



Humusmysteriet – fra stoff til økosystem

Det er ikke enighet eller klarhet i hvordan humus dannes, eller hva humus i detalj er. Vi kan imidlertid holde fast ved at humus er mye mer enn bare målbare kjemiske stoffer. Foto: Hege Sundet

Fra rundt 1900 og fram til i dag er det forsket og skrevet mye om organisk materiale og humus i jord. Begrepene, både humus og organisk materiale, ble først brukt om jord generelt, så fikk ordene ulike betydninger. Dagens forskere har flere innfallsvinkler – biologiske, kjemiske, fysiske, biogeokjemiske og systemtenkende.

Reidun Pommeresche | Norsk senter for økologisk landbruk
Berit Swensen | Vital Analyse

Det latinske ordet humus betyr jord, og det er lett å se forbindelse til de latinske ordene homo for mann og humanus som betyr menneskelig. Den store botanikeren Linnaeus (1707-1778) gav ulike jord, ikke bare planter, ulike artsnavn, eksempelvis Humus daedalea for hagejord, Humus ruralis var åkerjord og Humus latum beskrev gjørmene (Waksman, 1936). En annen

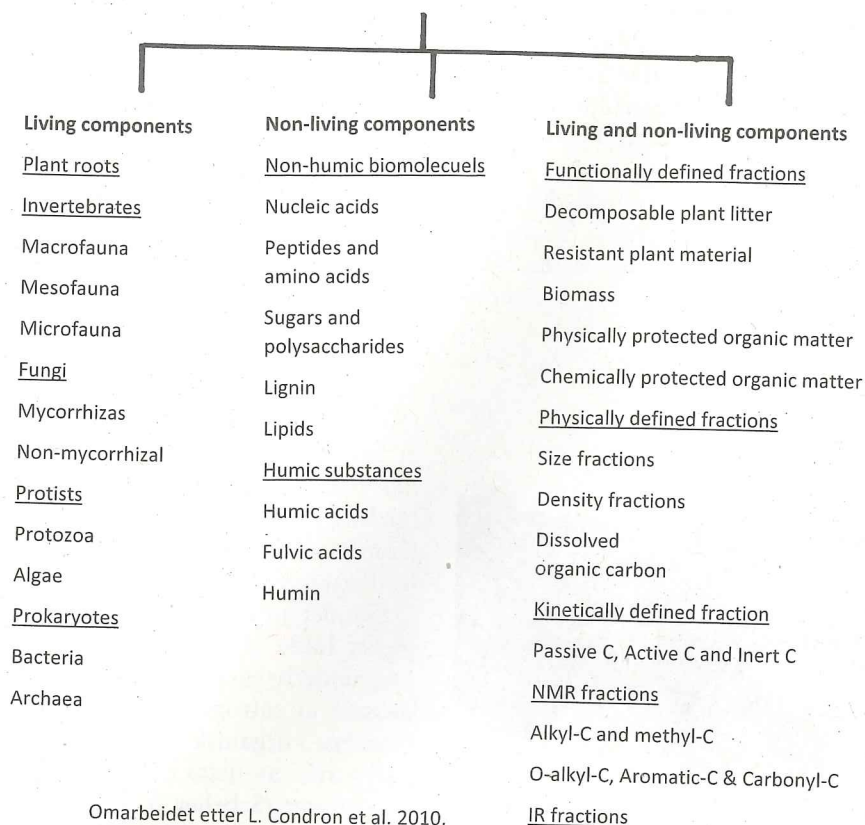
inndeling i humustyper var sur humus, som ble dannet under forhold med lite tilgang på oksygen, for eksempel i myr eller mild humus, som ble dannet i jord med rikelig tilgang på luft (Thaer 1810 i Waksman 1936). Det er senere laget et omfattende system for å klassifisere humustyper og humussjikt i naturlig jord (Zanella mfl. 2010, Jeffery mfl. 2010). «Mor», «moder» og «mull» er engelske ord for tre av disse humussjiktene. «Mor» finnes i vår norske, svarte myrjord. Begrepet «mull» er knyttet til mold-holdig, næringsrik jord, som

norsk mold eller muld. Humus brukes også om fargestoffer i vann. Generelt blir graden av svart eller brun farge i jorda knyttet til organisk materiale og humus. Her fokuserer vi på humus i landbruksjord.

Plantenæring

I 1761 definerte Wallerius humus som «det døde og nedbrutte organiske materialet i jorda». Denne definisjonen brukes fortsatt i Store norske leksikon, og henger fortsatt igjen i enkelte fagmiljø, spesielt hvis humus sidestilles med

Soil organic matter



Omarbeidet etter L. Condron et al. 2010.

