)](#)
- [3.4 Mehlich III](#)
- [4. Sammenligning af danske analysemetoder med CAT- og M3-metoderne](#)
- [5. Konklusion](#)
- [6. Referencer.](#)

I Danmark gennemføres der hvert år ca. 10.000 Cut-analyser, mens antallet af jordbundsanalyser for indhold af de øvrige mikronæringsstoffer er forsvindende lavt. Kendskabet til niveauet og variationen i indholdet af mikronæringsstoffer i dansk landbrugsjord er derfor dårligt. Spørgsmålet er, om en forenkling af analysen for indhold af flere mikronæringsstoffer kan fremme udbredelsen af mikronæringsstofanalyserne i Danmark.

Nedenfor gennemgås metoderne anvendt i Danmark, ved Agrolab (Tyskland), ved Eurofins (Sverige) og ved Yara (England) til at bestemme koncentrationen af mikronæringsstoffer i jordprøver. Derefter sammenlignes og vurderes udvalgte udenlandske analysemetoder med danske metoder, for at belyse hvorvidt de danske metoder kan erstattes af internationale analysemetoder.

[Til top](#)

1. OVERSIGT OVER DANSKE ANALYSEMETODER

I dette afsnit gennemgås de danske analysemetoder som i dag anvendes til bestemmelse af mikronæringsstoffer (Cu, Zn, B, Mn og Mo) i agerjord. Reagenserne og standardopløsninger som anvendes til at ekstrahere mikronæringsstofferne findes [her](#) (Plantedirektoratet, 1994).

1.1 KOBBERTAL (CUT)

Kobbertallet er et mål for jordens indhold af komplexonopløseligt kobber.

- 10 gram jordprøve tilsættes 100 ml 0.02 M komplexonopløsning (EDTA-Na₂ og NH₄Cl), hvorefter opløsningen anbringes i et rysteapparat og roteres i en time. Efter en times henstand filtreres opløsningen gennem et 15 cm kobberfrit filter.
- Efter Plantedirektoratets fælles arbejdsmetoder fra 1994 bestemmes koncentrationen af kobber i et atomabsorptionsflammespektrofotometer (FAAS) ved 324,7 nm, men i dag anvendes ofte ICP-OES (inductively coupled plasma - optical emission) eller ICP-MS (inductively coupled plasma - mass spectrometry).

Jordprøvens Cut beregnes derefter ved at gange det aflæste kobberindhold i mg/l med 10. Kobbertallets enhed svarer til 1 mg Cu pr. kg jord svarende til 2,5 kg Cu pr. ha i pløjelaget på almindelig agerjord. Kobbertallet i danske jorder ligger ofte mellem 1 og 10, hvor indholdet af komplexonopløseligt kobber udgør 10-90 % af jordens kobberindhold (Plantedirektoratet, 1994).

1.2 ZINKTALLET (ZNT)

Zinktallet er et mål for jordens indhold af komplexonopløseligt zink.

- 20 gram jord tilsættes 50 ml 0.02 M komplexonopløsning (EDTA-Na₂ og NH₄Cl), hvorpå opløsningen rystes i en time i et rysteapparat og filtreres.
- Efter Plantedirektoratets fælles arbejdsmetoder fra 1994 bestemmes koncentrationen af zink i et atomabsorptionsflammespektrofotometer (FAAS) ved 214 nm, men i dag anvendes ofte ICP-OES eller ICP-MS.

Jordprøvens Znt beregnes ved at gange det aflæste zinkindhold i mg/l med 2,5. Zinktallets enhed svarer til 1 mg Zn pr. kg jord eller ca. 2,5 kg Zn pr. ha i pløjelagets dybde (20 cm) på almindelig agerjord. Zinktallet varierer mellem 0 og ca. 20 i danske jorde, hvor den hyppigste fundne værdi er omkring 3 (Plantedirektoratet, 1994).

1.3 BORTAL (BT)

Bortallet angiver jordens indhold af bor i vandopløselige forbindelser. Ifølge de fælles arbejdsmetoder fra Plantedirektoratet 1994 kan der anvendes to metoder til at bestemme bor i jordprøver, men i praksis anvendes den simpleste metode som må antages at være mest omkostningseffektiv grundet brugen af færre reagenser.

