



Jordforbedrings Guide

Version 2023.1

Jordens frugtbarhed

Jordens frugtbarhed er hovedfokus i det regenerative jordbrug og for at opbygge denne, er vi nødt til at forstå hvordan de påvirkninger vi laver i form af gødskning, jordbehandling, m.m. påvirker jorden og dens mikroorganismer. I denne guide vil vi beskrive hvordan man bedst opbygger jordens frugtbarhed med jordforbedrende midler, såsom komposteret plantemateriale og husdyrgødning.

Jordens mikroliv og betydningen af organisk stof

Planterne og mikroorganismene i jorden indgår i symbioser, hvor de kemisk og fysisk interagerer med hinanden. Dette foregår både mellem planterne og mikroorganismene, og mikroorganismene imellem. Planterne kan f.eks. sende kulhydrater, organiske syrer og vitaminer til svampene og bakterierne i jorden, og til gengæld leverer mikroorganismene næringsstoffer og vand retur til planterne.

Det er afgørende at have et balanceret forhold mellem bakterier og svampe i jorden, for at opnå en høj frugtbarhed. Det helt optimale forhold afhænger af den afgrøde man ønsker at dyrke på arealet og hvor den befinder sig i en successional kontekst.

Tilførsel af komposteret organisk stof vil skabe grundlag for udviklingen af en mere svampe domineret jord, da svampe nedbryder organisk materiale med enzymer og gør næringsstofferne tilgængelige, til deres egen og planternes fordel.

Gødskning med kemiske gødninger og gylle påvirker sammensætningen af jordens mikroorganismer negativt, da det forsurer jorden og dermed påvirker forholdet mellem svampe og bakterier, så jorden bliver mere bakterie domineret. En bakterie domineret jord vil typisk være meget påvirket af "ukrudt" eller pionerplanter, som er naturens måde at forsøge at genopbygge jordens frugtbarhed på.

Dette princip kaldes også for økologisk succession, og er beskrevet længere nede.

Konsekvensen af en bakterie domineret jord er at planternes mulighed for at skabe symbiose med mikroorganismene bliver svækket og indholdet af humus vil langsomt nedbrydes, hvis der ikke tilføres organisk materiale tilbage til jorden via både levende og dødt plantemateriale.

Når vi frafrører afgrøder fra marken og dermed fjerner organisk materiale, er det derfor vigtigt at levere tilbage i samme mængde som vi tager, for at opretholde et sundt forhold mellem svampe og bakterier.

Betydningen af svampe i jorden

Nogle svampe i jorden har et symbiotisk forhold med planter - dette forhold kaldes mykorrhiza. Svampe, der danner denne symbiose med planter, kan øge optaget af næringsstoffer til planten, samt gøre planterne mere tørkeresistente og udbytterige.

Svampe bidrager meget positivt til jordstrukturen og især arbuskulære mykorrhiza svampe, der danner glomalin, har en stor betydning for indlejring af kulstof.