Skjematisk fremstilling av kompleksiteten av nivåer når organisk materiale i jord undersøkes. Det er mange ulike organiske stoffer som kan defineres i jord og mange metoder som brukes. Et viktig skille er om organisk materiale i levende organismer regnes med eller ikke.

begrepet «organisk materiale i jord». Da det ennå ikke var kjent at plantene brukte CO₂ fra lufta som karbonkilde i fotosyntesen, ble humus sett på som plantenes viktigste næringsstoff, at det var fra humus de fikk sine karbonforbindelser. Denne humusteorien støttet seg på observasjoner som viste at plantene vokste bedre ved tilførsel av organisk materiale, som husdyrgjødsel og kompost. Denne teorien ble delvis forlatt rundt 1840 (Waksman 1936).

Humus som stoff

Fra 1840 kom det som Manlay mfl. (2007) kaller «mineralistperioden». Men selv om Justus von Liebig nærmest anses som mineralgjødselens far, støttet han synet om at det var best å bruke både uorganisk og organisk gjødsel. Det organiske materialet ble ansett for å kunne øke løseligheten av de «mineralske» næringsstoffene, og med dette synet var konseptet plante-

tilgjengelighet (bioavailability) skapt. Humus ble nå definert som en spesiell – og veldig viktig – del av det organiske materialet, og videre inndelt i ulike typer (Stevenson 1994, Brady & Weil 2008).

Humussyrer

En kjemisk utforskning av humusen startet, og man fant at stoffer med ulike egenskaper kunne ekstraheres og separeres med vann og basiske løsninger, etterfulgt av utfelling med syre. Disse makromolekylære stoffene var lenge synonymt med begrepet humus og «soil organic matter» (SOM) (Manlay mfl. 2007). Som en fellesbetegnelse ble disse kalt humussyrer eller humater. De kunne inndeles i vannekstraherbare fulvosyrer, baseløselige humussyrer og en ikke-løselig fraksjon som ble kalt humin. Utover 1900-tallet fant man ut at disse humusstoffene hadde en kolloid og amorf struktur,



Ny innsikten i hva det organiske materiale i jorda er gir rom for å snakke om både nedbrytning, omdanning og ikke minst oppbygging av organisk materiale og ulike typer humusstoffer i jord. Foto: Silja Valand.

som var bygd opp av store, komplekse makromolekyler. De organiske ring-strukturene, med mange hydrok-syl- og karboksylgrupper, gir mange negative ladninger i overflaten. Dette forklarer humusstoffenes syrekarakter og deres evne til å binde til seg leirmineraler og ioner.

Flokkulering med leir

Oppdagelsen av humusstoffenes evne til å binde sammen leirpartikler (flokkulering) ga opphavet til aggregatbegrepet knyttet til jordstruktur. Leirpartikler med positive ladninger, og som enkeltvis ikke er mer enn noen få mikrometer store, samles til større «klumper» når de bindes til humusstoffenes negative ladninger. Man fant også at humusen kunne deles i en lett og tungt omsettelig - eller labil og stabil - fraksjon. Inndelingen i labil og stabil fraksjon har ingen entydig grense. Humus kan stabiliseres ved binding til leirmineraler, og påvirkes dermed mye av jordas leirinnhold. Den labile delen er det som relativt raskt blir brukt av mikroorganismer. Den mest stabile delen har lenge vært antatt å være dannet fra ligninrike forbindelser, da mange av molekylstrukturene man finner i humus ligner på de man finner i lignin



Oppdagelsen av humusstoffenes evne til å binde sammen leirpartikler ga opphavet til aggregatbegrepet knyttet til jordstruktur.
Foto: Reidun Pommereche.

og andre tungt nedbrytbare organiske molekyler fra cellevegger hos planter og trær. For detaljert humuskjemi, se Stevenson (1994) og Tan (2011).

«Humusorganismen»

Allerede rundt 1920-1930 vokste det fram et annet syn på hvilken betydningen humus og organisk materiale i jorda hadde for både for jordfruktbarhet, plantehelse og miljø (eks. Howard 1943, Balfour 1948, Rusch 1968). I stedet for å være et anliggende bare for landbruksvitenskapen, ble organisk materiale i jord av disse satt inn i en økosystem-sammenheng og -forskning (Manlay mfl. 2007). Jordbiologi ble et viktig tema, og begreper som edafon, humusfære, humusorganisme og kretsløp av levende substans beskrev det levende økosystemet i matjorda (Steiner 1924, Francé-Harrar 1957, Rusch 1968, Brauer 1974, Pommereche 2004). Flere forsøk viste at planter faktisk kunne ta opp organiske molekyler fra jorda (Waksman 1936). Blant «økosystemskolen», dvs de som var tilhengere av jordbiologi, ble mengden og diversiteten av organiske molekyler tillagt stor betydning for god vekst og utvikling av plantene. Hos «minerealistene», de som var tilhengere av uorganiske stoffer som gjødsel, ble organiske molekyler derimot ikke ansett for å være en næringskilde av betydning for jordbruksvekster, verken som ren karbonkilde eller kilde til næringselementer (Manlay mfl. 2007). Men også blant disse var det mange diskusjoner og ulike retninger.