- 25 gram jord tilsættes 50 ml vand og koges i 5 min (fra begyndende kogning). Efter hurtig afkøling tilsættes fire dråber CaCl₂- opløsning. Blandingen rystes grundigt og filtreres.
- Borkoncentrationen i opløsningen bestemmes via ICP spektrofotometer.

Bortallet = (mg B i opløsningen – blindværdi) x 20. En enhed af bortallet svarer til 1 mg B pr. 10 kg jord eller ca. 0,25 kg B pr. ha i pløjelagets dybde på almindelig jord. På trods af at de fælles arbejdsmetoder fra 1994 angiver at bortallet varierer fra 0,5-300, så er de høje bortal højst sandsynlig ikke at finde i agerjord, hvor Bt er en del lavere. Den hyppigste fundne værdi er omkring 9 eller lavere (Plantedirektoratet, 1994).

[Til top](#)

1.4 MANGANTAL (MNT)

Mangantallet angiver jordens indhold af ombyttelige manganioner.

- Jordprøven tørres ved stuetemperatur, og sigtes gennem 2 mm før mangananalysen udføres.
- 10 gram jordprøve tilføres 50 ml 0,5 M magnesiumnitratopløsning ($Mg(NO_3)_2$), og rystes i 2 timer i rysteapparat, hvorefter opløsningen filtreres.
- mangankoncentrationen bestemmes via ICP.

Mangantallet beregnes ved at gange det aflæste manganindhold i ppm med 5. En enhed svarer til 1 mg Mn pr. kg jord eller 2,5 kg ombyttelig mangan pr. ha i pløjelaget på almindelig agerjord (Plantedirektoratet, 1994). Plantetilgængeligheden af mangan er afhængig af jordens pH (reaktionstal), redoxforholdene og fosforkoncentrationen i jordvæsken. Selv en mindre pH ændring kan have en afgørende effekt på koncentrationen af mangan i jordvæsken, så Mnt giver kun en grov orientering om jordens indhold af tilgængeligt mangan (Knudsen, 2001; Plantedirektoratet, 1994). Læs mere om tilgængeligheden af mangan i agerjord [Her](#).

1.5 MOLYBDÆNTAL (MOT)

Molybdæntallet er et mål for jordens indhold af molybdænenforbindelser i en oxalatstødepudeblanding med pH 3,3.

- Til 20 gram jord tilsættes 200 ml ammoniumoxalat-oxalsyreopløsning ($COONH_4$ og $COOH$), hvorefter opløsningen rystes i 20 timer i rysteapparat.
- Opløsningen filtreres og 150 ml inddampes til tørhed. Indholdet glødes ved 450 °C i 3 timer for at fjerne oxalat og organisk stof. Efter afkøling tilsættes 5 ml 20 % saltsyre og 1 ml perchlorsyre, hvorpå opløsningen inddampes. Tilsætning af saltsyre, perchlorsyre og inddampning gentages. Efter afkøling opløses inddampningsresten i 5 ml saltsyre (20 %) som tilsættes 1 ml ferroammoniumsulfatopløsning ($FeSO_4(NH_4)_2SO_4$ og H_2SO_4), 5 ml natriumfluoridopløsning, 1,5 ml kaliumtiocyanatopløsning og 3 ml stannochloridopløsning ($SnCl_2$ og HCl). Tilsætningen af reagenser skal ske i den anførte rækkefølge, og efter hver tilsætning af et reagens rystes indholdet kraftigt i 15 sekunder. Derefter fyldes der op med demovand til 30 ml. Der tilsættes 10 ml isoamylalkohol, og rystes kraftig i 1 min. Efter 20 min aftappes den vandige fase og isoamylalkoholfasen vaskes 1 gang med 25 ml frisk fremstillet opløsning af 1 del stannochloridopløsning og 25 dele demovand. Efter sidste aftapning af den vandige fase filtreres isoamylalkoholfasen gennem et filter med få mg fast stannochlorid.
- Farveintensiteten måles via spektrofotometer ved 470 nm og molybdænkonzentrationen ($\mu g Mo$) registreres ud fra standardkurven.

Molybdæntallet beregnes ved at gange koncentrationen med 2/3. En enhed modsvarer 1 mg Mo pr. 10 kg jord eller ca. 0,25 kg Mo pr. ha i pløjelaget (Plantedirektoratet, 1994).

