

Kompost som jordforbedring – hvad er langtidseffekten?

I projektet 'Optimer anvendelsen af kompost' er der fokus på anvendelsen og effekten af kompost i planteproduktionen. Generelt forventes tilførsel af kompost at have en gavnlig effekt på jorden og dermed dyrkningsegenskaberne, men effekten kan evt. først vise sig på længere sigt, så der ikke umiddelbart ses nogen udbytteeffekt i udbringningsåret. Men hvad siger litteraturen om langtidseffekten af tilførsel af kompost? Som supplement til igangværende markforsøg med udbringning af kompost gennemgås her relevant litteratur vedr. især langtidseffekten af anvendelse af kompost som gødnings- og jordforbedringsmiddel.

Kompost giver mulighed for recirkulering af næringsstoffer

Kompost kan fremstilles af forskellige typer af biomasse såsom plantebiomasse, husdyrgødning eller andre typer af affald (Flores-Félix et al., 2019). Restbiomasser, der ikke umiddelbart er egnede til jordforbedring, kan gøres egnede via blanding og kompostering. Kompostering giver dermed mulighed for at tilbageføre næringsstoffer til jordbruget, og brugen af kompost kan medvirke til omstillingen fra konventionel til økologisk produktion (Flores-Félix et al., 2019).

Næringsstofindhold i kompost

En god kompost skal være moden og have et C/N-forhold på under 20, have pH lidt under neutral samt have passende indhold af fosfor og kalium (Flores-Félix et al., 2019). Efter kompostering er indholdet af kulstof og kvælstof ofte nogenlunde ens i forskellige typer kompost. Indholdet af grundstoffer, der ikke fordamper under komposteringen såsom kobber, zink, cadmium og bly, vil derimod være meget afhængig af indholdet i biomassen, der bliver komposteret. Generelt er der ikke højt indhold af tungmetaller i restbiomasser fra landbrugsproduktion, mens der ofte er f.eks. cadmium og bly i organisk affald fra byer (Flores-Félix et al., 2019).

Indholdet af fosfor kan variere mellem komposttyper men er ofte relativt lavt sammenlignet med andre typer organiske jordforbedringsmidler (Flores-Félix et al., 2019). Udnyttelsesgraden af fosfor i kompost er ofte omkring 30%, da der ikke er sket nogen større mineralisering af fosfor under komposteringen. Indholdet af kalium er ofte højt, men varierer meget afhængig af den oprindelige biomasse. Da kalium er vandopløseligt, kan det evt. tabes under komposteringen (Flores-Félix et al., 2019). Kompost indeholder også mikronæringsstoffer, men indholdet af disse vil også afhænge meget af den komposterede biomasse.

Generelle effekter af tilførsel af kompost

De fleste undersøgelser viser, at tilførsel af kompost kan forbedre jordens fysiske, kemiske og biologiske forhold (Adugna, 2016). En generel effekt ved tilførsel af kompost er at øge jordens indhold af kulstof og indholdet plantetilgængelige næringsstoffer såsom kvælstof og/eller fosfor (Adugna, 2016; Flores-Félix et al., 2019). Moden kompost har større evne til at øge jordens kulstofindhold sammenlignet med frisk/umoden kompost, da moden kompost har et større indhold af stabilt kulstof (Adugna, 2016). Tilførsel af store doser kompost kan være med til at vedligeholde jordens frugtbarhed, men for store doser kan give miljømæssige problemer såsom nitratudvaskning ligesom ved anvendelse af store mængder mineralsk gødning (Flores-Félix et al., 2019). Lysimeterforsøg viser dog på, at gødskning med op til 100 tons kompost pr. ha reducerer udvaskningen af nitrat væsentligt sammenlignet med gødskning med op til 140 kg mineralsk kvælstof pr. ha (Plosek et al., 2017). Tilsvarende har tilførsel af kompost svarende til ca. 50 eller 100 kg total-kvælstof pr. ha har i pottforsøg givet meget lav udvaskning af nitrat (Santos et al., 2018).

Udover tilførsel af næringsstoffer kan anvendelse af kompost have andre fordele, der indirekte har betydning for jordens frugtbarhed, bl.a. ved at påvirke porøsiteten og partikelstørrelsen i jorden ved at give mindre partikler med lavere densitet (Flores-Félix et al., 2019). Kompost kan også være med til at regulere balancen mellem immobilisering og mineralisering af næringsstoffer i jorden. Tilførsel af kompost kan desuden medføre øget mikrobiel aktivitet og diversitet i jorden, men den mikrobielle sammensætning er især påvirket af jordtypen (Flores-Félix et al., 2019). Disse effekter af kompost på jorden kan bidrage til at forbedre udbyttet, udbyttestabiliteten og kvaliteten af afgrøder, og komposttilførsel kan være med til at udligne/afbøde effekter af udsving mellem perioder og mellem år (Adugna, 2016).

