



NORSØK

Norsk senter for økologisk landbruk

Biologisk jordstruktur

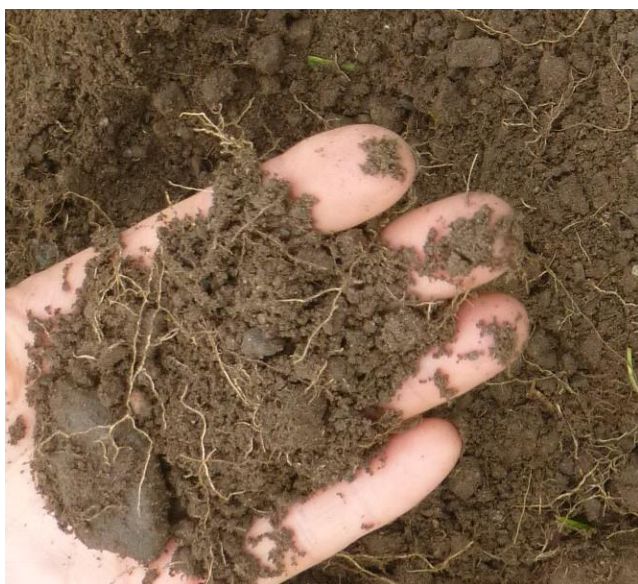
NORSØK FAGINFO Nr 5 2017

Norsk senter for økologisk landbruk

Reidun Pommeresche, Norsk senter for økologisk landbruk og Øystein Haugerud, Fylkesmannen i Buskerud.

Kontakt: reidun.pommeresche@norsok.no

Hvordan partikler og porer i jorda er ordnet i forhold til hverandre bestemmer jordstrukturen. Leire, silt og sandkorn danner sammen med organisk materiale ulike typer aggregater og hulrom i jorda. Planterøtter og jordliv limer og vever dette sammen og danner store, synlige jordaggregater som vi kan se som rosinstore «gryn». Jord med mange slike aggregater sier vi har god «grynstruktur».



En håndfull god matjord, grynete og lett å smuldre.

Hvordan får jorda en slik fin, porøs grynstruktur?

Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK.

Innledning

Små og store partikler og porer i jorda er ordnet i forhold til hverandre. Dette bestemmer jordstrukturen. Partiklene samler seg til større klumper med ulike fasonger og egenskaper, disse klumpene kalles «aggregater». Biologiske, kjemiske og fysiske prosesser er involvert. Denne fagartikkelen fokuserer på de biologiske prosessene.

Danning av jordaggregater

Leir, silt og sandkorn, danner alene og sammen med organisk materiale ulike typer aggregater. Mikroaggregatene er 2-250 mikrometer (μm) og makroaggregatene er 0,25-5 mm. Til sammenligning er et hårstrå 0,04 mm (40 μm) tykt.

Aggregatene kan være mer eller mindre stabile, samt bindes sammen til store, synlige aggregater (5-10 mm), som vi på norsk kaller «gryn». Jord med god grynstruktur har et tilnærmet optimalt system av passende størrelser av både jordaggregater og porer, samt sammenhengende poresystemer. Dette gir god struktur, både til plantevekst, meitemark og annet jordliv. En slik jord vil husholde bedre med vann og tåler mye nedbør bedre.



Bildet viser små og store jordaggregater (grynstruktur) forstørret fire ganger, samt et par døde røtter (nede til venstre) og litt planterester. Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK.

Både biologiske og fysisk-kjemiske (abiotiske) prosesser er involvert i dannelsen av jordaggregater. De abiotiske prosessene er viktigst når de minste aggregatene dannes, mens de biologiske prosessene betyr mer for dannelsen av de aller største. Hvilke typer aggregater som dannes bestemmes mye av teksturen i jordarten, altså innholdet av små leir-, silt- og sandpartikler (alt mindre enn 2 mm) og egenskaper disse partiklene har.

Biologisk aktivitet, som planterøtter, sopphyfer, bakterier og meitemark i jorda danner både aggregater og porer, og er med på å stabilisere strukturer som dannes. Biologisk aktivitet er ofte helt avgjørende for dannelsen av aggregater i sandjord og i jord med lite leire. Veksling mellom tørke og fuktighet, samt veksling mellom frysing og tining er også viktige prosesser.

