

Overflatekompostering med tilsetning av urtefermentet Terra Biosa

Effekter på jordbiologi og nitrogen

NORSØK RAPPORT | VOL. 8 | NR. 2 | 2023



JM Vibhoda Holten¹, Dag Molteberg², Ingrid Hårstad Gauslaa³, Sissel Hansen⁴

¹Sunn Jord AS, ²Ormo gård, ³Humic, ⁴NORSØK

TITTEL

Overflatekompostering med tilsetning av urtefermentet Terra Biosa – effekter på jordbiologi og nitrogen

FORFATTERE(E)

JM Vibhoda Holten, Dag Molteberg, Ingrid Gauslaa Hårstad, Sissel Hansen

DATO: 04.05.2023	RAPPORT NR. Vol/nr/år	PROSJEKT NR.: Prosjektnr	Åpen/Lukket (til)	
ISBN: 978-82-8202-163-0	ISSN:	ANTALL SIDER: 58	ANTALL VEDLEGG: 7	

OPPDRAKSGIVER:

Biosa Norge AS

KONTAKTPERSON:

Helge Nordqvist

STIKKORD:

Antioksidant; Ferment; Jordbiologi; Korn;
Melkesyrebakterier; MicroBiometer; Sopp;
Underkultur

Antioxidant; Cover Crop; Cereal; Ferment; Lactic
acid bacteria; MicroBiometer; Soil Biology

FAGOMRÅDE:

Agronomi

Agronomy

SAMMENDRAG:

Overflatekompostering er en interessant metode for å avslutte en underkultur / fangvekst uten bruk av glyfosat og pløying. Formålet med prosjektet var å undersøke om tilførsel av urtefermentet Terra Biosa bedrer effekten av overflatekompostering på jordas fruktbarhet, ved at det stimulerer til raskere og mer styrt omdanning av det organiske materialet. Effekten på jordbiologi, mengde mineralnitrogen i jorda og plantenes næringsstoffopptak og plantevekst ble undersøkt.

Feltforsøket ble gjennomført på gården Ormo i Skjeberg i Sarpsborg kommune hos feltvert Dag Molteberg. Det har vært drevet konvensjonell kornproduksjon med kunstgjødsel på gården siden 1970-tallet. Fra 2020 er gården drevet etter regenerative prinsipper, dvs. all kjemisk-syntetisk sprøyting er kuttet ut, kunstgjødselbruken er redusert, det såes inn allsidig underkultur i kornet og jordarbeidinga er mer skånsom (overflatekompostering med urteferment).

Våren 2021 ble vårhvete sådd med en allsidig underkultur som vokste utover høsten 2021, og som var relativt tett da den ble overflatekompostert 1. mai 2022. Underkulturen ble slått med beisepusser og røttene på plantene gjennomskåret i ca 3 cm dybde og grønnmassen ble moldet grunt ned med biofres. Samtidig med fresinga ble det sprøytet med Terra Biosa (10 liter/daa

blandet med 30 liter/daa vann) på ruter med behandling. Den 6. mai ble det harvet og laget såbed. Seksradsbygg og ny underkultur ble sådd inn 8. mai. Feltet ble ikke ugrasharvet. Forsøksfeltet ble anlagt som et blokkforsøk med fire gjentak. Hver rute var 8,5 m bred og 25 m lang.

Vi forventet at tilførsel av Terra Biosa skulle stimulere innhold og aktivitet av jordmikrobiologien og deres stoffskifteprosesser. I våre undersøkelser kan vi ikke bekrefte at vi har fått en mer styrt omdanning av plantematerialet, men vi fant signifikant utslag av Terra Biosa på økt innhold av sopp i jorda registrert med microBIOMETER. Ved det første jordprøveuttaket 5. mai, fire dager etter overflatekompostering med tilsats av Terra Biosa, var det ingen signifikant effekt på mikrobielt karbon (sopp og bakterier), men innholdet av sopp økte gjennom sesongen og etter tresking i september var det signifikant mer sopp målt med microBIOMETER. Vi fant ingen signifikant effekt av Terra Biosa på konsentrasjon av nitrat og ammonium i jorda, jordrespirasjon (Solvita CO2-C), mikrobielt aktivt karbon (POX-C), jordluft, mikroskopering etter SoilFoodWeb-metodikken jordvedheng («rotpels») på bygggrøttene. Alle disse undersøkelsene ble bare gjort tidlig i sesongen. Næringsstoffopptak ble undersøkt ved hjelp av bladsaftanalyser av byggplantene den 1. juni (2-3-bladstadiet) og 15. juni (begynnende strekning), men heller ikke her var det forskjell mellom behandlingene. Vi fant heller ingen effekt av Terra Biosa på byggavling.

Signifikant effekt av Terra Biosa sent i sesongen tyder på at endringsprosessene som Biosa bidrar til kan pågå i lang tid etter tilførsel. Sesongen 2022 var tørr og kjølig i starten. Dette kan ha redusert og forsinket effekten av Terra Biosa og tyder på at det kan være større effekt av Terra Biosa enn det vi kunne registrere i denne undersøkelsen. Det er derfor ønskelig med mer forskning på dette området for å avklare hvilke effekter det er sannsynlig vi får i norsk åkerjord ved behandling med Terra Biosa ved overflatekompostering av underkultur og annet organisk materiale. Det trengs også mer forskning på overflatekompostering i seg selv for å finne de beste metodene ved ulike jordtyper og klima. Framtidige undersøkelser bør derfor skje på flere jordarter, over en lengre periode av vekstsesongen og kanskje over flere sesonger.

SUMMARY

Surface composting is an interesting method to end a cover crop without the use of glyphosate and ploughing. The purpose of the project was to investigate whether adding the herbal ferment Terra Biosa improves the effect of surface composting on soil fertility by stimulating faster and more controlled conversion of the organic material. We have investigated the effect on soil biology, the amount of mineral nitrogen in the soil and the plants' nutrient uptake and plant growth.

The field trial will be carried out on the farm Ormo in Skjeberg in Sarpsborg municipality, hosted by Dag Molteberg. Conventional grain production with synthetic fertilizers has been carried out on the farm since the 1970s. Since 2020, the farm operation is run according to regenerative principles, i.e. all chemical-synthetic spraying is omitted, the use of synthetic fertilizers reduced, cover crops are used to avoid bare land and tillage is more gentle (surface composting with application of fermented herbs and microorganisms Terra Biosa).

In the spring of 2021, spring wheat was sown with a cover crop mixture that grew throughout the autumn of 2021. The cover crop was relatively dense when it was surface composted on 1st of May

2022. The cover crop was shallowly mixed into the soil with a rotary tiller and the plant roots were cut off at a depth of about 3 cm. At the same time as rotary tilling, Terra Biosa (10 litres/day mixed with 30 litres/day of water) was sprayed on plots with Terra Biosa treatment. On 6th of May, the field was harrowed and seedbeds prepared. Six-row barley and a new cover crops were sown on 8th of May. The experimental field was not weeded. The experimental field was laid out as a block experiment with four replicates. Each route was 8.5 m wide and 25 m long.

