

Katalog over metoder til at beskrive og kvantificere jordens frugtbarhed med hovedvægt på den biologiske del



”Katalog over metoder til at beskrive og kvantificere jordens frugtbarhed med hovedvægt på den biologiske del” er udgivet af Økologisk Landsforening i projekt ”Styr på den økologiske jordfrugtbarhed”, som er støttet af Fonden for Økologisk Landbrug. Dette er version 2.0, som er den endelige version af kataloget.

Aarhus, 2019-2020

Forfattere

Janne Aalborg Nielsen, tidl. Projektleder, Økologisk Landsforening

Anton Rasmussen, Økologikonsulent, Økologisk Landsforening

Dennis Weigelt Pedersen, Projektleder, Økologisk Landsforening

Forsidefoto

Janne Aalborg Nielsen, Økologisk Landsforening

Fonden for **økologisk landbrug**

Indhold

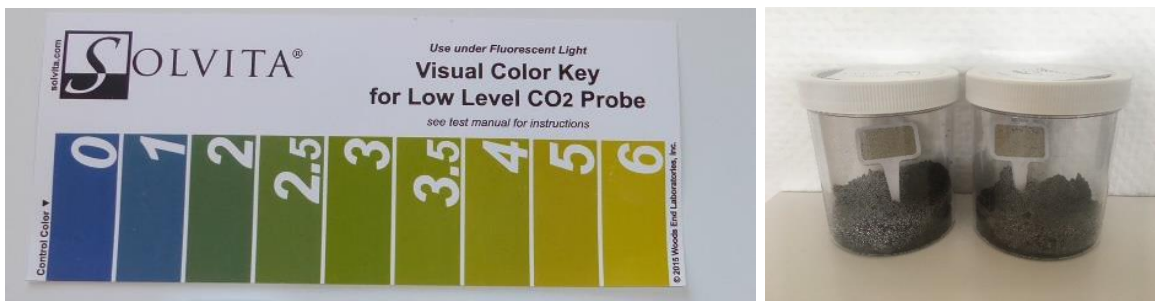
Indledning.....	4
Solvita soil test.....	4
Mikroskopering af jord.....	5
Mikroliv.....	5
Metode.....	6
SoilBioLab.....	10
Metode.....	10
Albrecht jordanalyse.....	12

Indledning

I projektet ”Styr på den økologiske jordfrugtbarhed” arbejdes der med at undersøge og synliggøre betydningen af livet i jorden i relation til jordens frugtbarhed og udbyttepotentiale. Arbejdet indebærer en beskrivelse og en afprøvning af metoder til at kvantificere jordens frugtbarhed med hovedvægt på biologien. I dette katalog kan du læse om tre metoder; Solvita soil test, mikroskopering af jord og Albrecht jordanalyse.

Solvita soil test

Firmaet Solvita udbyder en række test til at kvantificere jordfrugtbarhed. Fælles for testene er, at de kan anvendes til at måle direkte på en frisk jordprøve og måler jordens indhold af organisk bundet kvælstof eller jordlivets respiration ved bestemmelse af CO₂ emission fra jorden. I projektet Styr på den økologiske jordfrugtbarhed er der gennemført den såkaldte Field Test. Den valgte test er relativ simpel og måler respiration i jorden, og giver derved et billede af graden af biologisk aktivitet i jorden. Ved testen bestemmes respirationen fra mikroorganismene i en jordprøve ved hjælp af en testpind/probe. Ved test udtages en frisk jordprøve, der afvejes og en testprobe sættes i jordprøven i et lufttæt måleglas. Testen består af en gel, der skifter farve ift. CO₂ niveauet i målebægeret. Farven på gelen aflæses efter 24 timer, hvor CO₂-emission estimeres ved at aflæse farven på gelen ud fra en farvekode. Testen kræver således ikke avanceret måleudstyr eller laboratorie målinger, og kan derfor udføres direkte af eller hos landmanden.



Figur 1 Solvita farvekodekort (tv) og bægre med jord og testprober (th)

Måling af jordrespiration er en af de ældste, og mest anvendte metoder til at kvantificere mikrobiel aktivitet i dyrknings jord (Zibilske 1994; Alef 1995). Respiration i jorden er positivt korreleret med indholdet af organisk materiale, og også ofte med jordens mikrobielle biomasse og aktivitet (Alef 1995). Respiration bestemmes ud fra CO₂ emissionen eller flux, der kommer fra mikro- og makrolivets aerobe omsætning af organisk materiale til energi, CO₂ og vand. I jorden udskilles CO₂ specielt fra mikroorganismer, der er en nøgelfaktor i kulstofcyklussen i alle terrestriske økosystemer. Respirationen herfra er således en central metabolisme, hvormed fotosyntese bundet kulstof returneres til atmosfæren.