Flokkulering betyr mest i leirholdig jord

Leirmineralene er plateformet og har negativt ladde overflater. De har stor overflate som binder seg til positivt ladde ioner (kationer), humuspartikler og siltpartikler i jorda. De kan også holde på mye vann mellom platene, som gjør at de sveller. Jordartens evne til å utvide seg og krympe avhenger i hovedsak av leirinnholdet (> 10 % leirinnhold).

Slike fysiske endringer i jordstrukturen er størst i leirjord og minst i sandjord og avhenger av veksling mellom tørr og fuktig jord. Mold og humus i jorda har liknende sveleegenskaper som leire. I tillegg har både leirpartikler og humuspartikler kjemiske egenskaper som gjør at de gjensidig binder seg til hverandre eller tiltrekker seg visse andre partikler og stoffer. Videre er toverdige kalsium- og magnesiumioner viktige for de har to positivt ladde «armer» til å binde til seg negative ladde humus og leirpartikler. Dette kalles samlet for flokkuleringen og starter dannelsen av de alle minste aggregatene og porene i jorda. Disse leir- og humuspartiklene er mindre enn 2 µm.



Tørr jord øverst og fuktet jord nederst. Fra venstre mot høyre jordaggregater og mineralkorn over grovsandstørrelse (2-4 mm), grov og mellomsand (0,25- 2 mm) og finsand (0,06- 0,25mm). Helt til høyre er silt og leir samlet (<0,06 mm). Leirpartiklene (< 2 µm) er for små til å kunne siktes fra. Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK.

Biologi betyr mest i sandholdig jord

I rein sandjord er stabilisering av sandkorn til makroaggregater og gryn helt avhengig av vekst av planterøtter, sopp og bakterier i poresystemene mellom sandkornene, siden sandkornene i seg selv ikke endrer fasong (sveller) i våt tilstand (Oades, 1993). Studier har vist at slik biologisk stabilisering kan gi ulike gjenkjennbare aggregatformer. Følgende former ble påvist: Avrunda, rosinforma gryn der sandkornene holdes sammen av kolonier av mikroorganismer og klebrige stoffer fra disse (mikrobeaggregater), tydelig avlange aggregater laget av røtter og sopphyfer (rot-hyfe aggregater) og avlange, mer amorfe aggregater bestående av organisk materiale under omdanning, holdt sammen av metabolske stoffer fra disse prosessene (omdanningsaggregater). Alle disse aggregattypene ble funnet i flere størrelser fra 1 til over 10 mm (se figuren under).

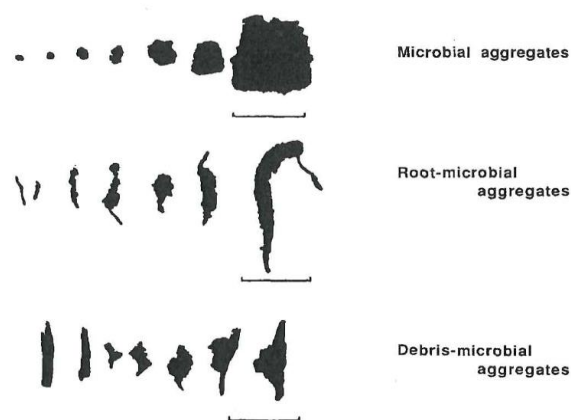


Fig. 4. Aggregate stabilization in sands (after Forster, 1990). Bar = 10 mm.

Ulike typer jordaggregater «limt» og holdt sammen av mikroorganismer, roteksudater og metabolske stoffer fra mikroorganismer i jord. Figur fra Oades, 1993.

Begge prosesser viktige i praksis

I samme studie som over fant de at i jord med både leire, silt og sand var det mange mikroaggregater (med størrelse 0,02-0,2 mm) som hadde kjerner av planterester og organisk materiale med et tydelig dekke av mineralpartikler. Formene var avlange på de største, og rundere på de mindre aggregatene. I mikroaggregater mindre enn 20 µm (0,02mm) var det ingen tydelig kerne av organisk materiale, men opphavet til disse kunne knyttes til at planterøtter hadde stabilisert makroaggregatene. Da plantene døde, tørket røttene inn og mineralmaterialet beskyttet omdanningen av det organiske materialet, slik ble aggregatene over tid mindre i størrelse, men hang fremdeles sammen. Slike mikroaggregater mener de kanskje kan bestå i over hundre år. Slik aggregatdannelse knyttes til flerårige systemer med gras, som er kjent for å danne god grynstruktur.