Til top

2. ANALYSEAPPARATER TIL KONCENTRATIONSBESTEMMELSE

Gennem årene er analyseapparaterne blevet mere effektive til at bestemme koncentrationen af næringstoffer i opløsninger. Tidligere anvendte laboratorierne et atomabsorptionsflammespektrofotometer (FAAS) til bestemmelse af Cu, Zn, B og Mn (Plantedirektoratet, 1994). Teknikken er baseret på princippet om, at metaller i atomtilstand absorbere fotoner (lys) ved en specifik bølglængde afhængig af metallet. Metalioner i en opløsning konverteres til atomtilstand i en flamme. Fotoner ved en bestemt bølglængde rammer atomerne, og absorberet lys måles, hvorefter koncentrationen registreres (Se hvordan dette finder sted [her](#)) (Sah and Brown, 1997). FAAS kan dog kun analysere et element af gangen (Raszkievicz, 2016).

I dag bestemmes koncentrationen af mikronæringsstoffer i en opløsning ofte via et ICP spektrofotometer, hvor brugen af plasma muliggør adskillelse og registrering af mange elementer i en analyse. I teorien kan både ICP-OES (*inductively coupled plasma - optical emission*) og ICP-MS (*inductively coupled plasma - mass spectrometry*) anvendes. En prøve introduceres til plasma (ofte argon) som er ioniseret gas med en neutral ladning. Prøven forstøves og ioniseres ved høj temperatur (ca. 10.000 °C). Derefter er de to metoder forskellige. Ved ICP-OES dannes et foton signal ved ioniseringen, hvorved næringstofkoncentrationen registreres. Herved er mængden af et element i en prøve proportional til intensiteten af energien der udsendes ved en bestemt bølglængde. Ved ICP-MS måler massepektrofotometeret forholdet mellem massen og ladningen og skiller næringstoffet ud. Detektoren omdanner ionenergien til elektrisk energi, hvorved næringstofkoncentrationen registreres (Sah & Brown, 1997). Analyser foretaget med ICP-MS er ofte en dyr løsning i forhold til analyser foretaget med ICP-OES, hvormed ICP-OES ofte anvendes af laboratorierne (Agrolab Group, 2016; Eurofins Agro Testing Sweden, 2016; Yara Analytical Services, 2016).

3. OVERSIGT OVER UDENLANDSKE ANALYSEMETODER

Nedenfor er beskrevet de analysemetoder, der anvendes hos en række udenlandske laboratorier. Det drejer sig om Eurofins (Sverige), Agrolab (Tyskland) og Yara (England).

3.1 SVERIGE (EUROFINS)

Ved Eurofins i Sverige anvendes den samme analyse (ekstraktion) til at bestemme kobber-, zink- og manganindholdet i jordprøver.

- 5 gram jord tilsættes 50 ml CAT-opløsning som består af CaCl₂ og DTPA (udvidet version af EDTA). Opløsningen rystes i en time og filtreres.
- koncentrationerne bestemmes ved ICP-OES spektroskopi.

Bestemmelse af bor:

- 12,5 gram jordprøve tilsættes 25 ml demineraliseret vand som koges i 15 min. Derefter afkøles prøven i koldt vandbad. Der tilsættes 0,25 ml 2,5 M CaCl₂ og prøven filtreres.

- borindholdet bestemmes via ICP-OES spektroskopi.

Bestemmelse af molybdæn:

- 4 gram jordprøve tilsættes 40 ml oxalsyre-opløsning ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Opløsningen anbringes i rysteapparat og roteres i 8-10 timer, hvorefter den filtreres.
- koncentrationen af Mo bestemmes ved ICP-OES (Eurofins Agro Testing Sweden, 2016).

[Til top](#)

3.2 TYSKLAND (AGROLAB)

Ved Agrolab i Tyskland anvendes CAT-ekstrahering til at bestemme indholdet af kobber, zink, bor og mangan i jordprøver.

- 10 gram jord tilsættes 100 ml CAT-opløsning (CaCl_2 og DTPA). Opløsningen roteres i en time og filtreres.
- koncentrationerne bestemmes ved ICP-OES spektroskopi.