Langtidseffekter af tilførsel af organiske jordforbedringsmidler

Mange undersøgelser vedr. anvendelse af kompost og andre jordforbedringsmidler løber over en relativt kort periode på 2-4 år (Flores-Félix et al., 2019). Der er dog også enkelte studier af komposttilførsel over længere tid, og nogle af disse beskrives i det efterfølgende afsnit. Desuden har Diacono & Montemurro (2010) lavet et review af længerevarende forsøg (fra 3 til 60 år) med tilførsel af organiske jordforbedringsmidler, dvs. både kompost og andre organiske materialer. De generelle konklusioner vedr. jordens frugtbarhed var:

1. Mange effekter af tilførsel af jordforbedringsmidler viser sig først langsomt, f.eks. opbygning af indlejring af kulstof i jorden. Det er derfor vigtigt at følge udviklingen over lang tid.
2. Gentagen tilførsel af organiske jordforbedringsmidler til landbrugsjord fører til forbedring af jordens biologiske funktioner/aktiviteter, f.eks. er den mikrobielle biomasse i forsøg øget med op til 100% ved tilførsel af kvalitetskompost.
3. Vedvarende tilførsel af kompost over lang tid har øget jordens kulstofindhold med op til 90% sammenlignet med ugødsket og op til 100% sammenlignet med mineralisk gødskning.
4. Jævnlig tilførsel af organiske jordforbedringsmidler og især komposterede jordforbedringsmidler øger jordens fysiske frugtbarhed især ved at øge stabiliteten af jordaggregaterne og ved at reducere jordens volumenvægt.
5. De bedste dyrkningsmæssige resultater af komposttilførsel er generelt opnået med behandlingerne med hyppigst tilførsel og største mængder af tilført kompost.
6. Udbyttet af afgrøder er øget med op til 250% ved tilførsel af store mængder af komposteret dagrenovation over lang tid. 'Stabiliserede' jordforbedringsmidler kan desuden øge afgrødekvaliteten.
7. Anvendelse af organiske jordforbedringsmidler har en positiv klimaeffekt ved at indlejre kulstof i jorden. Effektens størrelse afhænger af typen af jordforbedringsmiddel samt mængden og tilførselsfrekvensen.
8. Der er ingen tegn på negative effekter af tungmetaller tilført med jordforbedringsmidler, specielt ikke ved tilførsel af kvalitetskompost over lang tid, da kompost også kan reducere tilgængeligheden af tungmetaller.
9. Gentagen tilførsel af komposteret materiale øger jordens indhold af organisk kvælstof med op til 90%. Kvælstoffet lagres i jorden til senere mineralisering til efterfølgende afgrøder og ofte uden at give udvaskning.

Langtidsforsøg med tilførsel af kompost

Forsøg i Tyskland over 45 år

I et tysk studie på lerjord ('luvisol') over ca. 45 år blev der tilført enten mineralisk gødning, husdyrgødning, spildevandsslam eller komposteret husholdningsaffald (Scherer et al., 2011). Komposten blev i de første 35 år tilført i mængder på enten 12 eller 49 tons tørstof pr. ha hvert andet år, mens der de følgende 10 år blev

tilført enten 30 eller 120 tons tørstof pr. ha hvert tredje år. Som gennemsnit over hele perioden blev der med komposten tilført 2,2 eller 9,0 tons kulstof og 213 eller 854 kg kvælstof pr. ha pr. år, dvs. der er tale om ganske store mængder, og der er tilført væsentligt mere kvælstof med komposten end med de øvrige typer jordforbedringsmidler. Efter 45 år var indholdet af total-kulstof og total-kvælstof signifikant højere i jord tilført høj dosis af komposten sammenlignet med alle øvrige behandlinger. Ved dyrkning af alm. rajgræs efter 45 år var der da også en større kvælstofoptagelse i afgrøden i jord tilført kompost. Da der er stor forskel i tilførslen af både kulstof og kvælstof mellem de forskellige typer jordforbedringsmidler, er det vanskeligt at skelne mellem effekterne af kvælstoftilførsel og andre mulige effekter af komposttilførslen.