Meitemarkskit

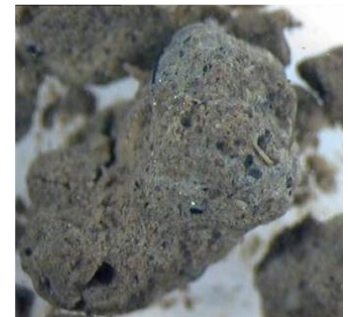
Ekskrementene til meitemark og spretthaler har runde former og glatte overflater. Meitemarkskit er jordaggregater og ser ut som avrunda kuler, 1-10 mm i diameter. Skitkulene ligger gjerne flere sammen i hauger, kalt kast, på overflaten eller nede i jorda. Aggregatene inneholder rester av det som meitemarkene spiser, organisk materiale og jord. Ekskrementene til spretthaler og midd har noe samme form og kan noen steder sees uten mikroskop, men er ofte mindre enn 1 mm og utgjør ikke de store mengdene. Planterøtter, meitemark, tusenbein og billelarver lager også porer og ganger i jorda som kjennetegnes av runde former og glatte overflater.

Spiser jord og skiter ut aggregater

Vi har 19 ulike arter meitemark i Norge. Meitemark, kan spise seg gjennom jord, men vil helst bruke sprekker og porer som allerede er i jorda. Gråmeitemarken er den arten som er sterkest til å «gnage» nye ganger i pakka jord og til å presse seg fram i tynne sprekker. Derfor er den vanligst i jord som pløyes ofte og i silt- og leirjord i Norge. Kanaler og porer laget av røtter og jordfauna kalles for bioporer.

Under vekstskifter i Norge med gras og korn, ble det i snitt funnet 230 gråmeitemark per m² jord (0-20 cm dyp). Det er beregnet at disse i løpet av et år kan spise seg gjennom over 20 tonn med matjord per dekar (Pommeresche & Løes, 2009). Ekskrementene de skiter ut er aggregater bestående av planterester og mineraljord, og inneholder mer plantenæring enn jorda ellers.

Både bakterier, spretthaler, sopphyfer og planterøtter liker seg i og rundt slike aggregater og er med å lime og binde dem sammen og stabiliserer dem.



Meitemarken spiser jord med mikroorganismer og planterester. Ekskrementer (kast) fra gråmeitemark på bildet til venstre er ett døgn gammel. Bildet til høyre viser tørket meitemarkkast, forstørret. Merk de avrunda formene, samt litt ulike farger og en del små og større porer. Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK.

Biologisk jordstruktur

Biologisk jordstruktur er aggregater og porer der røtter og jordliv er viktig i dannelsen og i stabilisering. Det at aggregatene tåler vann uten å løse seg helt opp er viktig i nedbørsrike områder. I tørkeperioder er det viktig at jordaggregatene kan lagre vann lengre enn jorda i seg selv. Stabilitet går også på hvor raskt de organiske delene i disse strukturene spise opp og/eller erstattes av nytt organisk materiale. En del av stabiliteten i aggregatene vil være en dynamisk tilstand, som må vedlikeholdes og nydannes av jordlivet jevnlig, andre deler er mer varige og bestandige over år.

Roteksudat: Stoffer som planten skiller ut i jorda via planterøttene. Eksempelvis karbohydrater, aminosyrer, organiske syrer, vitaminer og proteiner.

Jordaggregater: klumper av jordpartikler som holdes sammen av leire, hyfer, røtter og/eller organiske stoffer som skilles ut av røtter, sopp og bakterier i jord. Det kan være luftrom (porer) i og mellom slike aggregater. Størrelsen på aggregatene varierer.

Mikrometer (µm): 1000 µm = 1 mm

Flokkulering: Ørsmå jordpartikler, som leire og humus, «trekker» seg sammen til ørsmå aggregater pga kjemiske og fysiske egenskaper ved partiklene og vann.

Abiotisk: Ikke levende, fysiske og kjemiske forhold.

