

Review af videnskabelige artikler vedrørende jordens næringsstoffdynamik og eventuel tilførsel af yderligere næringsstoffer for øget kulstoflagring af nedmuldet plantemateriale

Af Martin Beck

Indledning

I de tre videnskabelige artikler Kirkby et al. 2011, Kirkby et al. 2015 og Kirkby et al. 2016 gennemgås undersøgelser og resultater om emnet opbygning af organisk stof ud fra hypotesen om, at jordens stabile organiske stof har en bestemt næringsstofsammensætning. Og at indbindingen af kulstof i jorden ved nedmuldning af kulstof-rige afgrøderester kan øges ved tilførsel af begrænsende næringsstoffer. I det følgende gives et resumé af artiklerne, og disse kommenteres og diskuteres.

Resumé af artiklerne

Binding af kuldioxid (CO₂) fra atmosfæren og akkumulering af kulstof (C) i jorden i form af stabilt organisk stof (SOM, Soil Organic Matter) er af global prioritet med henblik på at genoprette jordens frugtbarhed og yde et bidrag til at mildne klimaændringer. Det antages generelt, at efterladelse af afgrøderester på marken, i stedet for at fjerne eller brænde dem, vil øge SOM-niveauerne. Undersøgelser har imidlertid vist, at dette ikke altid holder stik.

Organisk stof i jorden kaldes også populært humus. Dette er dog også en tilnærmelse, idet det organiske stofindhold i jorden ikke siger noget om, hvilken form dette kulstof er, hvor stabilt det er og hvorvidt det bidrager til en mere frugtbar jord. I det følgende benyttes begrebet organisk stof (SOM).

I en undersøgelse af Kirkby et al, 2015 var hypotesen, at jordens stabile organiske stof - af mikrobiel natur - har en bestemt næringsstofsammensætning, dvs. et bestemt forhold mellem de enkelte næringsstoffer. Tesen i undersøgelsen var altså, at jordens organiske stof er kendetegnet ved en bestemt støkiometrisk formel (C: nitrogen, C: fosfor og C: svovl-C: N: P: S), og at et evt. tilførsel af bestemte (begrænsende) næringsstoffer, vil kunne øge indbindingen ved nedmuldning af C-rige afgrøderester i jorden. Således menes, at jordmikrobiomets humificerings-effektivitet kunne forbedres, og dermed C-bindingen i jorden optimeres og forudsiges/beregnes.

Dertil blev der gennemført feltundersøgelser over 5 år, hvor den organiske kulstofpulje i jorden blev målt ned til 1,6 m jorddybde. I forsøgsperioden blev der målt C-binding på op til 5,5 t C per ha i parceller, hvor man tilførte manglende næringsstoffer i forbindelse med indarbejdning af afgrøderester og tab af jordbundet kulstof på op til 3,2 t C per ha uden næringsstofftilførsel, hvoraf 2,9 t C per ha stammede fra jordens øverste 0-10 cm. Der var altså alt i alt opnået et plus på 8,7 t C per ha over den 5-årige periode på trods af, at det var samme mængde C, som blev tilført jorden.

På trods af at afgrøderesterne blot blev indarbejdet øverligt (15 cm), fandtes mere end 50% af forøgelsen i det jordbundne kulstof under 0,3 meters dybde. Som formodet ud fra de

støkiometriske beregninger, blev stigninger i stabilt SOC (Soil Organic Carbon) ledsaget af stigninger i jordens NPS-indhold i alle dybder. Dog faldt C:N, C:P og C:S-forholdene betydeligt med stigende dybde, muligvis som følge af forskelle i svampe til bakterieforholdet i de forskellige jorddybder.

Resultaterne af markforsøgene er i overensstemmelse med resultaterne fra de forudgående laboratorieforsøg og bekræfter således, at en tilstrækkelig forsyning med N, P og S signifikant kan øge andelen C-bindingen ud fra nedmuldende afgrøderester. Forsøget havde ikke til formål at optimere den primære planteproduktionen, men undersøge mekanismer til forbedring af C-bindingen via stimulering af jordmikrobiomets humificeringseffektivitet som følge af afbalancering af C:N:P:S-forholdet.

Heri menes også at ligge forklaringen på, at nedmuldning af store mængder afgrøderester ikke bidrager til varig C-binding i jorden. Hermed anfægtes gængs politik mht. C-binding i jorden i kombination med lav næringsstofftilførsel, hvilket samlet set menes at hæmme C-binding.

Det konkluderes, at tilførsel af næringsstoffer N, P og S på mineralsk form, under hensyntagen til næringsstofforhold, kan øge C-bindingen i jorden med op til 1,1 tons/ha/år. Dog kun i dybere jordlag.

Undersøgelser af Kirkby et al 2011, hvor analyser af australske og internationale jordes organiske stoffraktion blev foretaget, bekræfter, at forholdet mellem næringsstofferne C:N:P:S i jordens stabile organiske stof altid er et ganske bestemt. Herudfra antages, at bindingen kan optimeres ved tilførsel af de begrænsende næringsstoffer. Her viser undersøgelser dog, at tilførsel af disse næringsstoffer på uorganisk form ikke altid har den ønskede virkning (Kirkby et al, 2011). I undersøgelsen diskuteres især fosfor (P). For fosfor's vedkommende fandt man dog, at tilførsel af P på mineralsk form ikke havde den ønskede virkning. Hvor forhold mellem C:N:S er meget konstant, kan P-forholdet variere. Hvis man derimod måler den organiske P-fraktion og dens forhold til andre næringsstoffer, er forholdet igen mere konstant. Undersøgelsen giver ingen praktiske anbefalinger, men understreger, at man kan gå ud fra, at der er en sammenhæng mellem næringsstof-forhold, og at man bør tage hensyn til dette i optimeringen af humus-opbygningen.