Mikroorganismernes metaboliske processer i jorden kan kvantificeres ved at måle CO₂-produktion og/eller O₂-forbrug (Nielsen & Winding, 2002). Der er dog en række faktorer ift. klima og jordbundsforhold, herunder særligt jordstruktur, -fugtighed, og -temperatur, der påvirker

CO2 emissionen fra marken væsentligt (Raich & Aydin, 2000). Det er vigtigt, at brugen, tolkning og sammenligning af resultater af marktest som f.eks. Solvita ikke sammenlignes direkte, når de ikke gennemføres under identiske forhold. Derfor anbefales det også af Solvita, at man gennemfører flere test over tid og under sammenlignelige forhold, og noterer de fysiske faktiske forhold under prøvetagning.

I løbet af projektet er vejledningen til Solvita Soil Test blevet oversat til dansk. Du kan finde den danske vejledning [her](#).

Der er i projektet blevet foretaget en videnskabelig vurdering af Solvita Soil Test, og dets anvendelighed til kvantificering af jordens frugtbarhed og/eller mikrobiologiske aktivitet. Ekspertvurderingen er foretaget af professor Søren Husted, Københavns Universitet.

I vurderingen konkluderes det at der mangler uvildige undersøgelser, der underbygger korrelationen mellem graden af respiration i jorden, og jordens frugtbarhed. Bl.a. gives følgende eksempel:

”Resultatet vil f.eks. være afhængig af, om der lige er nedmuldet halm. I en sådan jord vil respirationen være meget høj, men frugtbarheden på måletidspunktet vil være lav, da N og andre næringsstoffer vil immobiliseres.” (Husted, 2020)

Han skriver dog også, at der i jorde der har opnået en grad af ligevægt i den organiske pulje, altså hvor immobiliseringen efter nedmulding af halm, ikke længere overstiger den mobilisering der er fra den organiske pulje, vil være god grund til at antage at respirationen i jorden vil være beskrivende for jordens frugtbarhed.

Du kan læse hele ekspertvurderingen [her](#).

Mikroskopering af jord

Gennem mikroskopi visualiseres det mikrobiologiske liv i jorden, som undersøges for indholdet af bl.a. svampe og bakterier. Forholdet mellem svampe og bakterier i jorden kan, sammen med andre faktorer, afspejle jordens frugtbarhed.

I projektet Styr på den økologiske jordfrugtbarhed har vi arbejdet med to laboratorier der tilbyder jordanalyse med mikroskopering, som bl.a. giver et resultat på forholdet mellem svampe og bakterier.

Det ene laboratorium er det norske firma Mikroliv (tidligere Vital Analyse). Og det andet firma er Soil Bio Lab fra England.

Mikroliv

Hos **Mikroliv** i Norge udføres mikroskopering af jord og kompost. Følgende er Mikroliv's egen beskrivelse af metoden oversat til dansk med tilladelse fra Mikroliv.

Metode

Mikrober i jorden holder til i det tynde lag vand der omgiver jordpartiklerne. For at observere naturlige mikrobielle populationer så nøjagtigt vi kan blandes jordprøver med vand og står herefter og ”hviler” i to dage. Dette gør, at man også kan få organismer, der muligvis er gået ind i en sovende tilstand, til at vise sig. En dråbe af prøven observeres derefter ved anvendelse af et lysmikroskop ved 400X forstørrelse. Vi ser på en kontinuerlig stribe ned gennem midten eller det mest repræsentative område i objektglasset, og tæller alle organismer i dette område. Dette gentages i alt tre gange pr prøve for at opnå større nøjagtighed og repræsentation af jorden.

Det primære fokus i vores biologiske analyser er at estimere forekomsten og mangfoldigheden af organismer i jorden, hvilket giver et billede af den økologiske (eng: ecological) sundhed. Vi tager også noter og skriver kommentarer om jordens fysiske udseende inklusive aggregering. Der er nogle fysiske egenskaber ved jorden, som vi betragter som positive tegn og indikatorer for sund mikrobiel aktivitet, såsom lavere massefylde i kombination med god aggregering af jorden og generelt lyst, ”rent” udseende i mikroskopet.