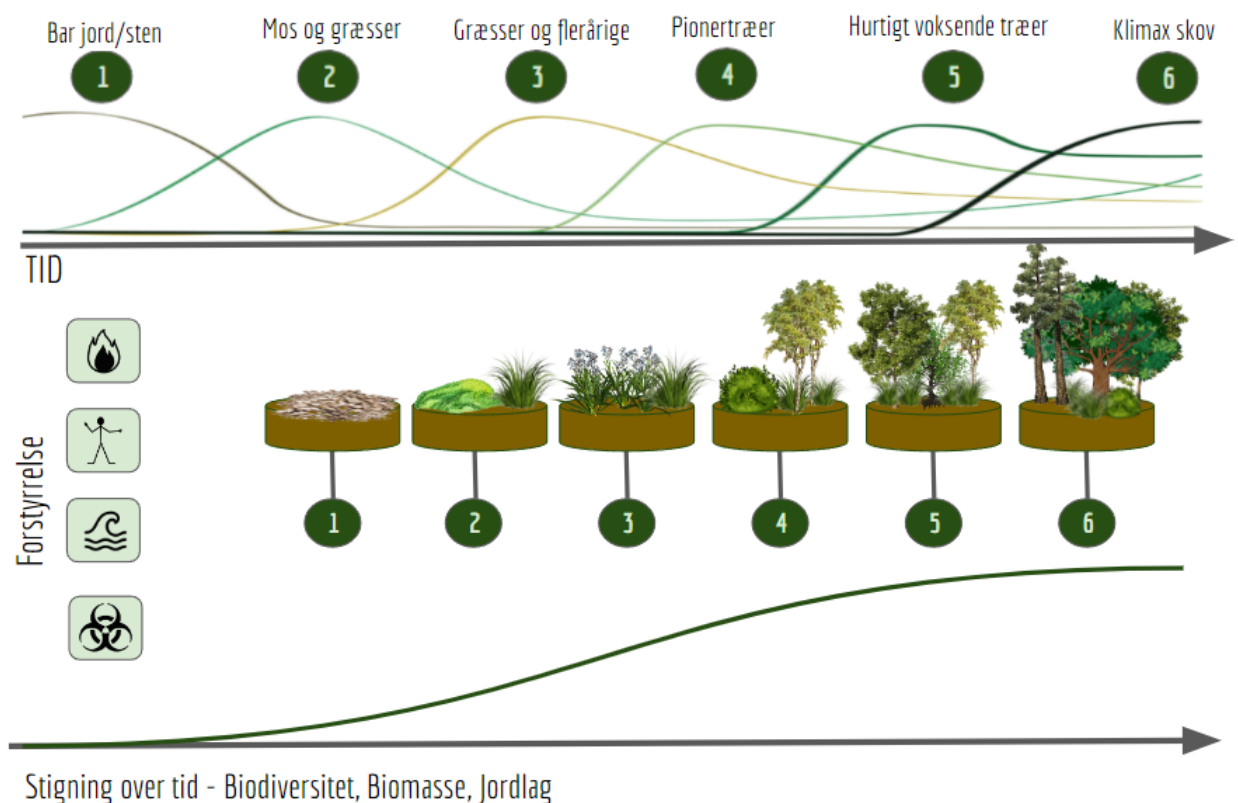
Glomalin er et fedtet molekyle, svampe bruger til at binde sig til planternes rødder. Glomalin binder mineraler, let og organiske stoffer sammen og dermed skaber en høj aggregatstabilitet (gør jorden bedre

i stand til at holde på både ilt og vand). Glomalin bidrager med omkring 30% af det kulstof der er i jorden, hvor mykorrhiza er tilstede.

Svampe i jorden er utroligt følsomme overfor pløjning, da de primært lever i det øverste jordlag og når ploven vender jordprofilen på hovedet, har svampene ikke længere gode betingelser for at leve. På den måde holder man jorden i et tidligt stadie af økologisk succession.