Bestemmelse af molybdæn:

- 25 gram jordprøve tilføres 50 ml vand og koges i 20 min ved $120\text{ }^\circ\text{C}$, hvorpå der tilsættes 0,5 M CaCl_2 .
- Koncentrationen af Mo bestemmes ved ICP-OES.
- CAT-analysen kan ligeledes omfatte næringsstofferne Al, Fe, K, Mn, Na, P, S med bestemmelse via ICP-OES og $\text{NH}_4\text{-N}$ og $\text{NO}_3\text{-N}$ via CFA (Continuous Flow Analyzer) (Agrolab Group, 2016).

3.3 ENGLAND (YARA)

Bestemmelse af kobber og zink:

- Koncentrationen af mikronæringsstofferne i en jordprøve bestemmes i en EDTA- Na_2 opløsning (1:5 ratio).

Bestemmelse af bor:

- Jordprøven koges i vand ved $80\text{ }^\circ\text{C}$ (1:2,5 ratio).

Bestemmelse af mangan:

- Jordprøven tilsættes 1 M ammonium-acetate samt 2 g/l quinol ($\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$) (1:10 ratio).

Bestemmelse af molybdæn:

Jordprøven tilsættes ammonium-acetate og oxalsyre.

Efter ekstrahering bestemmes koncentrationen af mikronæringsstofferne ved ICP-OES spektroskopi (Yara Analytical Services, 2016).

Ud fra ovennævnte gennemgang ses det, at Danmark, Sverige, Tyskland og England bruger en kelatbindende agent (EDTA og DTPA) til at analysere prøver for Cu og Zn (tabel 1). EDTA eller DTPA virker ved at binde metallerne afhængig af dissociationskonstanten af komplekset (figur 1). Kationer hvis EDTA-kompleks er mindre dissocieret end $\text{Na}_2\text{-EDTA}$, vil binde stærkere i rækkefølgen: $\text{Li}^+ < \text{Ba}^{2+} < \text{Sr}^{2+} < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{Mn}^{2+} < \text{Fe}^{2+} < \text{La}^{3+} < \text{Co}^{2+} < \text{Cd}^{2+} < \text{Pb}^{2+} < \text{Ni}^{2+} < \text{Cu}^{2+} < \text{Fe}^{3+}$ (Schierup og Jensen, 1979).

Den mest anvendte metode til at bestemme borkoncentrationen er kogning i vand (HWB).

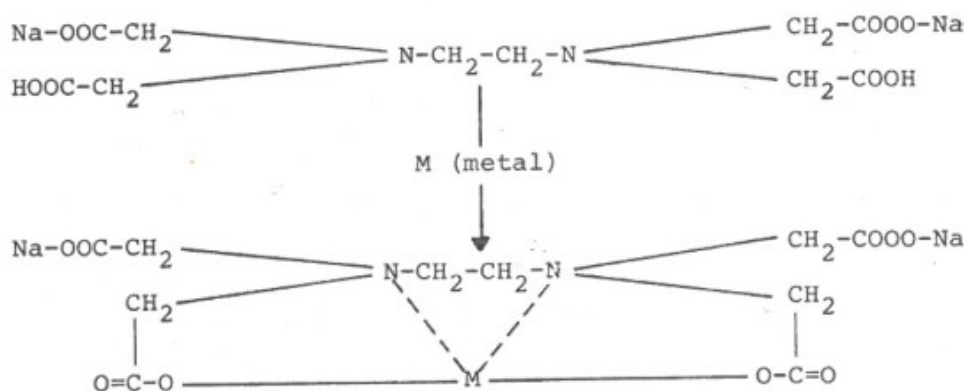
I de fire lande anvendes henholdsvis tre og fire forskellige metoder til at bestemme mangan- og molybdænkonzentrationen i en jordprøve (tabel 1), hvor Danmark bruger langt den mest omfattende metode til at bestemme koncentrationen af Mo sammenlignet med de andre lande. Det er altså kun tyske Agrolab som anvender samme ekstraheringsmetode (CAT) til alle mikronæringsstofferne Cu, Zn, B og Mn.

[Til top](#)

Tabel 1: Standard ekstraktionsmetoder for mikronæringsstoffer i Danmark, Sverige (Eurofins), Tyskland (Agrolab) og England (Yara).