We expected that the addition of Terra Biosa would stimulate the content and activity of the soil microbiology and their metabolic processes. In our investigations, we cannot confirm that we have had a more controlled transformation of the plant material, but we found a significant effect of Terra Biosa on an increased content of fungi in the soil registered with microBIOMETER. At the first soil sampling on 5th of May, four days after surface composting with the addition of Terra Biosa, there was no significant effect on microbial carbon (fungi and bacteria), but the content of fungi increased throughout the season and after harvesting in September, significantly more fungi were measured with microBIOMETER. We found no significant effect of Terra Biosa on the concentration of nitrate and ammonium in the soil, soil respiration (Solvita CO₂-C), microbial active carbon (POX-C), soil odor, microscopy according to the SoilFoodWeb methodology soil attachment ("root fur") on the barley roots. All these surveys were only done early in the season. Nutrient uptake was examined using leaf sap analyzes of the barley plants on 1st of June (2-3-leaf stage) and 15th of June (beginning stretch), but here too there was no difference between the treatments. We also found no effect of Terra Biosa on barley yield.

Significant effect of Terra Biosa found late in the season suggests that beneficial processes may continue for a long time after application. Simultaneously, the 2022 season started dry and cool and may have reduced and delayed the effect of Terra Biosa. These facts may indicate that there are a greater effects of Terra Biosa than we could demonstrate in this survey. Therefore, more research is desirable to understand how Norwegian arable soil responds to the treatment of Terra Biosa during surface composting of cover crops and other organic material. More research is also needed on surface composting itself to find the best methods for different soil types and climates. Future investigations should therefore take place on several soil types, over a longer period of the growing season and perhaps over several seasons.

LAND: Norge
FYLKE: Møre og Romsdal
KOMMUNE: Tingvoll

GODKJENT

Turid Strøm

NAVN

ANSVARLIG FOR NORSØK

Sissel Hansen

NAVN

Forord

Prosjektet Overflatekompostering med tilsetning av urtefermentet Terra Biosa ble startet på initiativ av Biosa Norge fordi de ønsket å undersøke hvordan deres produkt virket. Overflatekompostering som metode ble introdusert i Norge gjennom det første jordfruktbarhetskurset i regi av VitalAnalyse i 2017. Siden har det blitt holdt flere jordfruktbarhetskurs, og overflatekompostering har blitt tatt i bruk av et økende antall norsk korndyrkere som en av flere metoder for å øke jordas fruktbarhet. De aller fleste av de som overflatekomposterer bruker også urtefermentet Terra Biosa med ønske om å styre den mikrobielle overflatekomposteringsprosessen i humusoppbyggende retning. Bruk av urteferment finnes det knapt forskning på i Norge, selv om det er mange internasjonale studier om bruk av urteferment, effektive mikroorganismer (EM) og melkesyrebakterier i jordbruket. Disse mikrobielle blandingene er alle litt ulike versjoner av samme verktøy for å styre mikrobielle prosesser i jord og organisk materiale.

Helge Nordquist, Biosa Norge, har vært prosjektleder, men har satt bort arbeidet med vitenskapelig oppfølging av prosjektet til NORSØK. NORSØK har leid inn Sunn Jord ved Jon Magne Vibhoda Holten som i praksis har stått for mesteparten av planlegging og gjennomføring av prosjektet. Han har samarbeidet tett med feltvert Dag Molteberg, Biosa Norge og NORSØK ved undertegnede. Jeg har fungert som vitenskapelig rådgiver, jobbet med statistisk analyse og tolking av data, og kommentert og gitt råd i skriveprosessen. NORSØK ved Peggy Haugnes, Tatiana Rittl og Reidun Pommeresche har analysert vanninnhold, glødetap, jordrespirasjon og aktivt karbon i jordprøver tatt på våren, før og etter overflatekompostering og tilsetning av Terra Biosa. Reidun Pommeresche har også lest gjennom en tidligere utgave av teksten med godt og kritisk blikk.

Biosa Norge ved Helge Nordquist, Lone Kristine Bråten Gunnholt og Johan Bråten Nordquist var uvurderlige ved prøvetaking og innsending av jord- og bladsaftanalyser. Stor takk til dere! Takk også til Ingrid Gauslaa Hårstad som gjennomført mikroskopering av jordprøvene. Stor takk til feltvertene og gårdbrukerparet Dag Molteberg og Gyda Fimland som stilte forsøksfelt, gården Ormo, traktor og Celli-fres, flere lunsjer, sin egen arbeidstid og iver til disposisjon for prosjektet. Dag er også forsker og har vært svært hjelpelig ved planlegging og gjennomføring av forsøket, ved uttak av jordprøver til microBIOMETER-analyser, tresking og avlingsbestemmelse av kornet og ikke minst ved statistisk analyse av microBIOMETER-tester og avling. Til slutt vil jeg takke Jon Magne Vibhoda Holten for et nært og godt samarbeid og mange samtaler og konstruktive diskusjoner om feltarbeid, tolking av data og skriving av rapport.

Prosjektet ga oss noen innsikter i virkninga av urtefermentet Terra Biosa på prosesser i jord, men vi ser at det trengs mer forskning for å undersøke dette bedre.

Tingvoll, 04.05.23

Sissel Hansen

Innhold

1	Innledning.....	5
2	Materiell og metode	9
2.1	Vær og varmesum i forsøksperioden.....	9
2.2	Om underkulturen våren 2022 og feltoperasjoner.....	10
2.3	Forsøksbehandling inkludert forsøksoppsett	12
2.4	Oversikt over undersøkelsene som ble gjennomført	14
2.5	Beskrivelse av jordprøveuttak og jordforhold ved jordprøvetaking.....	15
2.6	Statistisk analyse	18
3	Resultater	19
3.1	Jordmikrobiologi	19
3.1.1	Mikroskopering (SoilFoodWeb-analyse).....	19
3.1.2	Mikrobielt karbon målt med microBIOMETER	20
3.1.3	Jordvedheng («rotpels»).....	25
3.2	Biologisk aktivitet.....	26
3.3	Mineralsk nitrogen i jord.....	27
3.4	Jordforhold.....	27
3.5	Vurdering av jordluft 5. mai	28
3.6	Næringsstoffopptak	29
3.7	Avling.....	29
4	Diskusjon	32
5	Konklusjon.....	36
	Referanser	37
	Vedlegg.....	41
	Vedlegg 1 – Detaljert beskrivelse av undersøkelsene.....	41
	Vedlegg 2 – Karakterisering av jorda på forsøksfeltet	45
	Vedlegg 3 – Prøver av mikrobielt karbon (MBK) med microBIOMETER	47
	Vedlegg 4 – Detaljerte resultater av mikrobielt karbon målt med microBIOMETER.....	48
	Vedlegg 5 – Andre jordundersøkelser.....	52
	Vedlegg 6 – Bladsaftanalyser	54
	Vedlegg 7 – Skjema for sensorisk observasjon av jorda	57

Forkortelser/begrep

Abiotisk stress Stress fra faktorer i de delene av et økosystem som ikke er levende organismer. Abiotisk står i motsetning til biotisk, det som er eller har vært levende. Abiotiske faktorer er kjemiske og fysiske forhold som temperatur, vind, nedbør, lys, pH, næringstilgang m.m.