Porøs og god moldjord – og en komposthaug med aerob omsetning

– blir innenfor økosystemskolen betraktet som et selv-regulerende økosystem eller en «humusorganisme». God moldjord og moden kompost ser ut til å ha ganske lik struktur uansett hvor man er geografisk. Det er også funnet en bemerkelsesverdig ensartet sammensetning av hydrolyserbare aminosyrer i organisk materiale i jord (SOM), enten det er fra åker, eng eller skog, til tross for at aminosyresammensetningen i planterøtter og mikro-organismer varierte betydelig (Friedel & Scheller, 2002).



Kompostering med aerob omsetning – blir innenfor økosystemskolen betraktet som et selv-regulerende økosystem eller en «humusorganisme».
Foto: Reidun Pommereche.

Dagens og framtidens forståelse

Forskning og nye analysemetoder utfordrer på nytt synet på humus som ekstraherbare makromolekylære forbindelser. For det første viser det seg at disse makromolekylære humussyrene kanskje bare utgjør en liten del av det organiske materialet i jord (Schmidt mfl. 2011). Videre dreier det seg ikke bare om makro-molekyler, men om at organisk materiale består av mindre biomolekyler som aminosyrer, fett, karbohydrater og peptider, som så holdes sammen og stabiliseres av hydrogenbindinger og hydrofile interaksjoner slik at det dannes dynamiske forbindelser og «supramolekyler» (Sutton & Sposito 2005, Schmidt mfl. 2011, Piccolo 2002). Eller at organisk materiale i jord er både store molekyler, mindre molekyler og mikro-organismer samlet i sjikt i overgangen mellom vann og faste stoffer i jorda (Masoom mfl. 2016).

En australsk jordøkolog, Christine Jones, kaller de organiske stoffene som

sirkulerer i jorda mellom planter og organismer for «liquid carbon», flytende karbon, og mesteparten av dette er ulike karbohydratholdige stoffer (Jones intervjuet i Frisch 2015). Jones mener at jordlivet er med på å bygge opp karbonholdige stoffer, inkludert humus. Videre at humus er organisk-mineraliske molekyler som er en innebygd del av «the soil matrix» som ikke kan bli ekstrahert fra jord. Forskning har vist at glomalin, et glykoprotein dannet av jordlevende sopp, utgjør en viktig del av det organiske materialet i jord (Nichols & Millar 2013). I tillegg til at glomalin inneholder 30-40 prosent karbon, og dermed bidrar til karbonbinding i jorda, er det også viktig for dannelse av stabile aggregater og god jordstruktur (Nichols & Millar 2013).

Samlet gir dette oss et ganske komplekst bilde av jordas organiske del. Det underbygges av at opp mot 90 prosent av nitrogenet i jord også kan foreligge i organisk form og at om lag halvparten av dette er hydrolyserbare aminosyrer (Scheller & Raupp 2005, Friedel & Scheller 2002). Kretsløpene av karbon- og nitrogenholdige stoffer bindes sammen i biologiske prosesser i jord og i planter. De to stoffene må sees i sammenheng.

Den nye innsikten i hva det organiske materiale i jorda kan bestå av utvider det kjemibaserte humusbegrepet og gir rom for å snakke om både nedbrytning, omdanning og ikke minst oppbygging av organisk materiale (SOM) og ulike typer humusstoffer i jord. De siste tiårenes systemorienterte tilnærming, sammen med avanserte analysemetoder, har gitt oss ny kunnskap om mangfoldet av jordorganismer, biologiens betydning for dannelse av SOM og hva som skjer av stoffutvekslinger i og rundt planterøttene (Jones mfl. 2009, Jeffery mfl. 2010, Babikova mfl. 2013, Philippot mfl. 2013). Det finnes nå flere ulike modeller på hvordan levende og dødt organisk materiale i jord er sammensatt (Piccolo 2002, Burmølle mfl. 2012, Tan 2010, Masoom mfl. 2016).

Kanskje kan vi i fremtiden enes om at begrepene humus og organisk materiale er resultat av livsprosesser i et økosystem med planterøtter, jord og jordorganismer. Eller at humus kan forstås både som stoff og som system?