	Cu	Zn	B	Mn	Mo
Danmark	EDTA-Na ₂ og NH ₄ Cl	EDTA-Na ₂ og NH ₄ Cl	Vand (100 °C) og CaCl ₂	Mg(NO ₃) ₂	8 Reagenser ¹⁾
Sverige	DTPA og CaCl ₂	DTPA og CaCl ₂	Dem-vand (100 °C) og CaCl ₂	DTPA og CaCl ₂	H ₂ C ₂ O ₄
Tyskland	CAT (DTPA og CaCl ₂)	CAT (DTPA og CaCl ₂)	CAT (DTPA og CaCl ₂)	CAT (DTPA og CaCl ₂)	Vand (120°C) og CaCl ₂
England	EDTA-Na ₂	EDTA-Na ₂	Dem-vand (80 °C)	NH ₄ CH ₃ CO ₂ og C ₆ H ₄ (OH) ₂ .	NH ₄ CH ₃ CO ₂ og H ₂ C ₂ O ₄

1) De 8 reagenser findes i de fælles arbejdsmetoder fra 1994 (Plantedirektoratet, 1994)



Figur 1. Kompleksbinding af et metal med EDTA (Schierup og Jensen, 1979).

3.4 MEHLICH III

Mehlich III (M3) metoden er en multi-element analyse som kan bestemme indholdet af makro- og mikronæringsstoffer (P, K, Ca, Mg, Na, Al, Fe, Cu, Zn, Mn og B) i et og samme ekstrakt. Metoden anvendes blandt andet i USA, Canada, Australien, Estland, Tjekkiet og Slovakiet (Rubæk & Sørensen, 2011; Ziadi & Sen Tran, 2006). Ekstraktionsvæsken består af 0,2 M CH₃COOH, 0,25 M NH₄NO₃, 0,015 M NH₄F, 0,013 M HNO₃ og 0,001 M EDTA. Fosforen ekstraheres via eddikesyren og fluoren i opløsningen, mens kalium, calcium, magnesium og natrium ekstraheres med ammoniumnitrat og salpetersyre. Mikronæringsstofferne kobber, zink, mangan og jern ekstraheres med NH₄ og det kelatbindende EDTA.

Yara laboratoriet i England tilbyder M3 analysen, som inkluderer P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Mn, B, Mo, S, Co og pH.

For at opsummere er det altså interessant, at undersøge om CAT- og/eller M3-metoden er tæt korrelerede med de danske metoder, og derfor kan anvendes i Danmark i stedet for de klassiske danske analysemetoder uden at metoderne skal testes på forsøg mv.. På trods af at Zbiral & Němec (2009) fandt frem til at M3 og HWB kunne ekstrahere samme mængde B uden modificering, har Hill laboratoriet i New Zealand dog konstateret, at relationen mellem de to metoder var ringere ved lave borkoncentrationer (<1-2 µg/g). M3 analysen kan altså være problematisk at anvende på jordprøver med lave borkoncentrationer, hvilket ofte kendetegner danske agerjorde (Hill Laboratories, 2016).

[Til top](#)

4. SAMMENLIGNING AF DANSKE ANALYSEMETODER MED CAT- OG M3-METODERNE

Da den Tyske CAT-metode og M3-metoden kan analysere de udvalgte mikronæringsstoffer samt flere næringsstoffer ud fra én ekstrahering, sammenholdes disse to metoder med de danske analysemetoder. Kun M3 inkluderer Mo, og derfor fokuseres der i denne undersøgelse på mikronæringsstofferne Cu, Zn, B og Mn, som både CAT- og M3-metoden kan analysere for.

Jordprøver med fem forskellige jordtyper (JB1, JB2, JB4, JB6 og JB7) blev sendt til OK Laboratorium for Jordbrug, Agrolab Agrar und Umwelt og Yara Analytical Services til analyse for indhold af mikronæringsstoffer via henholdsvis de danske analysemetoder og CAT- og M3-metoden (tre gentagelser).

Figur 2 viser koncentrationen af mikronæringsstofferne i de fem jorder analyseret med de tre analysemetoder.

For Cu gælder, at CAT-analyserne er systematisk lavere og M3-analyserne systematisk højere end den danske analyse (undtagen på JB 7). Afvigelsen er størst for M3-analysen.