Antagonist I denne sammenheng et stoff som motvirker et annet stoff. Fra gresk *antagonistes* 'motstander'.

Antioksidant Kjemiske forbindelser som hindrer eller reduserer oksidasjonsprosesser.

Antioksidativ Mekanismer som motvirker skadelige effekter av oksidasjonsprosesser i cellene. Det kan være både enzymer og ikke-enzymatiske antioksidanter. Ofte brukes antioksidativ om det å motvirke forråtnelse og nedbrytningsprosesser.

Biofres er en modifisert jordfres med L-kniver som arbeider horisontalt for å skjære av plantene i det øverste jordlaget, se f.eks. her: <https://www.cellit.it/en/products/rotary-tillers/bio-folding-and-fixed-rotary-tillers/pioneer-170-bio-p170-bio/t-roterende>

Biogjødsel Produkter som inneholder levende organismer som fremmer plantevekst ved å øke tilførselen eller tilgjengeligheten av primære næringsstoff til planten (engelsk: biofertiliser)

Biologisk kontrollmiddel En naturlig fiende eller antagonistisk organisme brukt i plantevern som kan hemme eller eliminere skadegjørere og de negative effektene ved direkte eller indirekte mekanismer som parasittisme, antibiose, konkurranse eller ved å indusere plantens eget immunforsvar (engelsk: biological control agent)

Biostimulant Et biologisk produkt som brukes til å forbedre plantens næringsstoffeffektivitet, toleranse for abiotisk stress, kvalitet eller tilgjengelighet av tungt bundne næringsstoff i jorda ved å bruke stoffer av mikrobielt eller ikke-mikrobielt opphav

Effektive mikroorganismer (EM®) Ulike synergistiske blandinger av mikroorganismer som har fermentert i et karbohydratrikt væskesubstrat (melasse). Begrepet er varemerkebeskyttet av EM Research Organization, Inc. Slike blandinger omfatter melkesyrebakterier, gjærsopp, aktinobakterier, fotosyntesebakterier og andre mikroorganismer. Begrepet ble lansert av den japanske professoren Teruo Higa.

Eh = Redokspotensialet. Se forklaring lenger ned.

Frie radikaler Om en binding i et molekyl brytes slik at molekylet spaltes i to deler kalles de to delene radikaler. Kan de to delene eksistere hver for seg kalles de frie radikaler. Frie radikaler er meget reaktive. De dannes naturlig i levende organismer. I levende organismer dannes også antioksidanter som har til oppgave å kontrollere mengden av dem. Frie radikaler kan bl.a. være reaktive oksygenforbindelser (ROS) eller nitrogenforbindelser. Reaktive oksygenforbindelser kan gi oksidative skader på DNA og RNA, proteiner og fett. Oksidativt stress oppstår når det er ubalanse mellom oksidanter og antioksidanter.

Humifisering Den naturlige prosessen for dannelse av humusforbindelser (humus, humat, humussyrer, fulvosyrer, humin) fra organisk materiale ved geo-mikrobiologiske prosesser.

Melkesyrebakterier Ei stor og mangfoldig gruppe bakterier som har til felles at de omdanner enkle sukkerarter til melkesyre ved gjæring (fermentering) (engelsk: lactic acid bacteria, forkortet LAB). De er vanlige og finnes blant annet på planter, i slimhinner hos pattedyr, og i fermentert mat.

Oksidasjon Kjemisk prosess hvor elektroner blir avgitt og energi frigjort, typisk i en nedbrytningsprosess, f.eks. forbrenning eller forråtnelse. Oksidasjon kan skje både med og uten oksygen (O_2) til stede.

Pourbaixdiagram Et plot av mulige termodynamisk stabile faser i et væskebasert elektrokjemisk system. Også kjent som Eh-pH-diagram eller pE/pH-diagram. Diagrammet er brukt i elektrokjemi og mer generelt i væskekjemi.

Probiotika Levende mikroorganismer som i rimelige mengder kan være helsefremmende for verten de tilføres.

Reduksjon Kjemisk prosess hvor elektroner blir tatt opp og energi bundet inn, typisk i en oppbyggende prosess, f.eks. i fotosyntesen.

Redoksreaksjon Kjemisk reaksjon hvor elektroner overføres mellom stoffer, et stoff avgir elektroner, «oksidere», og det andre stoffet opptar elektroner og blir redusert. Stoffskifteprosessene (metabolismen) hos levende organismer består av begge disse delreaksjonene.

Redokspotensiale (Eh) Et mål på styrken og retningen elektroner forflytter seg mellom stoffer. Redokspotensialet i jord angir om det er oksiderende eller reduserende betingelser i jorda, et mål på elektrokjemisk potensial og i hvilken grad det er tilgjengelige elektroner (e^-). Redokspotensialet blir målt i volt (V) eller millivolt (mV). I ei oksidert jord er redokspotensial ca. +0.8V, og i ei redusert jord (anaerob jord) er redokspotensial ca. -0.35 V.

Synergisme Økt effekt ved samvirke, for eksempel mellom kjemiske forbindelser eller mellom mikroorganismer.

Urteferment Ulike synergistiske blandinger av mikroorganismer oppformert gjennom fermentering i et karbohydratrikt væske substrat (melasse) sammen med ferskt plantemateriale. Slike blandinger omfatter melkesyrebakterier, gjærsopp, aktinobakterier, fotosyntesebakterier og andre mikroorganismer.

1 Innledning

I korndyrkinga er det ønskelig å ha et kontinuerlig grønt plantedekke med et mangfold av planter dyrket sammen med hovedkulturen (kornplantene). Dette grønne plantedekket, eller underkulturen, dekker jorda også i de delene av året hvor det ikke dyrkes korn. En slik underkultur har lenge vært vanlig i økologisk korndyrking. En av grunnene til å etablere et grønt plantedekke er å fange opp overskuddsnæring når kornet modnes. Næringsstoffer kan ellers lett vaskes ut i vann og vassdrag. I en slik forbindelse brukes gjerne begrepet fangvekster. Fra myndighetenes side stimuleres det nå til økt bruk av fangvekster i korndyrkinga, og bruken øker også i konvensjonell dyrking. I denne rapporten brukes heretter begrepet underkultur om et slikt kontinuerlig grønt plantedekke, fordi det grønne plantedekket har flere funksjoner enn å bare fange opp overskuddsnæring, som er hovedoppgaven til en fangvekst. En allsidig sammensatt underkultur bestående av mange ulike plantearter og -grupper er ønskelig fordi det fører jordmikrobiologien med et mangfold av energirike fotosynteseprodukter fra plantene. En allsidig underkultur har i mange undersøkelser vist positive effekter mot ugras (Isbell m.fl., 2017), på jordaggregatstabilitet (Gould m.fl., 2016), humusoppbygging og innlagring av karbon i jord (Lange m.fl., 2015; Furey og Tilman, 2021), mikrobielt mangfold (Lange m.fl., 2015), næringsstoffrigjøring og biologisk nitrogenfiksering (Lange m.fl., 2019), og erosjonsreduksjon (Berendse m.fl., 2015). Underkulturen som ble brukt i dette prosjektet fungerer på mange måter som ei kortvarig eng med høyt plantemangfold.