Jordlivet stabiliserer jordstrukturen

Biologien i jorda er viktig for å stabilisere jordstruktur som bygges opp. Når vi graver i jorda og ser grynstruktur, der grynene (aggregatene) er på størrelse med små rosiner, er det et samlet produkt av jordart og jordliv. Vi kan se at planterøtter sammen med sopphyfer utgjør «klebrige» nettverk, nesten som småmasket fiskegarn, hvor ulike jordaggregater henger på maskene i rotgarnet. Hver av aggregatene kan i seg selv stabiliseres av klebrige stoffer skilt ut fra røtter, sopphyfer, bakterier, meitemark og andre jordorganismer. Disse samme klebrige stoffene stabiliserer også meitemarkganger og porer/ganger etter røtter og hyfer. Bakterier skiller ut polysakkarider (sukkerstoffer) og ett av soppenes klebrige stoff kalles glomalin.

Grasrøtter mater mikrolivet

Planterøtter vokser helst i litt fuktig jord og velger å vokse i små sprekker og sammenhengende porer i jord heller enn gjennom selve aggregatene. Hele rotsystemet er med på å veksle mellom å «tørke» ut jorda like rundt røttene og å skille ut roteksudater. Dette bidrar til å lage grynstruktur og større poresystemer av de små sprekken som er der.

Plantene skiller ut store mengder sukkerholdige stoffer i jorda. Fra 5 til over 30 % av det karbonet som plantene «fanger» i fotosyntesen, flyttes til røttene og skilles ut i jorda. De organiske stoffene som sirkulerer mellom planter og organismer kalles av noen for «liquid carbon», flytende karbon. Plantene «pumper» på en måte jevnlig energiholdige stoffer ned til jordlivet, i bytte for en rekke økosystemtjenester fra jordlivet, deriblant næringsstoffer, vann, beskyttelse mot bakterier og sopp, i tillegg til økt biologisk jordstruktur.

Grasrøtter holder på aggregatene

Ulike planter har ulike typer røtter og særlig noen enfrøblada arter, for eksempel både ettårig og flerårig raigras, kan ha store, finmaskede rotnett. Flere av stoffene som er på grasrøtter er klebrige, jordpartikler limes til røttene og det dannes «jordpels», dreadlocks, på røttene.

Røtter og roteksudater både lager og stabiliserer disse jordaggregater. Enfrøbladete planter (gras og korn) er generelt bedre enn tofrøblada planter (alle andre planter) til å danne grynstruktur, og av de enfrøbladete er gras bedre enn korn (Oades, 1993). Mange eldre, stabile aggregater har en indre kjerne av gamle, døde røtter.



*En ung grasplante, engrapp, med røttene fulle av biologisk danna aggregater. Slike røtter tykke med jordaggregater laget av røttenes roteksudater kalles «roots with dreadlocks». Hva kan det norske uttrykket være?
Foto: Reidun Pommeresch, NORSØK.*

Organisk materiale viktig

Organisk materiale i jord er energikilden (karbon) til mikroorganismene. Rotteksudater fra levende planterøtter er den viktigste kildene til energi for jordlivet. Det er energirike organiske stoffer som sukker, organiske syrer, enzymer, aminosyrer, vitaminer, fenoler osv som aktiverer jordlivet. Mikroskopiske jordaggregater dannes rundt eksudatene og rotcelledeler som brytes av i jorda (Dormaar & Foster, 1991). Ørsmå organiske partikler flokkulerer (binder seg) også med leirmineraler. Et innhold på 3 % organisk materiale var nok til å stabilisere jordaggregater i en siltig lettleire som ble utsatt for vann. Det dannes også aggregater ved at døde planterestene brytes ned, den mikrobielle omdanningen skiller ut stoffer som får mineralkorn til å henge seg på og rundt bakteriene, soppene og planterestene. Slikt organisk materiale blir fort

energifattig og fungerer derfor gjerne mer som næring enn energilde for sopp og bakterier i jorda.

Formoldet torvjord, kalt myrjord, har mellom 40-100 vektprosent organisk materiale. Jordstrukturen i slik myrjord og mineraljord med høyt innhold av organisk materiale, er ikke nødvendigvis bra. Mangel på mineraljord og leire gjør at det ikke dannes jordaggregater på samme måte som i mineraljord, samt at slik jord kan blir veldig våt og tett.