Økologisk succession

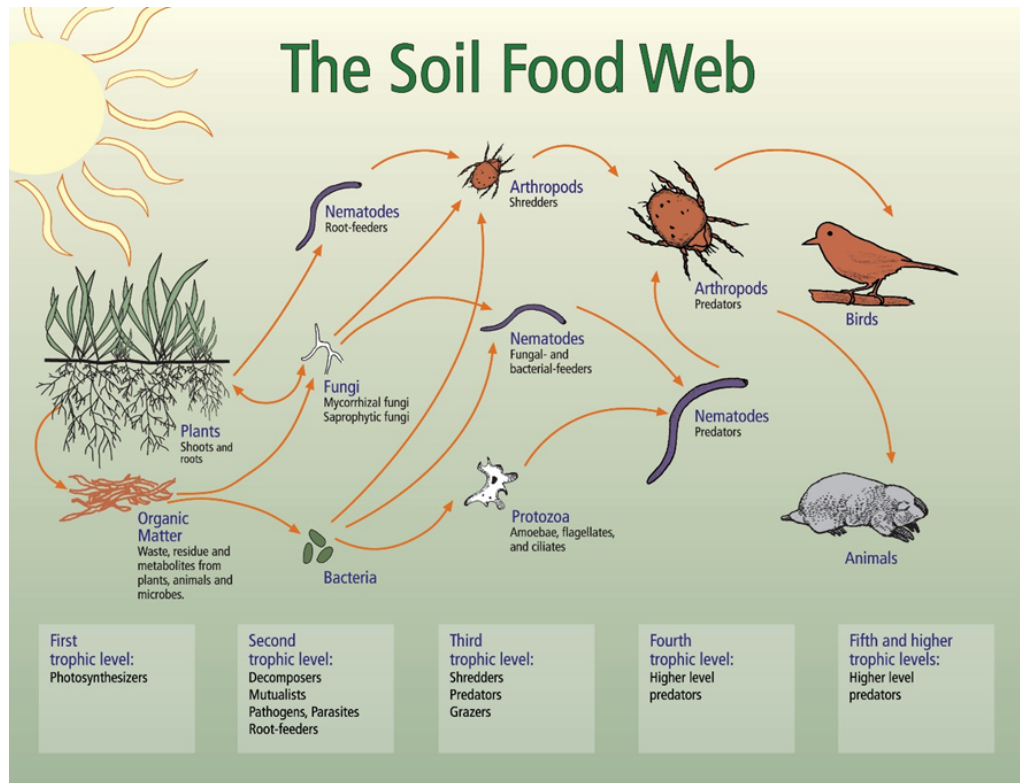
Den økologiske succession beskriver udviklingen af et økosystem over tid, efter en forstyrrelse hvor udgangspunktet er sten eller bar jord. Med tiden ses en stigning af biodiversiteten i det øverste jordlag, og jorden bliver mere og mere svampe domineret. Udgangspunktet er 1:10 i forholdet svampe:bakterier, hvor det ved klimaks er op til 500:1 i forholdet svampe:bakterier. Grafen fortæller altså, hvilke planter der foretrækker specifikke forhold af svampe:bakterier. Denne viden kan vi med fordel anvende når vi vil forbedre vores jord og dyrkning, så jorden har de bedste forudsætninger for de afgrøder vi ønsker at dyrke.



Billede 1. Økologisk succession over tid. Her ses udviklingen af biodiversiteten i det øverste jordlag, samt sammensætningen af plantearter.

Når vi pløjer og dyrker enårige afgrøder, holder vi jorden i en bakterie domineret tilstand, og man vil opleve at hovedafgrøden har konkurrence fra pionerplanterne.

Mikroorganismerne i jorden har en stor betydning for udviklingen af økosystemer også over jorden, dette er beskrevet af Dr. Elaine Ingham, som arbejder med konceptet "the soil food web". På billede nedenfor ses hvordan forskellige arter lever i et symbiotisk forhold, som er meget påvirket af hvordan vi driver vores jord.



Billede 2. The soil food web – Beskriver symbiosen mellem levende organismer over og under jorden. For mere info: <https://www.soilfoodweb.com/>.

Kompost

Kompostering er en proces hvor kulstof stabiliseres og dermed kan indlejres mere stabilt i jorden.

Gentagende tilførsel af komposteret materiale, vil bidrage til en forøgelse af indholdet af humus i jorden.

Humus dannes ved nedbrydning af organisk stof, specifikt ved nedbrydning af lignin, der er et træstof som indlejres i planter i takt med at deres vækst forøges. Humus kan holde op til 90% af sin egen vægt i vand og består af ca. 60% kulstof, og de resterende 40% er kvælstof, fosfor, ilt og brint.