Ved etablering av ny hovedkultur er det er ønskelig å avslutte det grønne plantedekket i forkant for å sikre jevnt såbed med god spiring av såfrø og for at den nye hovedkulturen ikke får for sterk konkurranse om plass, lys og næring fra en bestående og dominerende underkultur. Ved avslutning av det bestående grønne plantedekket er det gunstig å velge en metode som er ikke-kjemisk og med minimal jordarbeiding. I økologisk landbruk er bruk av glyfosat til å drepe underkulturen uaktuelt. Også i konvensjonelt landbruk er det mange som ønsker alternativ til glyfosat. I Tyskland blir glyfosat forbudt fra 2024 på grunn av sidevirkningene på miljø, helse og biologisk mangfold, og fordi det nå finnes gode alternativ til bredspektrede herbicider (Parlamentsnachrichten, 2022). Pløying av åker, som er det mest utbredte alternativet til bredspektrede herbicider, er uheldig pga. det høye energibehovet (Soysal og Ozturk, 2023), fordi det forstyrrer jordmikrobiologien (Mackay m.fl., 2023) og gjør jorda mer erosjonsutsatt (Ulén m.fl., 2010).

Overflatekompostering er en relativt ny metode for å avslutte et grønt plantedekke med minimal jordarbeiding og uten bruk av glyfosat eller andre herbicider. Overflatekompostering er utprøvd på store kornareal i Tyskland og Østerrike de siste åtte-ni årene. Det er dessuten etablert praksis blant ca 10 korndyrkere på Østlandet som dyrker flere tusen dekar siden 2018/2019 (Holten, 2021). Ved overflatekomposteringa skjæres planterøttene av i ca 3-4 cm dyp, samtidig som det ferske grønne plantematerialet sprøytes med et urteferment og blandes med jord med en roterende fres. Grønt, ferskt plantemateriale har mye energi som raskt kan omdannes av organismene i jorda. Forskjellen mellom overflatekompostering (tysk: Flächenrotte) og organisk gjødsling er et høyere energiinnhold i det ferske plantematerialet (Näser, 2020). En annen fordel med metoden overflatekompostering er det reduserte energibehovet sammenlignet med tradisjonell pløying (Holten, 2021).

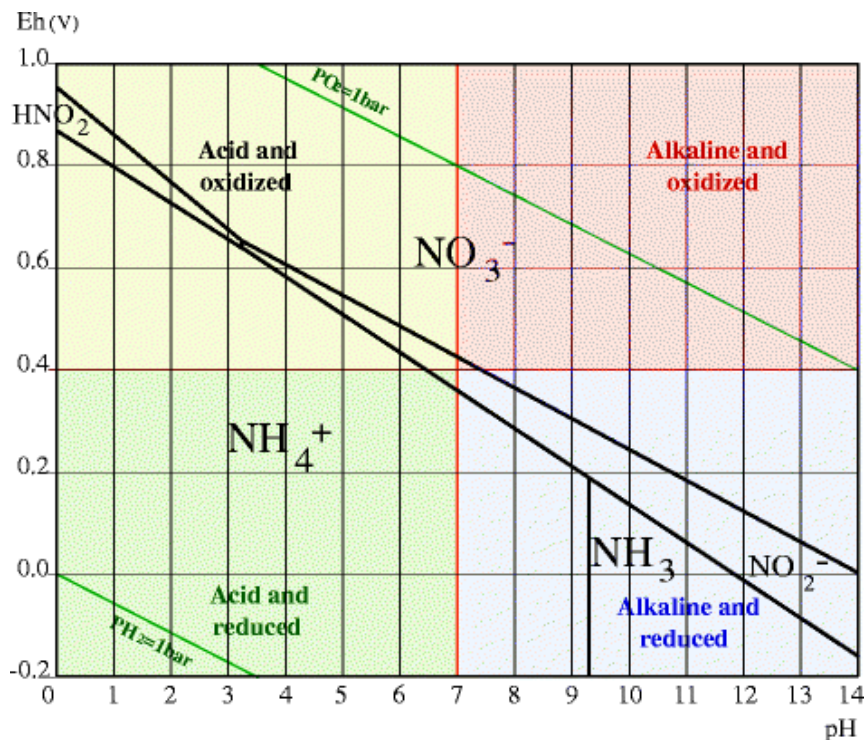
Formålet med å bruke urtefermentet ved overflatekompostering er ønsket om å styre den mikrobielle omdanningsprosessen av det nedmoldede plantematerialet for å redusere forråtnelsesprosesser og tap av næringsstoff og karbon. Urtefermentet er produsert ved en naturlig fermenteringsprosess, og består av en synergistisk blanding av ulike mikroorganismer som kan bestå av disse gruppene: melkesyrebakterier, gjærsopp, aktinobakterier, fotosyntesebakterier og andre mikroorganismer. Urtefermentet er et probiotikum som forventes å ha antioksidativ effekt som gjør at planter og miljø får økt toleranse for abiotisk stress (Naik m.fl., 2020; El-Mageed m.fl., 2022). Antioksidanter er kjemiske forbindelser som hindrer eller bremser oksidasjon, som er en kjemisk reaksjon som produserer frie radikaler (Ditlefsen og Svihus, n.d.). Den japanske forskeren Teruo Higa var den som introduserte effektive mikroorganismer (EM®) i landbruket (Higa, 1991), som er et varemerkebeskyttet urteferment (EMRO, 2023). Urteferment som inneholder melkesyrebakterier (LAB = Lactic Acid Bacteria) har imidlertid røtter tilbake til det førindustrielle landbruket (Lamont m.fl., 2017).

Melkesyrebakterier (LAB) er de hyppigst brukte probiotika i fermentert mat og drikke, og som mat- og fôrtilsetning til mennesker og husdyr, på grunn av deres mange gunstige egenskaper, som blant annet viser seg delvis å være knyttet til deres egenskaper som antioksidanter (Feng og Wang, 2020).

Vitenskapelige undersøkelser som bekrefter de stimulerende effektene av LAB på plantevekst, øker i antall og bredde (Lamont m.fl., 2017). Som biogjødsel kan LAB bedre næringsstofftilgjengeligheten i kompost og annet organisk materiale (Lamont m.fl., 2017). I fermentert mat har LAB fungert som effektiv biologisk kontroll. Nylig har LAB vist seg å være effektiv i kontroll av et vidt spekter av sopp- og bakteriesykdommer på planter ved å hemme populasjoner av sopp og bakterier i rotsonen og på bladverket (Raman m.fl., 2022). Som en biostimulant kan LAB direkte fremme plantevekst og frøspiring, i tillegg til å redusere ulike typer av abiotisk stress (Lamont m.fl., 2017). Andre forskere peker på at stoffskifteprodukter av LAB fremmer plantevekst og stimulerer skudd- og rotvekst (Raman m.fl., 2022). Som biogjødsel kan LAB fremme biodegradering, øke innholdet av organisk materiale i jorda, og produsere organiske syrer og bakteriociner (stoffer som bakterier produserer som hindrer vekst av andre mikroorganismer) (Raman m.fl., 2022).