Hvorfor biologisk jordanalyse

Aktiviteten i en robust gruppe af jordorganismer bidrager til en bedre jordstruktur, god vandtilbageholdelse og afdræning, god næringsstofcyklus og tilbageholdelse, modstandsdygtighed for erosion, skadedyr og sygdomme, og bedre vækstbetingelser for afgrøderne. Evaluering af jord på mikroskopi-niveau giver værdifuld indsigt i sundhed og modstandsdygtighed i dit jordøkosystem, som kan hjælpe dig med et godt beslutningsgrundlag og forbedre din managementstrategi for jorden.

Hvad kigger vi efter

I den mest ideelle jord vil organismer fra alle listede grupper blive fundet, og der vil være en vis mangfoldighed indenfor grupperne (f.eks. ikke kun en type flagellat). De fleste landbrugsjorder som vi ser, har tendens til at få en samlet score på mikroskopi i området 1-3. Hvis din jordprøve har fået en score indenfor dette interval, betragtes den som normal eller gennemsnitlig. En score højere end 3 betyder, at den biologiske aktivitet i jorden er højere end sædvanlig (som normalt er godt), og lavere end 1 er meget dårlig vurdering/rating.

Generelle vurderingskriterier

I en sund jord er økosystemet meget komplekst, og alle ”trofiske” niveauer er repræsenteret. I økologi (eng: ecology) er et trofisk niveau en organismes position på fødekæden. Der er primære producenter, såsom planter (eller bakterier), primære forbrugere så som mus (eller flagellater) og sekundære forbrugere, der spiser primære forbrugere, såsom ræve (eller ciliater). Dette er et forenklet syn på økologi/ecology, da mange grupper tager føde indenfor flere forskellige trofiske niveauer, og linjerne skaber mere et ”web” end ”en kæde”, men det er nok til at give os et billede af jordens økologiske helbred. I de fleste af de jordarter, vi ser, er kun lavere trofiske niveauer repræsenteret. Vi ser oftest bakterier og svampe (producenter og nedbrydere) i det første trofiske niveau og flagellater i det andet. I mere komplekse jordøkosystemer ser vi også et par ciliater, hjuldyr (rotifer) og andre organismer i højere trofiske niveauer. Tilstedeværelsen af

højere niveau rovdyr i et økosystem antyder, at fødekæden fungerer korrekt, da der så må være mad og levesteder til dem.

Diversitet

Dette aspekt af vores analyse udvikles stadig, da det er udfordrende at præsentere status på et økosystem i simple tal på en meningsfuld måde. Af praktiske grunde er det ikke muligt at identificere de arter der er til stede i hver prøve, så vi ser på brede grupperinger og forskelle i morfologiske eller adfærdsmæssige egenskaber hos individuelle organismer for at estimere diversiteten. Ideelt set vil vi gerne se en moderat overflod, relativt jævnt fordelt på grupper og høj diversitet indenfor og imellem grupper. Scoringen for protozoer tager højde for at disse kan forekomme i rigelige mængder, samt for diversitet og fordelingen af grupper af organismer identificeret i jorden.

Evaluering af svampe

Svampehyfer der er bredere end 3 μm , betragtes som et godt tegn, mens et stort antal af lyse, tynde hyfer kan indikere tæt, komprimeret, iltfattig jord. Svampe biomasse estimeres ved hjælp af den omtrentlige diameter og længde på hyfe-fragmenterne, og hvor vidt hyfe-fragmentet er forgrenet eller ej. (Forgrening resulterer i et større biomasseestimat). Svampebiomasse sammenlignes med antal individuelle svampehyfe-fragmenter observeret for at give et mere komplet billede af svampe i prøven, som kan præsenteres med en simpel numerisk score.