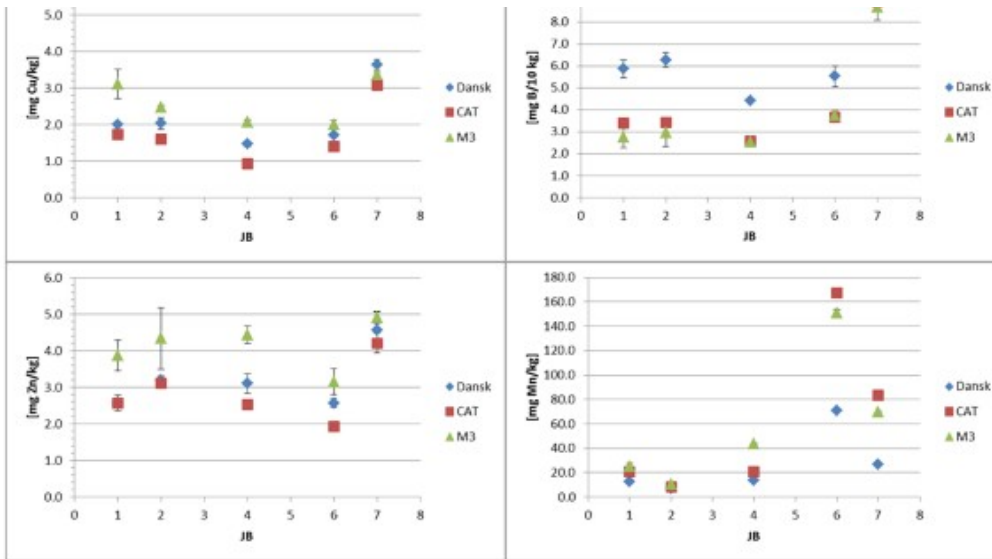
For Zn gælder, at der overordnet er samme forskel mellem metoderne som for Cu, hvor CAT-koncentrationerne systematisk ligger under de danske zinkkoncentrationer, mens M3-koncentrationerne ligger over. Dog er zinktallet på JB1 og JB2 næsten ens for den danske metode og CAT. For Zn er standard afvigelsen (SD) ved M3-metoden generelt større end for de andre metoder (ved JB6 er der kun 2 gentagelse for M3-metoden), hvilket betyder at forskellen mellem metoderne er størst for M3-analysen.

Forskellen mellem de tre metoder ser anderledes ud for bortallet end for kobber- og zinktallet. For bor gælder, at den danske metode generelt giver betydelig højere borkoncentrationer end CAT og M3, som derimod ligger meget tæt. Særligt på de mere sandede jorde er forskellen mellem resultaterne fra den danske metode og CAT- og M3-metoden stor.

På JB6 og JB7 er mangankoncentrationerne med den danske analysemetode betydeligere lavere end for de andre analysemetoder, mens mangankoncentrationerne ved de tre metoder ligger tættere på de sandede jorde (JB1, JB2 og til dels JB4).

Overordnet set tyder resultaterne for Cu og Zn på, at CAT-metoden korrelerer bedre med de danske metoder end M3-metoden, mens resultaterne for B indikerer en bedre korrelation mellem CAT og M3.