I en gjennomgang av studier med effektive mikroorganismer (EM), en type urteferment, ble det konkludert at EM hadde positiv effekt på veksten av grønnsaker i 70 prosent av publiserte studier, og ingen signifikant effekt i 30 prosent av studiene (Olle og Williams, 2015). En studie viste mer mikrobiell aktivitet i jorda behandlet med EM (Sigstad m.fl., 2013). En annen studie viste mindre nitrat i agurk, gresskar og squash dyrket i jord behandlet med EM (Olle og Williams, 2015). En brasiliansk studie undersøkte innblanding av ferskt organisk materiale med tilsetning av EM over en tremånedersperiode, og fant at EM økte jordas biologiske aktivitet og de fysiske-kjemiske egenskapene, og bidro til en rask humifisering av det organiske materialet (Valarini m.fl., 2002). Selv om det har vært lovende resultater i mange studier med EM, er effektiviteten av EM ennå ikke bestemt (Lamont m.fl., 2017). Mange feltforsøk der EM har forbedret avlinga har blitt utført i tropiske eller subtropiske strøk, mens de fleste forsøk i tempererte strøk ikke har vist samme fordel av bruk av EM (Mayer m.fl., 2010).

Det kan tenkes at urtefermenter gjennom den antioksidative effekten kan påvirke jordas redokspotensiale (Eh) ved å redusere NO_3^- (den mest oksiderte nitrogenformen). Nitrogensyklusen er relatert til Eh og pH. Diagrammet (Figur 1) viser de dominerende nitrogenformene i ei vannløsning. Ved oksiderte forhold ($\text{Eh} > 700$ mV ved pH 7) er NO_3^- den stabile formen av N, mens NH_4^+ vil dominere ved reduserte eller moderat oksiderte forhold ($\text{Eh} < 400$ mV ved pH 7) og ved pH under 9,2 (Husson, 2013). I Norsk jordbruksjord ligger pH ofte mellom 5,5 og 6,5 og er sjelden høyere enn 7.



Figur 1. Pourbaixdiagram for nitrogen (N) som viser de ulike N-formene i ei 100 μM løsning ved 25 °C som funksjon av Redokspotensialet Eh (i V) og pH (diagram fra Husson, 2013).

I Norge ble overflatekompostering av eng undersøkt i juli 2017 der behandling ble gjort med urteferment vs. uten urteferment. Det ble der observert endret jordluft og annen sammensetning av jordmikrobiologien målt med mikroskopering ei uke etter overflatekompostering med urteferment vs. uten urteferment (Holten, 2021). I et forsøk i regi av NLR Viken undersøkte de i) overflatekompostering med urteferment, ii) overflatekompostering uten urteferment, og iii) tradisjonell jordarbeiding med plog på en grønnsaksgård i Lier i Buskerud i 2017-2019. I forsøket av NLR Viken ble det målt mindre mineralisk nitrogen (NO_3^- og NH_4^+) i jord som var overflatekompostert sammenlignet med pløying. I tillegg var innholdet av mineralisk nitrogen i jord noe lavere der det ble overflatekompostert med bruk av urteferment enn uten urteferment. Resultatet tydet på bedre aggregatstabilitet og lagelighet i jorda, mindre N-mineralisering og litt mer ugras med overflatekompostering. De fant også et mørkere øvre 5 cm lag hvor det ble overflatekompostert. Forsøket var uten gjentak (NLR-Viken, 2020). Dette er en interessant observasjon og det er ønskelig å gjenta dette forsøket med gjentak.

I dette prosjektet har vi undersøkt effekten av det norskproduserte urtefermentet Terra Biosa fra Biosa Norge AS ved maskinell overflatekompostering av en underkultur bestående av gras og kløver hos en kornprodusent på gården Ormo i Skjeberg, Østfold mai 2022. Terra Biosa er en videreutvikling av EM, og er fermentert med følgende melkesyrebakterier (LAB): *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Bifidobacterium animalis*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biov. *diacetyllactis* og *Leuconostoc pseudomesenteroides*. Terra Biosa er i tillegg fermentert med tang (*Ascophyllum nodosum*) og urter (kjerringrokk, ryllik, kamille, brennesle, eikebark, løvetann, legevendelrot), som trolig øker det mikrobielle mangfoldet i produktet og mengden bioaktive forbindelser.

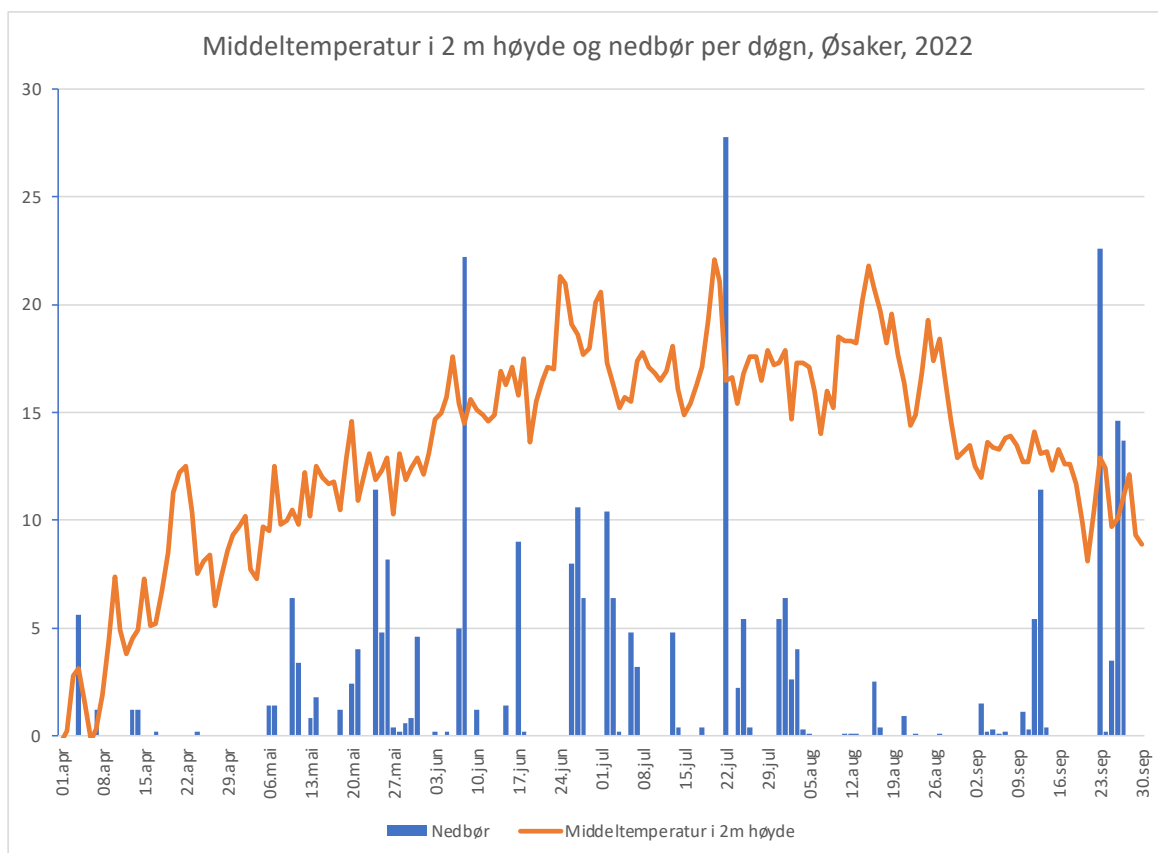
Formålet med prosjektet var å undersøke om tilførsel av Terra Biosa bedrer effekten av overflatekompostering på jordas fruktbarhet ved å stimulere til raskere og mer styrt omdanning av det organiske materialet. Vi har undersøkt effekt på jordbiologi, mengde mineralnitrogen i jorda og plantenes næringsstoffopptak og plantevekst. For enkelhetsskyld bruker vi i denne rapporten navnet Biosa på Terra Biosa.