Ettårig raigrasplante med røttene fulle av jordaggregater. Den brune fargen er jordpartikler som henger på røttene og dekker dem i tykke lag. Se også det store rotnett (garnet) av røtter hvor aggregater holdes delvis fanget i. Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK.

Bakterier og sopp

Det er komplisert å finne ut hvor mye bakterier og sopphyfer hver for seg bidrar til å stabilisere aggregater. Forskningen konkluderer med at bakterier i større grad er involvert i dannelsen av mikroaggregater (< 250 µm) og sopphyfer i de ennå små, men litt større aggregatene. I tillegg finnes en stor gruppe bakterier som vokser som tynne hyfer i jorda, disse kalles aktinobakterier (Actinomycetes). Aktinobakteriene lever av organisk materiale og gir jorda den karakteristiske jordlukta. Oftest er det bakterier, aktinobakterier og sopp i jordaggregater.

Sopphyfene er mye tynnere enn de tynneste planterøttene, så de kan veve sammen mindre jordaggregater enn det

planterøttene klarer. Sopphyfene kan også stabilisere leirpartikler ved å endre hvordan de er stablet, samt ved å skille ut stoffer som limer dem sammen.

Samarbeid gir aggregater

Mykorrhizasopp er sopp som lever i samliv med planterøtter. De danner hyfer og har kontinuerlig tilgang på karbonholdige stoffer fra plantene i bytte mot vann og ulike næringsstoffer som soppen skaffer. Mykorrhizahyferne består av mye glomalin, som er et klebrig glykoprotein. Dette er med å fremme aggregatdannelsen. Soppene og andre mikroorganismer knyttet til hyfene, omdanner de sukkerholdige stoffene til komplekse organiske molekyler og deriblant stabile humusstoffer. Humusstoffer er bygd opp av karbon og nitrogen fra atmosfæren (via røtter) sammen med mineraler fra jorda.

De frittlevende mikrosoppene og aktinobakteriene som lever av planterester, halm og døde røtter i jorda, har gjerne mindre hyfedannelse og mer avgrenset tilgang på energi. Disse vil dermed danne aggregater «rundt» der næringskilden, det organiske materialet er. Det er ulike stoffer de skiller ut for å fordøye planterestene, som er med å binde sammen aggregatene.



Bildet viser sopphyfer som vokser og vever to jordaggregater sammen. Photo: K. Ritz, European Atlas of Soil Biodiversity.

Kjør når jorda er lagelig og tørr nok

Måten jorda drives på har stor betydning for jordstrukturen. Lett utstyr, breie dekk, lavt dekktrykk og kjøring på tørr nok jord, er viktige tiltak for å ødelegge jordstrukturen minst mulig. Biologisk oppbygd jordstruktur ødelegges også av jordarbeiding som pløying, fresing og harving. Kjøring med tungt utstyr på våt jord ødelegger jordstrukturen aller mest. Da blir aggregatene knust og sammenhengen mellom porene brytes og blir færre. Jordpakking og skader i de øverste 25 cm av jorda kan delvis repareres ved hjelp av mekanisk jordarbeiding og

etterfølgende planterøtter og jordliv som stabiliserer strukturen, men dette tar flere år. Pakking av jorda under rotsonen er avhengig av abiotiske prosesser for å løses opp, og enda vanskeligere å gjøre noe med.

Rask bedre struktur

Erfaring fra prosjektet «Levende Matjord» har vist at grynstruktur kan bygges og bedres svært raskt i åkerjord ved hjelp av allsidige, ettårige frøblandinger hvor raigras og nitrogenfikserende arter er en viktig del av blandingen. Vi har erfart dette i åkerarealer med siltig lattleire og siltig mellomleire. Etter en vekstsesong med en slik frøblanding har de fleste åkerarealene fått en betydelig mer utviklet grynstruktur i hele matjordlaget (bildet nedenfor).

Det er de levende planterøttene med sine roteksudater som i samarbeid med mikrolivet i jorda gjør dette mulig. Vi har også observert at det er svært viktig å ha levende planter i jorda mest mulig av tiden. Det betyr at det selv etter for eksempel sein potetopptaking bør såes en vekst som spirer hurtig. Havre eller bygg kan i slike tilfeller være gode alternativer. Videre ser vi i at jord med vekstskifte med flerårig eng oftest har mer og bedre grynstruktur enn jord der det bare dyrkes ettårige vekster og jorda ligger svart høst og vinter.