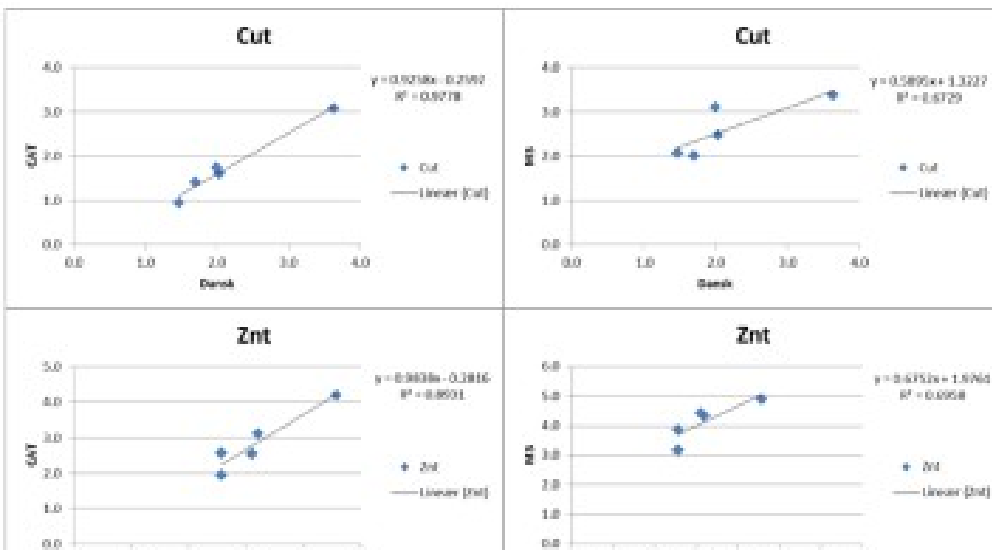


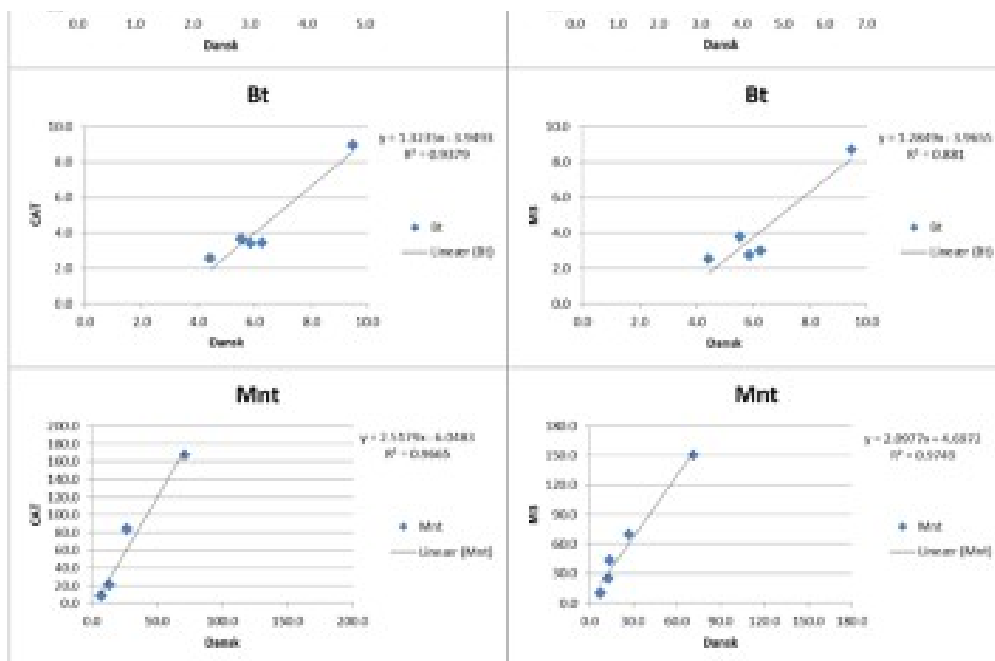


Figur 2. Koncentrationen af Cu, Zn, B og Mn i fem jordtyper (JB1, JB2, JB4, JB6 og JB7) via de tre forskellige analysemetoder (danske metoder, CAT- og M3-metoden). Figuren inkluderer standard afvigelsen (SD) ud fra tre gentagelser.

Til top

Figur 3 viser en stærk positiv korrelation mellem de danske analysemetoder for mikronæringsstoffer og den tyske CAT-metode ($R^2 = 0,89-0,98$). Der ses ligeledes en god korrelation mellem M3 og de danske analysemetoder ($R^2 = 0,67-0,97$), hvor korrelationen dog er dårligere men acceptable for Cu og Zn ($R^2 = 0,67$ og $0,70$). Dette viser at de danske analysemetoder for mikronæringsstofferne Cu, Zn, B og Mn kan erstattes med den Tyske CAT-metode og M3-metoden. På trods af at Hill laboratoriet i New Zealand fandt en dårlig korrelation mellem M3 og HWB, kunne dette ikke genfindes i resultaterne fra de fem danske jorder, hvor korrelationen mellem den danske analysemetode og M3 var god ($R^2 = 0,88$). Da CAT- og M3-metoden kan ekstrahere alle mikronæringsstofferne med én ekstrahering er disse jordanalyser en del mere tidbesparende i forhold til de danske metoder, hvor der skal anvendes tre forskellige metoder til at registrere mikronæringsstofferne i en jordprøve. Dog betyder tidsbesparelsen ikke nødvendigvis, at det bliver billigere at få analyseret jordprøver for mikronæringsstoffer.