2 Materieell og metode

Feltforsøket ble gjennomført på gården Ormo i Skjeberg i Sarpsborg kommune (N 59°12'54"; Ø 11°14'29"), høyde over havet 55 meter. Feltvert var Dag Molteberg. Jorda på forsøksfeltet er lettleire; volumvekt 1,5; leirklasse 3 – 10-25% leir; glødetap 5,3%; pH 6,1; P-Al 9; K-AL 13; KHNO₃ 90; Mg-AL 23; Ca-Al 140 (Bestemt av Eurofins i 2016). TEC (Total Exchange Capacity) er 6,33 bestemt av Sustainable Soil Management i 2020. Det har vært drevet konvensjonell kornproduksjon med kunstgjødsel på gården siden 1970-tallet. Jorda har siden 2020 blitt drevet etter regenerative prinsipper, dvs. all kjemisk-syntetisk sprøyting ble kuttet ut, kunstgjødselbruken ble redusert, det ble sådd inn allsidig underkultur i kornet og jordarbeidinga ble mer skånsom (overflatekompostering med urteferment og dybdeløsning). For karakterisering av jordas struktur og sensoriske egenskaper, se Vedlegg 2.

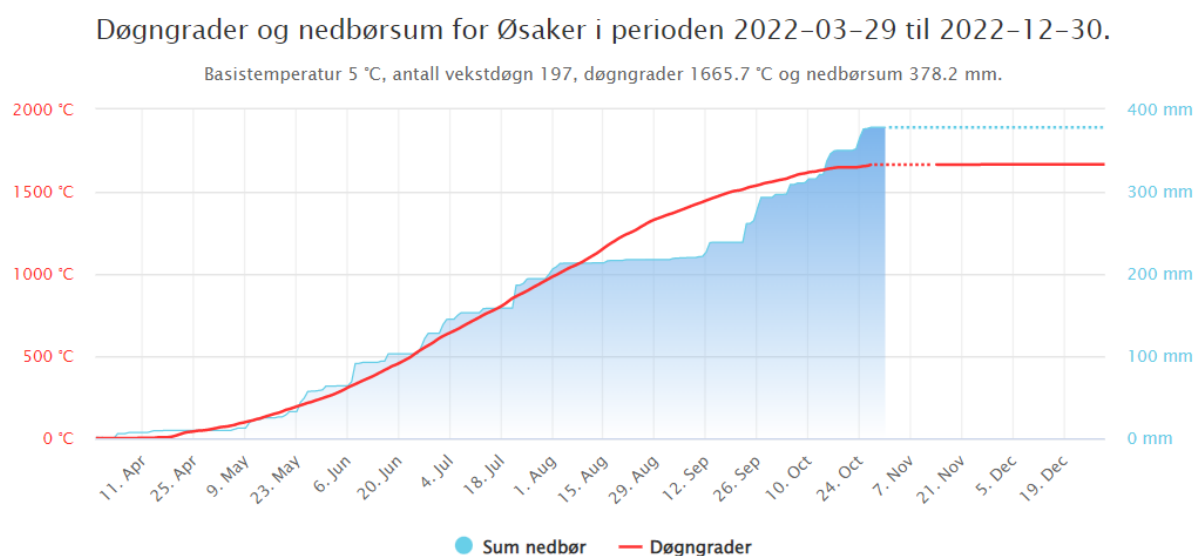
2.1 Vær og varmesum i forsøksperioden

Forsøksperioden startet rett før våronna i slutten av april 2022 og varte til etter tresking i september 2022. Før våronn og i starten av forsøket, i slutten av april og begynnelsen av mai, var forsøksfeltet preget av tørt og kjølig vær. Se Figur 2 som viser middeltemperatur og nedbør for værstasjonen Øsaker, som ligger ca 15 km nordvest for Ormo.



Figur 2. Middeltemperatur og nedbør (mm) per døgn i perioden 1. april til 30. september på værstasjonen Øsaker, Sarpsborg, Viken, ca 15 km nordvest for forsøksfeltet. Kilde: NIBIO, landbruksmeteorologisk tjeneste, <https://lmt.nibio.no/stationinfo/118/>

Fra Øsaker værstasjon er det også hentet ut kumulativ sum av døgngader og nedbør for vekstsesongen 2022 (Figur 3). Fra denne ser en at for 20. april 2022 var kumulativ sum 16,5 døgngader som tilsvarer 1 % av total sum for hele sesongen (1666 døgngader). Det var også denne dagen jordtemperatur stabiliserte seg over 5 grader i 1 og 10 cm dybde. 20. april ble derfor definert som starttidspunkt for vekstsesongen.



Figur 3. Døgngader og nedbørsum for værstasjonen Øsaker, Sarpsborg, Viken, ca 15 km nordvest for forsøksfeltet i vekstsesongen 2022.

2.2 Om underkulturen våren 2022 og feltoperasjoner

Våren 2021 ble vårhvete sådd med en underkultur (Strand nr 52 Grønn Bro) som vokste utover høsten 2021 og overvintret til våren 2022. Strand nr 52 er en allsidig sammensatt underkultur som består av tre sorter flerårig raigras (4n og 2n), timotei, engsvingel, hvit-, rød- og blodkløver, tirltunge, oljedodre, sikori, pimprenell, karve og honningurt. Underkulturen var relativt tett da den ble overflatekompostert den 1. mai (Bilde 1 og Bilde 2). Ved overflatekomposteringen våren 2022 ble underkulturen frest grunt inn i overflata med en biofres (Celli T190-305), som skar av røttene på underkulturen i ca 3 cm dybde og samtidig moldet ned grønnmassen overfladisk. Samtidig med fresinga ble det sprøytet på et urteferment (Terra Bios), se Bilde 3. Jord-grønnmasseblandinga ble liggende til 6. mai da den ble harvet med Väderstad Carrier CrossCutter Disc for å lage såbed. Seksradsbygg (23 kg/daa) og ny underkultur (Strand nr 52, ca 0,6 kg/daa) ble sådd den 8. mai med Simulta 3000 ST påmontert grasfrøkasse for underkulturblendinga. Forsøksfeltet ble ikke ugrasharvet.