For at præsentere dette i et tal bruges følgende kriterier:

Karakter	Antal
0	<4 pr. strip og/eller <25 $\mu\text{g/g}$
1	\geq 5 pr. strip og <60 $\mu\text{g/g}$
2	5-16 pr. strip og 60-120 $\mu\text{g/g}$
3	\geq 10 pr. strip og 120-250 $\mu\text{g/g}$
4	\geq 20 pr. strip og > 220 $\mu\text{g/g}$
5	\geq 27 pr strip og > 500 $\mu\text{g/g}$

Det gælder i dette evalueringsprogram, at jo højere antallet er, desto mere positivt er resultatet. Hvis der er en særlig stor mængde tynde, lyse hyfer (mindre end 3 μm) vil prøven få en værdi tættere på 1 (0 er den laveste værdi), da dette betragtes som et tegn på dårlige forhold.

Bakterier

Bakterier er meget små. Vi kan kun lige se dem ved en forstørrelse på 400X. Vi kan skelne mellem de tre typiske bakterieformer, som er stænger, cocci (runde) og spirilla (spiralformede celler). Vores analyse giver en estimeret forekomst af bakterier, som repræsenterer det omtrentlige antal individer pr. mikroskopfelt (en cirkel med en diameter på 500 mikrometer). Dette antal er et groft skøn, og er kun beregnet til at give en generel ide om bakteriepopulationen i jorden, og det giver os mulighed for at beregne et skøn over bakteriel biomasse, som vi derefter kan sammenligne med estimatet for svampebiomasse, og herved finde forholdet imellem dem. Det

gør det muligt at beskrive om jorden er svampe-domineret eller bakterie-domineret. Vi noterer også diversitet og aktivitet. Oftest ser vi kun cocci eller bakterier, der er så små at vi ikke helt kan bestemme formen, men lejlighedsvis har jorden også bevægelige stænger og/eller spirilla, som noteres med en kommentar som ”nogen”, ”moderat” eller ”høj” diversitet, afhængig af hvor meget diversitet der ser ud til at være. Kompost og mere komplekse, biologisk rige jorder har typisk markant højere bakteriel diversitet men lavere bakteriel mængde end typiske landbrugsjorder.

Svampe/bakterie forhold

Den ideelle landbrugsjord har et forhold mellem svampe og bakterier der er tæt på 1:1, fremfor en signifikant dominans af den ene eller den anden. Det er typisk at se en stærk bakteriedominans i landbrugsjord og en stærk svampedominans i skovbunds-jord.

Protozoer

Protozoer er en utrolig forskelligartet gruppe af encellede, eukaryote organismer, der har en rovdynsrolle i jordens fødenet. Protozoer bruger relativt lidt kvælstof, så deres konsumering af kvælstofrige bakterier hjælper med at frigive plantetilgængeligt kvælstof tilbage i jorden.

Klassificering og identificering af levende protozoer er udfordrende, men til vores formål kan de opdeles i tre brede grupper: flagellater, ciliater og amøber.

Flagellater er generelt mindre end ciliater, men større end bakterier, og har en eller flere pisk-lignende haler kaldet flagella, som de bruger til bevægelse eller til at skabe en strøm i vandet, der bringer mad mod cellen. Flagellater er sekundære konsumerer i jordbunden, som primært lever af bakterier. Flagellater er meget almindelige i jord, og egenskaberne for denne gruppe (så som størrelse og mangfoldighed) kan give os mere indsigt i jordens sundhed.

Ciliater er typisk større end flagellater, og de lever af bakterier såvel som andre protister (organismer med cellekerne). Den største forskel, som bruges ved identifikationen, er tilstedeværelsen af mange små hår, kaldet cilia, i stedet for længere pisk-lignende haler, som flagellaterne har. Cilia bruges både til bevægelse og til at skabe strømme til at trække maden mod cellen.

Amøber er en type protozoer med en flydende, dynamisk kropsform. Amøber danner pseudopoder, eller ”falske fødder”, for at bevæge sig rundt og fange mad. Amøber lever af bakterier, andre protister og dødt organisk materiale. De spiser mad ved blot at omslutte og absorbere det. Vi ser efter to brede grupper af amøber, nøgne eller med skal. Nøgne amøber lever frit, lidt som nøgne snegle, mens skal-amøber bygger en skal, lidt som en snegl med hus.

Ud over protozoer noterer vi også tilstedeværelsen af alger og protozo-cyster samt større, mere komplekse mikroskopiske organismer såsom hjuldyr og nematoder, der bidrager til vurdering af biodiversitet.

Totalvurdering af protozoer

Når vi vurderer jordprøver for protozoer, er vi ikke bare på udkig efter et stort antal. Den ideelle prøve vil have moderat repræsentation fra mange grupper med god diversitet indenfor grupperne.