Viktigst for norske forhold

Tre prosesser kan trekkes fram som de viktigste under norske forhold for dannelse av biologisk jordstruktur og stabilisering av jordaggregater:

Mat til jordlivet. Tilførsel av karbonholdige stoffer til jorda skjer via fotosyntesen, i form av roteksudater fra levende planter. Helårig plantevekst gir energi til jordlivet.

Biologisk stabilisering. Stabilisering av aggregater og porer avhenger av hvor fotosynteseproduktene fraktes og havner i jorda. De kan tilføres på overflaten som strø/kompost/organisk gjødsel eller i form av ettårige eller flerårige røtter, små eller store rotsystemer. Mengde og type roteksudater har i tillegg betydning. Hvilke og hvor mange ulike planter som dyrkes har også stor betydning.

God agronomi. Det betyr rett behandling av jorda slik at røtter, meitemark, sopp og bakterier får bre seg utover og nedover i jorda. Drenering, næringsforsyning, utstyr, dekk og agronomi tilpasset jordarten er viktig. Passe med vann, næring og luft til røtter og jordliv er ønske, men ofte vanskelig å få til i praksis.

Dette er den tredje fagartikkelen i serien av fire om organisk materiale i jord. Hva det er, hvordan det undersøkes og måles, samt praktiske metoder for å forvalte organisk materiale i landbruksjord. Artiklene utgis som NORSØK – FAGINFO og er et samarbeid med prosjektet Økologisk Foregangsfylke «Levende Matjord».



Bildet til venstre viser bedre struktur og begynnende dannelse av grynstruktur i jorda, allerede høsten samme året. Det ble dyrket grønnsaker årene før og våren før det i juli ble sådd pionerblanding (raigras, vikke, honningurt og blodkløver), bildet er fra september samme år, etter litt over to mnd veksttid. Bildet til høyre viser en liknende jordart med mye færre gryn og flere større jordklumper. Man ser også at en rot har vokst med mye motstand og har lite siderøtter og lite jordpels. Foto: Øystein Haugerud.

Referanser

- Brady, N.C. & Weil, R.R. 2008. The nature and properties of soils. Pearson Prentice Hall, USA.
- Bronick, C.j. & Lal, R. 2005. Soil structure and management: a review. Geoderma 124, 3-22 (nett).
- Dormaer, J.F. & Foster, R.C. 1991. Nascent aggregates in the rhizosphere of perennial ryegrass. Can. J. soil Sci. 71, 465-474 (nett).
- Jones, C. 2008. Liquid carbon pathway unrecognised. Australian Farm Journal (nett).
- Oades, J.M. 1993. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. Geoderma, 56 (nett).
- Pommeresche, R. & Løes, A.-K., 2009. Relations between agronomic practice and earthworms in Norwegian arable soils. Dynamic Soil, Dynamic Plant 3, 129-142 (nett).
- Rillig, M. C. 2004. Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. Can. J. Soil Sci. 84, 355-363 (nett).
- Rillig, M & Mummey, D.L. 2006. Mycorrhizas and soil structure. New Phytologist (nett).
- Les mer om jordliv, fangvekster, grønn gjødsel, eng, bakterier, sopp, encellede dyr, spretthaler og meitemark i egne temaark som finnes på www.agropub.no



I jorda til venstre på begge bildene er det sådd pionerblanding (honningurt, raigras, blodkløver og vikke) samme vår, etter mange år med grønnsaker. Jorda til høyre på begge bildene, er samme jordart og samme sted, men jord hentet like utenfor der det er dyrket, i vegetasjonen under et fast gjerde. I tørr tilstand ser begge ganske grynede og porøse ut, men når vi har på vann, ser vi at den dyrka jorda har få vannstabile aggregater, mens grynstrukturen til jorda til høyre holder sammen og «tar» opp vannet samtidig som at jordpartiklene ikke løses opp på samme måte. Bildene er fra september samme år. Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK.

Biologisk jordstruktur

Nr 5 | 2017

NORSØK FAGINFO

Ansvarlig redaktør: Turid Strøm

Forfattere: Reidun Pommeresche og Øystein Haugerud

ISBN: 978-82-8202-042-8

www.norsok.no