Undersøgelser har vist at ved 1% humusindhold i jorden, frigives 22 kg N/ha i jorden per år og dette ganges med procent humusindhold i jorden. Dermed kan jorden uden problemer levere den næring, som planterne har behov for, hvis man dyrker jorden på en skånsom måde.

For at kunne påvirke disse forhold er det vigtigt at have kendskab til udgangspunktet i din egen jord, og hvis du ønsker dette, kan vi være behjælpelige med at måle forholdet mellem svampe og bakterier i din jord, det er dog vigtigt at det gøres på rette tidspunkt af året, da der f.eks. om sommeren er et naturligt fald af svampe i jorden og en analyse da, vil give et forkert billede af udgangspunktet. Kontakt os hvis dette har din interesse. Kontaktinfo nederst i guiden.

C/N-forholdet

C/N-forholdet fortæller, hvilket forhold der er mellem kulstof og kvælstof. Dette er et vigtigt forhold at tage hensyn til, da det har betydning for hvorvidt mikrolivet i jorden trives, og dermed om næringsstoffer frigives, udvaskes eller immobiliseres i jorden.

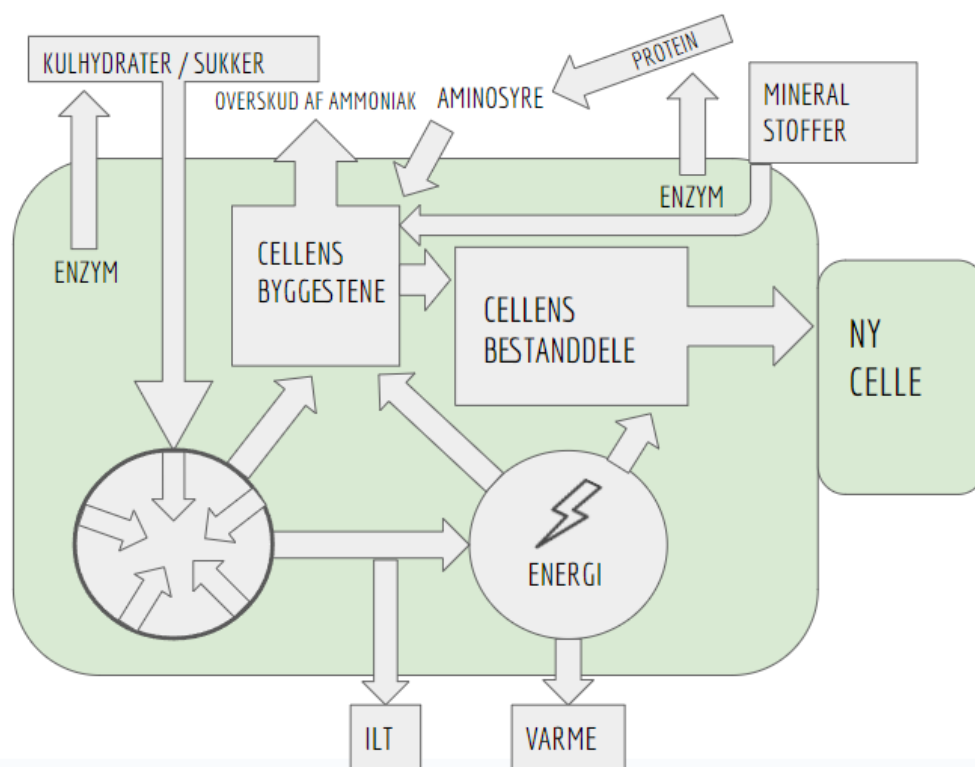
Et lavt C/N-forhold vil betyde et overskud af ammoniak, der ikke kan udnyttes, fordi der ikke er materiale og energi nok til at bygge det sammen med. Hermed opstår dårligt lugt og tab af næringsstoffer.

Et højt C/N-forhold vil betyde et underskud af energi til mikroorganismene og omsætningen vil foregå væsentligt langsommere, da de vil begynde at nedbryde hinanden, for at få energi til opbygningen af nye individers celledmateriale.