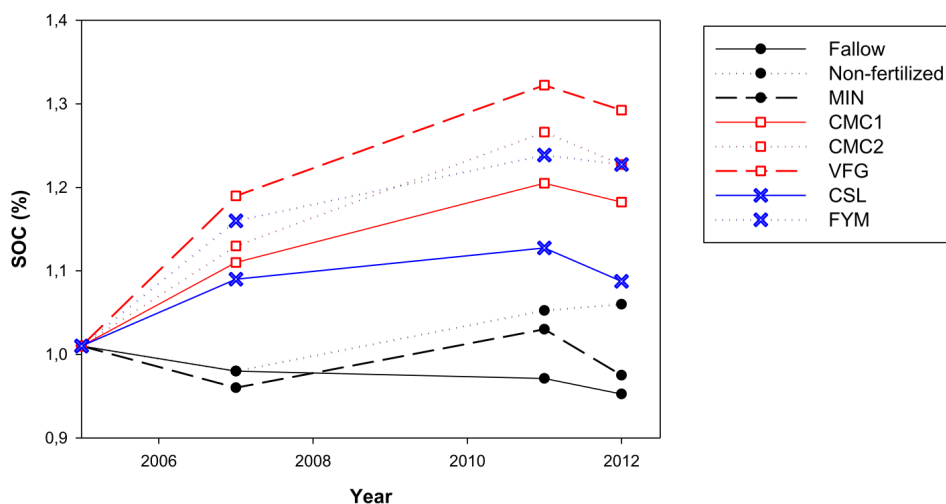
Forsøg i Belgien og Frankrig over 8-16 år

Tre markforsøg i Belgien og Frankrig belyste effekten af tilførsel af enten forskellige typer af kompost, fast staldgødning, kvæggylle, fiberfraktion eller mineralsk gødning over 8 eller 16 år (Vanden Nest et al., 2014; 2016a; 2016b). Tilførsel af kvæggødning øgede både tilgængeligheden af fosfor i jorden og udvaskningen af fosfor sammenlignet med tilførsel af de forskellige typer kompost, og jord tilført kompost synes at have en kraftigere binding af ortofosfat end jord tilført kvæggødning (Vanden Nest et al., 2016a). Det blev konkluderet, at kompost er bedre end kvæggødning og fiberfraktion fra husdyrgødning til at øge jordens kulstofindhold uden samtidig at øge risikoen for tab af fosfor fra jorden (Vanden Nest et al., 2016b).

I det ene forsøg (i Belgien, på en 'silt loam' med 11,7% ler, 52% silt og 36,3% sand) blev der over 8 år årligt tilført følgende typer af gødning/jordforbedringsmiddel (Vanden Nest et al., 2014):

- Fallow: Brak uden gødsning
- Non-fertilized: Uden gødsning
- MIN: Kun mineralsk gødning
- FYM: Fast kvæggødning
- CSL: Kvæggylle
- VFG: Kompost af grønsager, frugt og haveaffald
- CMC1: Kompost af træflis, barkflis, halm, græsafklip og afgrøderester, C/N-forhold >15
- CMC2: Kompost af træflis, barkflis, halm, græsafklip og afgrøderester, lavt C/N-forhold <15

Den tilførte mængde af organiske jordforbedringsmidler varierede fra år til år med 8 tons kulstof tilført pr. ha i første år og derefter mellem 1,1 og 3,3 tons kulstof pr. ha pr. år i år 2 til 8 (Vanden Nest et al., 2014). I alt blev der tilført 23,9 tons kulstof over 8 år, svarende til 3,0 tons kulstof pr. ha pr. år i gennemsnit. Indenfor hvert år blev der altid tilført lige store mængder kulstof pr. ha af de forskellige jordforbedringsmidler, men da der var forskel i næringsstofindholdet, var der også forskelle i den tilførte mængde næringsstoffer. I figur 1 er vist udviklingen i indholdet af kulstof i jorden over de 8 år afhængig type af jordforbedrings-/gødningsmiddel. Figuren viser, at fast staldgødning fra kvæg og de tre typer af kompost øgede kulstofindholdet mest og mere end kvæggylle og især mineralsk gødning. Fast staldgødning fra kvæg og kompost har således nogenlunde samme potentiale mht. at øge jordens kulstofindhold, men i modsætning til kompost kan tilførsel af staldgødning som nævnt øge risikoen for tab af fosfor.



Figur 1. Udvikling i kulstofindhold i jorden over 8 år med årlig tilførsel af forskellige typer jordforbedrings-/gødningsmidler. For de organiske jordforbedringsmidler (CMC1, CMC2, VFG, CSL, FYM – se tekst ovenfor vedr. forklaring) er der tilført samme mængde kulstof pr. år, men mængden har varieret fra år til år. (Fra Vanden Nest et al., 2014).