Bilde 1. Forsøksfeltet på Ormo den 29. april 2022. Bildet viser hvordan underkulturen så ut like før overflatekompostering. Foto: Vibhoda Holten.



Bilde 2. Nærbilde av underkulturen den 29. april 2022, like før overflatekompostering. Foto: Vibhoda Holten.

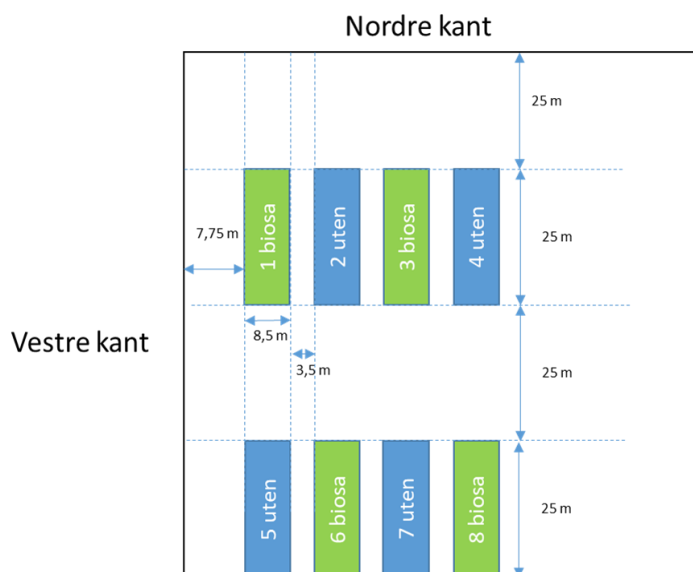


Bilde 3. Overflatekompostering av underkulturen den 1. mai 2022 med beitepusser foran og biofres bak. Samtidig tilføres urteferment (Terra Biosa) blandinge. Foto: Dag Molteberg.

2.3 Forsøksbehandling inkludert forsøksoppsett

For å undersøke effekten av tilsats av urtefermentet (Terra Biosa) ved overflatekompostering, ble halvparten av forsøksrutene tilført urteferment og den andre halvparten fikk ikke urteferment. Urtefermentet (Terra Biosa) ble produsert av firmaet Biosa Norge AS. Urtefermentet (mengde 10 liter/daa blandet med 30 liter/daa vann) ble sprøytet inn i samme arbeidsoperasjon som beitepussing og fresing (1. mai 2022).

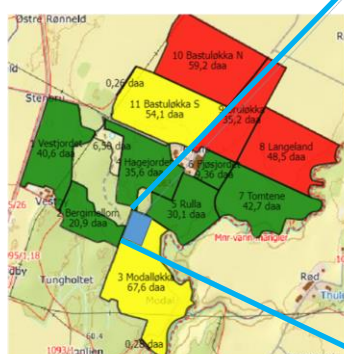
Feltforsøket hadde fire gjentak, og totalt åtte forsøksruter. Hver rute var 8,5 m bred og 25 m lang. Mellom rutene var det 3,5 m avstand i bredden. I lengderetningen var det 25 m avstand mellom rutene (blokk 1 og blokk 2) (Figur 4). Forsøket ble gjennomført med feltvertens egne redskap.



Figur 4. Utlegg og størrelse av forsøksrutene. Se Figur 5 for plassering av forsøksfeltet på gården. Det var også en 16-17 m bred kantsone i sør som inngikk i forsøksfeltet slik at det totalt utgjorde $60 \times 117 \text{ m} = \text{ca } 7 \text{ daa}$.

Forsøksfeltet ble anlagt på et område som var mest mulig ensartet med tanke på jordegenskaper. Størrelsen på rutene ble bestemt slik at avlingsregistrering ved tresking kunne gjøres ved å bruke gårdens egen skurtresker. Rutene ble plassert mellom kjøresporene (se flyfoto i Figur 5). Det var ønskelig å ha ruter både med og uten behandling i sådragsretning, og like mange av hver rute med og uten behandling i nordre og søndre blokk. Dette ga seks mulige plasseringsmønstre for behandlingene. Ett av disse ble valgt ved loddtrekning og brukt i forsøket, og er vist i Figur 4. Hele forsøksfeltet utgjorde ca 7 dekar ($60 \times 117 \text{ m}$)

Forsøk på Ormo



Ca 1:12500

Figur 5. Plassering av feltforsøket. Forsøket hadde to behandlinger (med og uten urteferment - Terra Biosa) og fire gjentak.

2.4 Oversikt over undersøkelsene som ble gjennomført

Nedenfor er en oversikt over undersøkelser gjennomført i prosjektet. Undersøkelsene og gjennomføring av dem er mer utdypende forklart i vedlegg 1.

- **Jordstrukturen** ble undersøkt ved hjelp av visuell vurdering av jorda i felt (VESS - Visual Evaluation of Soil Structure) og sensorisk vurdering av jorda som en karakterisering av feltet før oppstart. VESS-undersøkelsen ble gjort i matjordlaget, ned til ca 25-30 cm dyp.
- **Mengde og type mikroorganismer i jorda** ble undersøkt ved hjelp av **mikroskopering** av mikroorganismene med Soil Food Web-metodikken utført av norsk Soil Food Web-sertifisert laborant (Ingrid Gauslaa Hårstad). Jordprøver til mikroskopering ble tatt ut to dager før, og fire dager etter overflatekompostering, hvor det ble antatt at en effekt på jordmikrobiologien vil være tydelig. Jordprøvene ble sendt med eksprespost innenlands, og kjølt ned i 3-5 dager før undersøkelse.
- Mikrobielt aktivt karbon (%MAC), andre uttrykk for biologisk aktivitet og mikrobielt tilgjengelige næringsstoff ble undersøkt ved hjelp av **Haney Soil Health Assessment** ved Ward Laboratories, Inc., USA (www.wardlab.com). Disse prøvene ble sendt som ferske jordprøver til USA og ble ikke kjølt ned før eller i løpet av sending.
- Forholdet mellom sopp og bakterier, og mengde mikrobielt karbon i jord ble undersøkt ved hjelp av **microBIOMETER**[®]. Undersøkelsen ble gjort på fersk jord.
- Effekten på jordmikrobiologien ble også undersøkt i felt ved å se på mengde **jordvedheng («rotpels»)** på byggrøttene ved 2-3-bladstadiet den 1. juni.
- **Mineralsk nitrogen** (NO_3^- og NH_4^+). Jordprøver ble tatt rett før og rett etter overflatekompostering og 1. juni, frosset ned og analysert av Eurofins.
- **Glødetap, vanninnhold, jordrespirasjon (Solvita-test) og innhold av aktivt karbon** i jorda ble undersøkt i jordprøver tatt rett før og rett etter overflatekompostering. Disse jordprøvene ble kjølt ned før de ble undersøkt ved NORSØK.
- Effekten på **næringsstoffopptak** i kornet ble undersøkt ved hjelp av bladsaftanalyser som ble utført av NovaCropControl, Nederland. Bladprøvene ble sendt med eksprespost over natta til Nederland.
- **Avling** ble undersøkt ved hjelp av avlingsregistrering (kg/daa) med gårdens egen skurtresker.