C/N-forholdets betydning for mikroorganismene i jorden

Hvis C/N-forholdet i afgrøden er høj (f.eks. afgrøder hvor halmrester nedmuldes) bruger mikroorganismene kvælstof fra jorden til at omsætte kulstof. De skal have et balanceret forhold af kulstof, kvælstof, samt energi, for at kunne omsætte det organiske materiale samt til at vedligeholde deres egne vitale processer.

Hvis dette forhold ikke er til stede, vil omsætningen gå langsommere. Nedenstående billede viser funktionen inde i en celle, og skitserer mikroorganismernes behov.



Billede 3. Cellens indre funktioner - Opbygning og nedbrydning.

C:N-forholdet i forskellige komposterbare materialer

Materiale	C:N-forhold
Gødning fra fjerkræ (uden halm)	6:1
Halm	80:1
Frisk græsafklip	20:1
Grøntsagsaffald	15:1
Frisk løv	50:1
Ved	100-500:1

Afgrøder der bør modereres i komposten:

Løg: Maks 10% af plantematerialet bør udgøre løg og affald fra løg.

Calcium i kompost

Udover C:N-forholdet er det vigtigt at være opmærksom på calciumindholdet i det materiale man skal kompostere, det kan være nødvendigt at tilsætte kalk for at undgå forsuring og dermed en

forringet komposteringsproces. En kompost skal helst have en pH omkring 7-8,5. Altså være neutral. Hvis komposten bliver for våd og anaerob, kan det være en fordel at tilsætte kalk til komposten.

Plantematerialer med højt indhold af calcium:

Planter i kålfamilien, tang, køkkenaffald af grøntsager, blade fra ask, kirsebær, elm, tjørn, lind, ahorn og rose.

Plantematerialer med lavt indhold af calcium:

Bark, bregner, nåle fra nåletræer, hø, ved, mos og blade fra bøg, birk, avnbøg, og eg.

Komposteringsprocessen og "biprodukter" af kompost

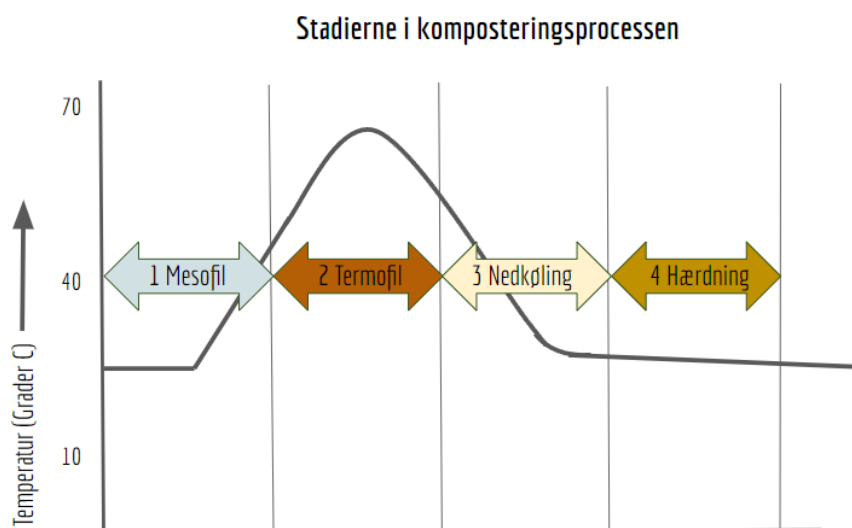
Termofilkompost / Varmekompost

Varmkompostering kræver ilt og derfor skal bunken vendes med jævne mellemrum for at kunne opnå en korrekt kompostering og såkaldt hygiejnisering. Ved denne komposteringsmetode er et C:N-forhold på 30:1 optimalt.