I forsøget blev der over de 8 år dyrket afgrøderne foderroer, rødkål, alm. rajgræs, majs og kartofler, og afgrøderne blev sikret tilstrækkelig næringsstofforsyning med supplerende NPK-gødsning. Der blev målt tørstofudbytte over hele perioden for hver af jordforbedrings-/gødningsmidlerne, og i 3 af årene (2005, 2008, 2009) blev der fundet signifikante forskelle mellem behandlingerne (Vanden Nest et al., 2014). Det relative gennemsnitsudbytte over hele perioden var 94 for kvæggylle, 96 for mineralsk gødning, 100 for kompost af grønsagsaffald, 101 for kompost med højt C/N-forhold, 102 for fast staldgødning fra kvæg og 106 for kompost med lavt C/N-forhold. Der var dog kun signifikant forskel mellem udbytte for kvæggylle og kompost med lavt C/N-forhold.

Forsøg i Spanien over 13 år

I et forsøg i Spanien blev der over en 13-årig periode årligt tilført enten svinegylle (25 tons/ha svarende til 82 kg N/ha), komposteret slam (10 eller 20 tons/ha svarende til 189 eller 378 kg N/ha) eller mineralsk gødning (30 kg N/ha) (Martí et al., 2016). Tilførsel af svinegylle og kompost medførte begge højere kulstofindhold i jorden, øget indhold af fosfor og kalium, øget mikrobiel aktivitet samt højere udbytte ved dyrkning af hvede. Det højeste udbytte blev opnået ved tilførsel af 10 tons komposteret slam pr. ha pr. år, og der var ingen tegn på udbyttenedgang efter 13 år. I dette forsøg er der tilført meget forskellige mængder næringsstoffer, og effekten af disse forskelle kan ikke skelnes fra andre evt. effekter af tilførsel af kompost.

Forsøg i Italien over 5 år

I et italiensk studie blev der første år tilført forskellige mængder af en kompost baseret på grønsagsaffald og maveindhold fra slagtekulve til en sandjord, og der blev suppleret med mineralsk NPK-gødning for at opnå samme tilgængelighed af næringsstoffer (Marchesini et al., 1988). Efter to år med forskellige afgrøder blev der i 3., 4. og 5. år dyrket solsikke, og udbyttet steg med stigende mængde kompost tilført i første år (op til 30 tons kompost pr. ha). Udbytteeffekten blev tilskrevet en overordnet forbedring i komponenterne af betydning for jordens frugtbarhed.

Forsøg i Østrig over 12 år

I et forsøg i Østrig (på en 'loamy silt' med 17,4% ler, 69% silt og 13,6% sand og 1,9% organisk materiale) blev der over 12 år årligt tilført fire forskellige typer kompost, alle i en mængde svarende til 175 kg total-

kvælstof pr. ha pr. år (Ros et al., 2006). Desuden var der forsøgsled med mineralsk gødning med 80 kg N pr. ha samt kombinationer af hver af de 4 typer kompost + mineralsk gødning (175 kg total-kvælstof + 80 kg mineralsk kvælstof pr. ha) samt et forsøgsled helt uden gødskning. De fire typer kompost var baseret på enten organisk affald (dagrenovation), grønt affald (løv, grenaffald, græsafklip samt anden biomasse med højt indhold af cellulose og lignin), kvæggødning (dybstrøelse) samt afgasset spildevandsslam tilført træ- og barkflis. Efter 12 år blev der udtaget jordprøver i 20 cm dybde.

Generelt var jordens indhold af kulstof øget efter 12 års tilførsel af kompost og kompost + mineralsk gødning sammenlignet med kontrolbehandlingen uden gødskning og mineralsk gødning, dog var stigningen kun signifikant for kompost af dagrenovation, grønt affald og spildevandsslam samt kompost af spildevand + mineralsk gødning. Indholdet af kvælstof i jorden var også øget men kun signifikant for tilførsel af kompost af dagrenovation. C/N-forholdet var øget for behandlingerne med tilførsel af kompost af grønt affald og kompost af spildevandsslam. Indholdet af mikrobielt kulstof var øget for nogle af behandlingerne med tilførsel af kompost. Forsøget indikerer, at tilførsel af kompost ændrer jordens mikrobiologi i retning af større diversitet, men der blev ikke fundet forskelle mellem typerne af kompost.