Figur 3. Korrelation mellem den danske analysemetode og CAT- samt M3-metoderne.

[Til top](#)

5. KONKLUSION

- Laboratorierne Agrolab i Tyskland, Eurofins i Sverige og Yara i England anvender lignende metoder til at bestemme indholdet af Cu og Zn i agerjord som Danmark. Laboratorierne fra Danmark, Sverige og England anvender alle kogning i vand (HWB) til at bestemme koncentrationen af B i jordprøver mens laboratoriet i Tyskland bruger CAT-metoden. Laboratorierne anvender henholdsvis tre og fire forskellige metoder til at bestemme mangan- og molybdænkonzentrationen i jord.
- CAT-metoden fra tyske Agrolab og M3-metoden er tidsbesparende arbejdsmetoder som ekstraherer flere mikronæringsstoffer i samme ekstrakt sammenlignet med de danske analysemetoder som er mere tidskrævende og kræver flere reagenser.
- De danske analysemetoder for mikronæringsstofferne Cu, Zn, B og Mn kan erstattes af CAT-metoden, da der er en stærk positiv korrelation mellem metoderne. Dvs. CAT-metoden umiddelbart kan anvendes med samme tolkningsvejledning som hidtil med en vis forskydning af niveauerne. De danske analysemetoder kan ligeledes erstattes med M3-metoden, hvor der også findes en god korrelation mellem metoderne.
- Da CAT- og M3-metoderne kan ekstrahere alle mikronæringsstofferne med én ekstrahering er disse jordanalyser en del mere tidbesparende i forhold til de danske metoder, hvor der skal anvendes tre forskellige metoder til at registrere mikronæringsstofferne i en jordprøve. Dog betyder tidsbesparelsen ikke nødvendigvis, at det bliver billigere at få analyseret jordprøver for mikronæringsstoffer.

[Til top](#)

6. REFERENCER.

- Agrolab Group (2016). Mundtlig kommentar. Breslauer Str. 60, 31157 Sarstedt, Tyskland.
- Berger, K. C. & Truog, E. 1939. Boron determination in soils and plants. University of Wisconsin, Madison, Wis. Industrial and engineering chemistry. Vol. 11, NO. 10.
- Eurofins Agro Testing Sweden (2016). Mundtlig kommentar. 291 09 Kristianstad, Sverige.
- Plantedirektoratet (1994). Fælles arbejdsmetoder for jordbundsanalyser. Fødevarerministeriet, Skovbrynet 20, 2800 Lyngby.
- Knudsen, L. (2001). Manganmangel. SEGES, Agro Food Park 15, 8200 Aarhus N.
<https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Goedskning/Naeringsstoffer/ManganMn/Sider/Manganmangel.aspx>
- Hill Laboratories, 2016. The Mehlich 3 soil test. (hjemmeside besøgt d. 21-11-2016)
http://www.hill-laboratories.com/page/pageid/2145845702/Soil_Test_for_General_Agriculture
- Jiří Zbírál & Pavel Němec (2009) Comparison of Some Soil Extractants for Determination of Boron, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 40:1-6, 96-105, DOI: 10.1080/00103620802625641.
- Rubæk, G. H. & Sørensen, P (2011). Jordanalyser – kvalitet og anvendelse. Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet. DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Blichers Allé 20, postboks 50, 8830 Tjele.
- Sah, R. N. & Brown, P. H. (1997). Techniques for boron determination and their application to the analysis of plant and soil samples. *Plant and Soil* 193, 15-33.
- Schierup, H. og Jensen, A. (1979). Vejledning i kemisk og fysisk analyse af jordprøver og plantemateriale. Botanisk Institut, Aarhus Universitet. ISBN: 87-87600-04-8.
- Yara Analytical Services (2016). Mundtlig kommentar. Manor Place, Wellington Road. The Industrial Estate, Pocklington YO42 1DN York. England.
- Ziadi, N. & Sen Tran, T. 2006. Mehlich 3-Extractable Elements. In Soil Sampling and Methods of Analysis, Second edition. Canadian Society of Soil Science.

[Til top](#)