Når man skal opbygge en kompostmønt, bør størrelsen ikke overgå 1,5 meter i højden og 3 meter i bredden. Da CO₂ skal kunne komme ud og ilt ind. Derfor bygger man typisk kompostmønten i en trekantsform, for at opnå en "skorstenseffekten". Bygges komposten større, kan man risikere at varmen ikke kan undslippe, og bunken kan i yderste konsekvens selvantænde.

Ved kompostering nedbryder mikroorganismer organisk materiale, og producerer i processen vand, varme, kuldioxid og humus. Den iltede komposteringsproces deles op i 4 faser, som det ses nedenfor i graf 1.

I hver fase af komposteringen, vil forskellige typer af mikroorganismer være dominerende. De lever under forskellige temperaturmæssige forhold og derfor er det vigtigt at kontrollere med et kompost termometer, at temperaturerne kommer op i de niveauer, som er beskrevet nedenfor.



Graf 1. De 4 stadier i varmekompostering.

Den mesofile fase er den første fase, hvor temperaturen stiger til omkring 40 grader og der sker en eksplosiv vækst af mesofile mikroorganismer (bakterier, svampe og actinomycetes). De kaldes mesofile, fordi de trives ved temperaturer mellem 20 og 45 grader (optimalt mellem 30-35 grader). De nedbryder

kulstof og kvælstof, når de reproducerer sig. Den mesofile fase er typisk den korteste.

Den næste fase hedder den termofile fase. Her stiger temperaturen til 40-65 grader og andelen, samt diversiteten af mikroorganismer falder. Der sker en nedbrydning af proteiner, fedtstoffer, cellulose og hemicellulose i denne fase. Når kompostbunken kommer over 55 grader, bliver de fleste menneske- og plantepatogener nedbrudt og dermed bliver komposten "hygiejniseret". Temperaturer over 65 grader, vil betyde at mange mikroorganismer dør, man ønsker derfor ikke at temperaturen i kompostbunken overstiger dette. Temperaturen holdes nede ved kontinuerligt at vende bunken, så varmen kan undslippe.

Nedkøling og "hærdning" af komposten

Efter de to første faser af komposteringen, vil de to efterfølgende faser være nedkøling og hærdning. Man ved kompost er færdig komposteret når der ikke længere er synlige dele af det materiale man ønsker at kompostere.

Det må ikke have en lugt, andet end et strejf af skovbund. Dårlig lugt indikerer at komposteringsprocessen er blevet anaerob og ikke er færdig. En indikator for at komposten er færdig, er hvis der begynder at spire og vokse "ukrudtsplanter" i materialet.

Udbringning af kompost



Foto 2: Kompostbunke på mark (Sophie Tandrup Ranvig)

Når man tilføjer kompost til jorden, kan det både tilføjes ovenpå jorden, i forbindelse med jordbehandling eller i en voksende afgrøde. Mængden pr. ha anbefalet er op til 15 ton/ha. (Husk at tænke på dit harmoniareal både hvad angår fosfor og kvælstof - Vi er gerne behjælpelige).

Tilførsel til en voksende afgrøde, vil være det mindst forstyrrende i forhold til jordens mikroorganismer og på den måde skaber man en måtte der langsomt nedbrydes og som man kan dyrke direkte i.

Denne metode er svær at anvende ved f.eks. dyrkning af korn, her vil det være fordelagtigt at bringe ud i forbindelse med jordbehandling i foråret. Hvis det tildeles græsmarker, skal det fordeles i et meget tyndt lag i marken, for at sikre at det ikke kvæler græsset.

Udbringning kan ske flere gange i løbet af sæsonen. Dette er især en fordel ved permanente bede, da det også har en effekt på ukrudtsbekæmpelsen.

Regler for og udnyttelseskrav til kompost og materiale til kompostering

Reglerne for dette afhænger af hvilken status det materiale man anvender har. Kompost har et udnyttelseskrav (kravet for udnyttelsen af kvælstof, ved indberetning af anvendelse) på 40%, hvorimod hvis man modtager have-parkaffald er der en udnyttelsesprocent på 0 på kvælstofdelen. Dog skal fosfor indholdet i have-parkaffald indberettes i gødningsregnskabet ved anvendelse.