Ved dyrkning af majs 12 år efter forsøgsstart blev der opnået signifikant højere udbytter i forsøgsled med komposttilførsel sammenlignet med det ugødske forsøgsled, men signifikant lavere udbytte end ved gødskning med 80 kg N pr. ha i mineralsk gødning. Der var tendens til lidt højere udbytte ved kombinationen af kompost + mineralsk gødning sammenlignet med mineralsk gødning alene, men forskellen var ikke signifikant. Der var ingen væsentlig forskel i udbyttet mellem de forskellige typer kompost. Undersøgelsen tyder på, at tilførsel af kompost har en positiv virkning på udbyttet, og at effekten er større i kombination med tilførsel af kvælstofgødning. Ligesom i flere andre studier er det dog vanskeligt at skelne effekten af kompostens gødningsvirkning fra andre gavnlige virkninger af kompost.

Konklusion

De fleste undersøgelser vedr. kompost som jordforbedringsmiddel følger af gode grunde kun effekten over få år, og derfor kan der sjældent konkluderes noget om langtidseffekten af komposttilførslen. Der er dog gennemført nogle længerevarende forsøg med tilførsel af kompost, og generelt synes der at være positive langtidseffekter, ikke mindst øget indhold af kulstof og næringsstoffer i jorden og med en relativt begrænset risiko for tab af næringsstoffer. Tilførsel af kompost kan have virkning på jordens kemiske, fysiske og biologiske forhold, og disse virkninger kan tilsammen øge jordens frugtbarhed og dermed udbyttene, hvilket er påvist i nogle tilfælde. Ofte er det dog vanskeligt at skelne gødsningseffekten fra andre positive effekter af kompost på jordens frugtbarhed.

Kilder

Adugna, G. (2016). A review on impact of compost on soil properties, water use and crop productivity. *Academic Research Journal of Agricultural Science and Research*, 4, 93-104.

Diacono, M. & Montemurro, F. (2010). Long-term effects of organic amendment on soil fertility. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 401-422.

Flores-Félix, J.D., Menéndez, E., Rivas, R., Velázquez, M.E. (2019). Future perspective in organic farming fertilization: Management and product. Eds. Chandran, S., Unni, M.R., Thomas, S. I: *Organic Farming. Global Perspectives and Methods*. Kap. 9, s.269-315. Woodhead Publishing. ISBN 978-0-12-813272-2.

Marchesini, A., Allievi, L., Comotti, E. & Ferrari, A. (1988). Long-term effects of quality-compost treatment on soil. *Plant and Soil*, 106:2, 253-261.

Martí, E., Sierra, J., Mari, M., Ortiz, C., Roig, N., Nadal, M., Schuhmacher, M. & Domingo, J.L. (2016). Long-term amendment of soils with compost and pig manure: effects on soil function and health risk assessment. *Acta Horticulturae*, 1146, 199-212. III International Symposium on Organic Matter Management and Compost Use in Horticulture. DOI 10.17660/ActaHortic.2016.1146.27

Plosek, L., Elbl, J., Losak, T., Kuzel, S., Kintl, A., Juricka, D., Kynicky, J., Martensson, A. & Brtnicky, M. (2017). Leaching of mineral nitrogen in the soil influenced by addition of compost and N-mineral fertilizer. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 67, 607-614.

Ros, M., Klammer, S., Knapp, B., Aichberger, K. & Insam, H. (2006). Long-term effects of compost amendment of soil on functional and structural diversity and microbial activity. *Soil Use and Management*, 22, 209-218.

Santos, A., Fangueiro, D., Moral, R. & Bernal, M.P. (2018). Composts Produced From Pig Slurry Solids: Nutrient Efficiency and N-Leaching Risks in Amended Soils. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2, article 8, 1-12.

Scherer, H.W., Metker, D.J. & Welp, G. (2011). Effect of long-term organic amendments on chemical and microbial properties of a luvisol. *Plant Soil and Environment*, 57:11, 513-518.

Vanden Nest, T., Vandecasteele, B., Ruysschaert, G., Cougnon, M., Merckx, R. & Reheul, D. (2014). Effect of organic and mineral fertilizers on soil P and C levels, crop yield and P leaching in a long term trial on a silt loam soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 197, 309-317.

Vanden Nest, T., Ruysschaert, G., Vandecasteele, B., Houot, S., Baken, S., Smolders, E., Cougnon, M., Reheul, D. & Merckx, R. (2016a). The long term use of farmyard manure and compost: Effects on P availability, orthophosphate sorption strength and P leaching. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 216, 23-33.

Vanden Nest, T., Vandecasteele, B., Ruysschaert, G., Cougnon, M., Baken, S., Smolders, E., Houot, S., Reheul, D. & Merckx, R. (2016b). The long-term application of compost versus other organic fertilizers: effect on P leaching. *Acta Horticulturae*, 1146, 213-220. III International Symposium on Organic Matter Management and Compost Use in Horticulture. DOI 10.17660/ActaHortic.2016.1146.28