Vi har forsøgt at oprette en score, der tager højde for antallet af grupper, der ses i en prøve og antallet af organismer inden for hver gruppe. Scoren er samlet ud fra antallet af grupper og beregninger, hvor der er brugt diversitetsformler. Generelt er et højere antal bedre, men på grund af kompleksiteten i jordens økosystem kræver denne vurdering også en fortolkning baseret på visuelle bemærkninger. Disse findes i kommentar-afsnittet i rapporten.

Denne del af analysen er kontinuerligt under udvikling, da vi arbejder mod en bedre forståelse af roller og funktioner hos forskellige organismer i jorden, og hvordan denne information bedst kan præsenteres.

Ofte stillede spørgsmål

Hvad er relationen mellem svampe og bakterier i jorden?

Forholdet mellem svampe og bakterier er en indikation på, hvilken type jordøkosystem der er tale om, og ser ud til at korrespondere med den økologiske succession i en eller anden grad. Økosystemer i en tidlig successions fase (f.eks. arealer med hyppig stress og forstyrrelse, såsom landbrugsdrift), ser ud til at understøtte pionerarter (banebrydende arter), som har en kort livscyklus, som koloniserer, gror og reproducerer hurtigt såsom bakterier (og i større skala ukrudt). Økosystemer i en senere successiv fase, såsom skove, har en tendens til at støtte arter, der har en langsommere livscyklus, tager længere tid at kolonisere og er mere følsomme over for forstyrrelser.

God landbrugsjord har en tendens til at have en mere ligelig balance mellem bakterier og svampe snarere end ekstrem dominans af det ene eller det andet. Det er typisk for nedbrudt landbrugsjord at have en høj bakterie-dominans.

Hvorfor kigger vi på den overordnede diversitet i stedet for at kigge efter specifikke indikator-organismer?

Vi lærer mere og mere om vigtigheden af biodiversitet, og at dette gælder for jord såvel som skovene, oceanerne og alle andre økosystemer. Hvert medlem af et økosystem har en bestemt rolle, eller niche og udfører specifikke funktioner, der bidrager til systemets sundhed og modstandsdygtighed som en helhed. I jord betyder et mere robust og komplekst fødenetværk, at der er en rig og mangfoldig næringsstofcyklus og næringsstof-tilbageholdelse, bedre modstand overfor sygdomme, skadedyr og forurening

Hvilke skridt kan jeg tage for at forbedre den økologiske sundhed i min jord?

Vi kan reducere landbrugets påvirkning på jordens økosystem ved at reducere hyppigheden og intensiteten af jordbearbejdningen, ved hjælp af efterafgrøder og sædskifte, og ved at tilføre

kompost, kompost-te og andre produkter og metoder, der fremmer sund mikrobiel aktivitet og understøtter jorden som et økosystem.

Priser og vejledning i udtagning af jordprøve til mikroskopering kan findes [her](#).

Resultater fra mikroskopering i projektet Styr på den økologiske jordfrugtbarhed kan findes i katalogerne på [projekthjemmesiden](#).

SoilBioLab

Det engelske firma SoilBioLab bruger en metode som først blev defineret af Elaine Ingham. Guidelines er specifikke for forskellige afgrødetyper. De er blevet forbedret over årene gennem den centrale, globale Soil Foodweb database, som SoilBioLab er en del af. SoilBioLab har yderligere forbedret metoden baseret på tempereret europæisk klima, baseret på de data de har samlet i samarbejde med kundernes tilbagemeldinger.