Regler for udbringning og opbevaring af kompost der indeholder husdyrgødning

Hvis komposten indeholder husdyrgødning, er der nogle konkrete krav til opbevaring og anvendelse.

Der er krav om at alle markmøddinger skal overdækkes med tætsluttende og vandtæt materiale og dette skal ske straks efter udlægning af bunken.

Tilladte perioder for udbringning i forhold til jordtype, inden etablering af vårafgrøde:

JB 1-4: Fra 1. februar

JB 5-6 + 10-11: Fra 1. december

JB 7-9: Fra 1. november

NB! Fast husdyrgødning må ikke udbringes på arealer med etablerede afgrøder til høst, der ligger inden for 20 m fra kategori 1-natur samt lobeliesøer og højmoser omfattet af kategori 2-natur.

Ormekompost



Foto 1: Ormekompost med brandorm (Sophie Tandrup Ranvig)

Til ormekompostering bruger man typisk brandorm eller "red wiggler" som ses på billedet. De er utroligt tilpasningsdygtige, så det er nemt at skabe et miljø de trives i. Ormene trives ved temperaturer omkring 15-25 grader. Derudover har de en kort livscyklus og en massiv reproduktion. De kan derfor omsætte store mængder af organisk stof på kort tid. 1000 orme vejer omkring 0,5 kg og kan omsætte 250 gram organisk materiale om dagen. Ormene tilsættes til en kompostbunke, hvor C:N-forholdet bør være omkring 40:1. Komposten kan som oftest anvendes efter 3-6 mdr eller når ormene har forladt materialet. Ormekompost er særdeles velegnet til fremstilling af kompostte og kompostekstrakt.

Kompostte og kompostekstrat

Kompostte og kompostekstrat er to forskellige ting, begge dele anvendes til at sprøjte ud over voksende planter. Det øger jordens vandretention og planternes modstandsdygtighed overfor sygdomme. Derudover påvirkes planternes vækst positivt på grund af øget mikrobiologisk aktivitet i jorden.

Kompostte



Foto 3: Kompostte (Sophie Tandrup Ranvig)

Kompostte laves ved at bruge en god kompost. Det skulle være allerbedst at anvende ormekompost til at brygge kompostte. Nogle anvender flere typer af kompost for at gøre blandingen mere divers. Komposten puttes ned i en pose lavet af finmasket net. På den måde kan man brygge te på komposten. Det er vigtigt at nettet er ret finmasket, da man sprøjter kompostte ud med en rygsprøjte, eller vandforstøver og derfor skal dysserne i sprøjten helst ikke stoppes til. Vandet til brygning skal gerne stå et døgn inden, for at opnå samme temperatur som omgivelserne. Regnvand er godt at anvende.

Anbefalet blandingsforhold for brygning af kompostte (tilføres i anført rækkefølge):

4 liter vand

(Ilttilførsel tilsættes)

25 ml melasse

1 spsk humussyre (humic acid)

1 spsk flydende tanggødning

150 gram kompost i net

Teen skal brygge i ca. 24 timer og gerne i de forhold hvor teen skal anvendes. Det vil sige, at hvis teen skal bruges i et væksthuse, er det en fordel at brygge teen der. Er det til udendørs planter, vil det være en fordel at brygge det udendørs.

Teen optyndes i forholdet 1:4, 1 del kompostte til 4 dele vand. Tildeling kan ske både ved bladfodring med

vandforstøver eller sprøjte, samt sprøjtning af kompostte direkte på jordoverfladen.

Optimalt set skal planterne have kompostte hver uge, før man har en reel funktion af kompostteens egenskaber. Udbringningen kan med fordel ske fra udplantning og hver uge efterfølgende i den vegetative fase af plantens liv. Når afgrøden kommer i blomstring, skal anvendelse ophøre.