Kirkby et al. 2016 antyder imidlertid, at analysemetoden er afgørende for målinger på stabilt organisk stof i jorden, og har dermed også betydning for støkiometrien dvs. de målte næringsstofforhold. I denne undersøgelse fremhæves ekstraktionsmidlets betydning for resultatet. Der opløses her med forskellige koncentrationer af saltsyre (HCl).

Forfatterens kommentarer

Ud fra et økologisk synspunkt er den største kritik af disse undersøgelser, at der ikke tages hensyn eller måske ligefrem tages udgangspunkt i jordlivet. Det tænkes udelukkende på næringsstoffer, og ikke på hvad jordlivet er i stand til. Man accepterer dog, at et øget C-indhold i jorden er fordelagtigt for klima og jordens dyrkningsevne. Ud fra et naturvidenskabeligt synspunkt er det

selvfølgelig svært at forholde sig til de levende processer, idet disse er svære at beskrive eller måle på, bl.a. fordi de hele tiden forandrer sig. Men det må ikke føre til, at man negligerer dem. Fra praksis ved vi imidlertid, at det jo netop er jordlivet, der skal stimuleres for at opnå en opbygning af varig, stabil humus og dermed C-binding i jorden. Det er dermed de levende stofskifteprocesser i jorden man bør have opmærksomhed på. Disse hæmmes i øvrigt af for meget jordbearbejdning, tilførsel af for meget N og P på mineralsk form, og de trives ikke på arealer uden plantedække, hvilket var forsøgsbetingelserne i disse undersøgelser.

En yderligere kritik er, at der ikke beskrives hvad organisk C egentligt består af. Om det blot er dødt organisk materiale eller om det er huminstoffer. For at lykkes med en jordforbedring og "varig" binding af C, må man være opmærksom på, at det kulstof som tilføres jorden undergår en huminstofdannelse, dvs. en mikrobiel omdannelse. Dermed stabiliseres og konserveres kulstoffet i jorden, og først her opnår kulstoffet sin jordforbedrende virkning. "Varigt" er i anførselstegn, fordi denne aktive, jordforbedrende humus kan ødelægges igen ved forkert jordbearbejdning, gødsning eller pesticidanvendelse. En anden varig C-binding i jorden vil være i form af (træ-)kul. Dette kulstof vil være meget varigt i jorden, men ikke bidrage til en jordforbedring i samme grad som huminstofferne. I praksis i øvrigt også en utopisk forestilling at skulle tilføre kulstof i form af trækul i disse mængder.

Opsummering

- Der tales om binding af C i stabilt dødt organisk stof uden at definere, hvad der menes med stabilt. Begrebet humus synes bevidst at være udeladt.
- Undersøgelserne bekræfter, at stabilt organisk stof i jorden er kendetegnet ved en støkiometrisk formel, dvs. et bestemt næringsstof-forhold
- Tilførsel/nedmuldning af organisk materiale alene fører ikke til varig humus-opbygning/C-binding i jorden
- I en af undersøgelserne bruges begrebet jordmikrobiom, men ellers tales der ikke om jordlivets betydning for C-bindingen. Artiklerne beskriver ikke, hvad der menes med jordens mikrobiom. Ud fra et humusopbygnings-synspunkt er plantens mikrobiom den del af jordens mikrobiom, som lever umiddelbart omkring planterødderne, dvs. rhizosfæren. Plantens mikrobiom kan betegnes som plantens "fordøjelsesorgan" og bliver i dag anset for at være nøglen til humus-opbygningen og dermed binding af kulstof i jorden.
- Undersøgelserne bekræfter, at målinger på jord og dets organiske stof er forbundet med usikkerheder.
- Det foreslås i en af undersøgelserne at tilføre N på uorganisk form i forbindelse med nedmuldning af afgrøderester for at optimere C-bindingen. Det fremgår af denne undersøgelse ikke om der er taget hensyn til det energi-forbrug (og dermed CO₂ udslip), der er forbundet med fremstilling af uorg. N.

Referencer

Kirkby et al. 2011: *Stable soil organic matter: A comparison of C:N:P:S ratios in Australian and other world soils.* C.A. Kirkby, J.A. Kirkegaard; L.J Wade, C. Blanchard, G. Batten. *Geoderma* 163 (2011) 197-208

Kirkby et al. 2015: *Inorganic Nutrients Increase Humification Efficiency and C-sequestration in an Annually Cropped Soil.* Clive A. Kirkby, Alan E. Richardson, Len J. Wade, Mark Conyers, John A. Kirkegaard. *PLoS ONE* 11(5).

Kirkby et al. 2016: *Accurate measurement of resistant soil organic matter and its stoichiometry.* C.A. Kirkby, A.E. Richardson, L.A. Wade, G.D. Batten, C.L. Blanchard, G McLaren, A.B. Zwart, J.A. Kirkegaard. *European Journal of Soil Science* September 2016, 67, 695-705.

Dette dokument er udarbejdet med støtte fra Fonden for Økologisk Landbrug, Promilleafgiftsfonden for Landbrug og Erhvervsudviklingsordningen under Den Europæiske Fond for Udvikling af Landdistrikterne og Miljø- og Fødevareministeriet.

**Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne:
Danmark og Europa investerer i landdistrikterne**



Miljø- og Fødevareministeriet
Landbrugsstyrelsen



Den Europæiske Landbrugsfond
for Udvikling af Landdistrikterne

Promilleafgiftsfonden for landbrug
Fonden for **økologisk landbrug**