Metode

1. Den fulde Soil Food Web analyse kræver en række ekstraktioner fra en jordprøve. Prøven behandles som en 'levende' prøve, og det er vigtigt, at dens friskhed bevares, og testen udføres så hurtigt som muligt.
2. Efter modtagelse neddeles jordprøven for at skabe en række delprøver.
3. Ud fra disse fremstilles separate kulturer til Nematoder og Protozoer.
4. Nematoder opbevares i en vandopløsning i op til 5 dage. Vandet sies med en finmasket si til ekstraktion af nematoder, som så kan vurderes. Antal og typer af nematoder bestemmes.
5. Protozoer spredes på en jordbaseret agarplade ved forskellige fortyndinger. Dette gør det lettere at tælle og identificere de forskellige typer mere nøjagtigt, afhængigt af den aktuelle mængde.
6. Lysfølsomme farvestoffer bruges til at farve bakterier og svampe, så de lettere kan tælles i deres aktuelle tilstand.
7. Forskellige lysfølsomme farvestoffer anvendes til at identificere aktive mikroorganismer op mod total mængde bakterier og svampe. Det totale antal inkluderer den aktive fraktion og alle inaktive, sovende eller for nylig afdøde organismer.
8. Til mykorrhiza-svampe anvendes en standard forberedelsesmetode. Rødder vaskes først i en svag syre og derefter farvning i blåt farvestof. Dette fremhæver svampe, der har koloniseret roden. Procentdel kolonisering af mykorrhiza udregnes på basis af antallet af observationsfelter, der er vurderet, og som viser inficerede rødder.
9. Laboratoriepersonalet foretager en vurdering ved direkte observation ved optælling af mikroorganismene ved hjælp af et lysmikroskop.

10. Tællingerne betragtes i sammenhæng med fugtighedsindholdet i jord, sæson og plantetype, som prøven vedrører. Værdier er baseret på tørvægt, som gør det muligt for laboratoriet at sammenligne resultater i fremtiden, selv hvor der kan være udsving i forhold, dvs. er der en stigende eller faldende tendens.

11. Alle målinger er faktiske tællinger af mikroorganismer, det vil sige en fysisk optælling af et menneske, af hvad der er til stede ved en bestemt forstørrelse, række synsfelt og / eller fortynding.

12. optællingerne behandles gennem en database, der anvender bestemte formler, som står for organismernes masse og giver os mulighed for at sammenligne og overveje forhold mellem organismerne.

Vejledning og priser for udtagning af jordprøve til mikroskopering hos SoilBioLab kan findes her:

- [Guide to taking soil samples.](#)
- [Soil measure it, manage it.](#)

Resultater fra mikroskopering udført af SoilBioLab i projektet Styr på den økologiske jordfrugtbarhed kan findes i katalogerne på [projekthjemmesiden](#).

Albrecht jordanalyse

I projektet Styr på den økologiske jordfrugtbarhed har vi arbejdet med Albrecht jordanalysen.

Antagelsen bag Albrecht jordanalysen er, at den optimale plantetilgængelighed af næringsstofferne er til stede når bestemte næringsstoffer findes i bestemte indbyrdes forhold. Desuden er det en grundtese, at jordens struktur er påvirket af især basekationernes sammensætning.

I projektet Styr på den økologiske jordfrugtbarhed er der blevet foretaget Albrecht analyser på 5 marker ved de deltagende ejendomme i 2019 og 2020, hvor der også er blevet lavet standard jordprøver, opgjort dyrkningshistorikker samt foretaget state-of-the-art analyser og vurderinger i marken. Se Kataloger over case-bedrifterne på [projekthjemmesiden](#)

Det har umiddelbart været svært at drage sammenlignelige konklusioner med Albrecht-analysen når man sammenligner med en standard jordprøve sammenholdt med eksempelvis en spadediagnose og en måling af jordmodstanden.

Der er i projektet blevet lavet en ekspertvurdering af Albrecht analysen, foretaget af professor ved Københavns Universitet Søren Husted. Her gennemgås litteraturen på området, og han giver en vurdering af anvendeligheden af Albrecht analysen som værktøj i jordbruget.

Uddrag fra konklusionen:

”En kritisk og videnskabelig baseret gennemgang af baggrunden for Albrechts jordanalyse viser klart, at hypotesen om, at ratioen mellem næringsstofferne (basekationerne) spiller en afgørende rolle for jordens frugtbarhed, ikke støttes af den videnskabelig litteratur på området. Planter (landbrugs- og havebrugsafgrøder) udviser en høj grad af plasticitet og der opnås hverken bedre udbytte eller plantekvalitet, når ratioen mellem næringsstoffer optimeres i forhold til de værdier, der er angivet i BCSR (Albrecht metoden). Desuden er der heller ikke belæg for, at jordens fysiske struktur er bedre ved de ratioer, der angives som optimale i BCSR. Tværtimod viser forsøgene på området, at gødskning og jordforbedring efter Albrechts metode kan føre til en unødvendig tilførsel af grundstoffer (naturressourcer), som potentielt kan belaste både miljø, klima og planteavlerens økonomi.” (Husted, 2020)

Du kan læse hele ekspertvurderingen [her](#).