Kompostekstrat

Kompostekstrat varierer fra kompost-te, fordi det kun kræver ca. 60 mins bryggetid. Det kræver samme forhold af vand og kompost, men ingen yderligere tilsætning. Ilttilførsel er heller ikke nødvendig, da forbruget af ilt ikke vil være nær så højt som ved brygning af kompostte. Kompost og vand blandes direkte i en spand og blandes med rørepind i ca. 3 min. Herefter skal kompost sies fra vandet. Kompostekstrat anvendes primært til udbringning direkte på jorden.

Biokul

Biokul er et restprodukt fra pyrolyse (iltfri forbrænding) af organisk affald, som har mange jordforbedrende egenskaber pga. det høje indhold af kulstof der er i biokul. Det omsættes meget langsomt til CO_2 og vil derfor være en kilde til varig binding af kulstof.

Det er i amerikanske forsøg¹ påvist at tilførsel af biokul øger andelen af svampe og bakterier, der kan fikse kvælstof i jorden, som øger kulstofindholdet i jorden og øger planternes sundhed.

Anvendelsesmuligheder for biokul

Biokul kan med fordel blandes med færdig kompost med 20-50%. Blandingen skal gerne have lov til at stå omkring 14 dage før udbringning. Det kan udbringes med jævne mellemrum, men gerne i mindre mængder af gangen, enten sammen med kompost eller som et tyndt lag, inden man f.eks. dækker sine bede med jorddække i form af kompost, blade,uld, flis, eller andet.

Udbringsmængden er forsøgt i forsøg fra 2 tons/ha - 25 tons/ha. Det har inden for dette store spænd ikke haft en toksisk effekt på planterne, og derfor kan man med relativ sikkerhed arbejde indenfor disse mængder.

Regler for anvendelse af biokul på landbrugsarealer

Biokul er reguleret efter reglerne for gødningsanvendelse bekendtgørelsen. Det betyder at der gælder samme regler for det som alle andre gødninger der indeholder kvælstof og fosfor.

Det er under kategorien "anden organisk gødning", dette gælder både kul lavet på animalsk- og plantebaseret organisk materiale.

Det har en udnyttelsesprocent på 40% og skal indberettes i gødningsregnskabet. Desuden skal kvælstof og fosfor kvoter selvfølgelig overholdes. Indholdet indberettes enten på baggrund af normtal eller analysetal fra virksomheden, der har produceret det.

¹ Rondon et al (2007)

Brug af indholdet i denne guide sker på eget ansvar og Regen Farmer kan ikke holdes ansvarlig for brug af guidens indhold.

Har du spørgsmål eller behov for rådgivning omkring jordforbedring og regenerative dyrkningsmetoder, er du/I meget velkommen til at kontakte os.



Sophie Tandrup Ranvig
Landbrugsfaglig konsulent
E-mail: sophie@regenfarmer.com
Tlf.: 81 11 50 23

Litteraturliste

Teaming with.. serien - Jeff Lowenfels

Kompost bogen - Gustav Alm. Et al.

KOMPOST - Ken Thompson

Dirt to soil - Gabe Brown

Opbygning af jordens frugtbarhed med kompost - Økologisk Landsforening

Kompostens anvendelsesmuligheder med henblik på øget jordfrugtbarhed - Økologisk Landsforening

Links:

Rondon et al (2007)

https://www.researchgate.net/publication/200736491_Rondon_MA_Lehmann_J_Ramirez_J_Hurtado_M_Biological_nitrogen_fixation_by_common_beans_Phaseolus_vulgaris_L_increases_with_bio-char_additions_Biol_Fert_Soils_43_699-708

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7285516/>

www.soilfoodweb.com

<https://compost.css.cornell.edu/microorg.html>

<https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2003/87-7972-742-5/html/kap04.htm>

<https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1739-2017.pdf>