Tabell 1. Oversikt over feltoperasjoner på forsøksfeltet og tidspunkt og type prøveuttak fra forsøksrutene. VESS = Visual Evaluation of Soil Structure; mineralsk N (nitrat og ammonium); mikroskopering er en manuell mikroskopimethode for å undersøke jordbiologi (bakterier, sopp og protozoer); Haney = Haney Soil Health Assessment; microBIOMETER er en bildeanalyse som indikerer mengde bakterier, sopp og mikrobielt karbon; Solvita-test analyserer jordrespirasjon (CO₂).

Dato	Aktivitet / behandling	Kommentar / analyse
5. mars	Kalk (CalciPrill)	15 kg/daa
20. april	Vekstsesongen starter	Passerer 16,5 døgngader = 1% av årssum
29. april	Jordprøveuttak nr 1	VESS, sensorisk vurdering av jord, mineralsk N, mikroskopering, Haney, microBIOMETER, vanninnhold, glødetap, Solvita-test, aktivt karbon
1. mai	Overflatekompostering	Med Biosa på rute 1, 3, 6 og 8. Uten Biosa på ruten 2, 4, 5 og 7.
5. mai	Jordprøveuttak nr 2	Jordluft, mineralsk N, mikroskopering, Haney, microBIOMETER, vanninnhold, glødetap, Solvita-test, aktivt karbon
6. mai	Såbedstillaging (harving)	Väderstad Carrier m/ CrossCutter Disc
8. mai	Såing bygg og Strand nr 52 underkultur	
1. juni	Jordprøveuttak nr 3 + bladsaftuttak nr 1	Mineralsk N, Haney, rot-pels, microBIOMETER, bladsaftanalyse
2. juni	Gjødsling NPK	19 kg NPK 20-4-11 (reduisert mengde)
6. juni	Jordprøveuttak nr 4	microBIOMETER
12. juni	Gjødsling NPK	11 kg NPK 25-2-6 (reduisert mengde)
15. juni	Bladsaftuttak nr 2	Bladsaftanalyse
28.-29. august	Tresking	Avlingsregistrering
20. september	Jordprøveuttak nr 5	microBIOMETER

2.5 Beskrivelse av jordprøveuttak og jordforhold ved jordprøvetaking

Ved alle uttak av jordprøver ble det tatt ut mange tilfeldig jordkjerner med et jordprøvebor i en sirkel med fem meters diameter fra samme fastpunkt på hver forsøksrute. Den 29. april og 1. juni ble det også tatt ut jordprøver fra et nærliggende skifte på samme gård, med ulik jordart og konvensjonell drift.

29. april: Det ble tatt 30-40 stikk med jordprøvebor (0-7 cm) i hver forsøksrute. Jorda fra hver rute ble samlet i en bøtte som ble blandet godt sammen før jordprøvene ble fordelt til de ulike analysene. Ca 50 g jord ble tatt ut til microBIOMETER-test som ble gjort på fersk jord. 500 g jord ble tatt ut for å

undersøke vanninnhold, glødetap, Solvita og aktivt karbon. Disse prøvene og tilsvarende prøver fra 5. mai ble først oppbevart tett og kjølig fram til analyse av vanninnhold, glødetap og Solvita-test 10. og 11. mai. Resten av prøven ble satt i kjølerom med åpen pose før de ble analysert for aktivt karbon i oktober 2022. 300 g jord ble tatt ut til mikroskopering for SoilFoodWeb-analyse (som ble sendt med ekspresspost), og 500 g til Haney Soil Health Assessment (sendt til USA uten nedkjøling). Det ble tatt ut prøver på 0,5 liter til mineralnitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$ og $\text{NH}_4\text{-N}$) som ble frosset ned til de ble sendt til Eurofins for analyse.



Bilde 4. Jordprøvetaking den 5. mai etter overflatekompostering. Foto: Vibhoda Holten.



Bilde 5. Det er en tydelig fresesåle den 5. mai etter overflatekomposteringa 1. mai. Det er løs tørr jord på toppen, og fuktigere og fastere jord under. En kan se at en del av underkulturen ikke har blitt skåret av ved overflatekomposteringa. Foto: Vibhoda Holten.

5. mai: Det var en tydelig fresesåle ved ca 3 cm dyp, se Bilde 5. Vi tok bare jordprøver fra det øverste løse jordlaget som var frest opp. Under fresesålen var jorda mer kompakt og jorda kjentes fuktig. I det løse øverste jordlaget var jorda jevnt over mye tørrere. Jordprøvene bestod av løs jord og jord som ble ristet løs fra tuer med gras og kløver. Jorda ble fordelt til de ulike analysene på samme måte som den 29. april. Det ble ikke gjort strukturanalyse av jorda denne gangen, siden det ble antatt at jordstrukturen under fresesålen ikke hadde endret seg vesentlig siden 29. april. Det ble gjort en forenklet sensorisk observasjon av jorda i det øverste freste jordlaget i alle forsøksruten for å undersøke om den mikrobielle prosessen etter overflatekomposteringa hadde gitt ulik jordluft i rutene behandlet med Terra Biosa og ubehandlede ruter.

1. juni: Det ble tatt ut jordprøver fra de samme fastpunktene som før i sjiktet 0-7 cm, som var det sjiktet som det ble antatt var påvirket av de voksende planterøttene. Jorda ble fordelt på ulike analyser på samme vis som før.

6. juni: Det ble tatt ut jordprøver fra samme fastpunkt som før i sjiktet 0-20 cm. MicroBIOMETER-testen ble utført, som tidligere, på fersk jord.

18. september: Etter tresking ble det tatt ut jordprøver fra samme fastpunkt i rutene som før i sjiktet 0-20 cm. MicroBIOMETER-testen ble, som tidligere, gjort på fersk jord.



Bilde 6. Byggåkeren på forsøksfeltet 1. juni. Foto: Vibhoda Holten.

2.6 Statistisk analyse

Data fra microBIOMETER-undersøkelsene i forsøket er tilpasset med en multippel regresjonsmodell med responsen Y der denne kan påvirkes av tidspunkt for testing og behandling med og uten Biosa, og samspillet mellom disse. Et samspill med tidspunkt betyr at effekt av tilsatt Biosa endres over tid. Det ble også tatt med en blokkeffekt (nordre og søndre felt) for å se om det eventuelt er interne forskjeller på jordet mellom rutene 1-4 og 5-8. Restfeilen er avvik fra modellen. Ved hjelp av statistisk programvare (JMP) ble alle effektene i modellen beregnet og statistiske tester for signifikans utført. Respons Y er mikrobielt karbon i sopp (Fungi), bakterier (Bakt) og totalt (Totalt). Full modell (1) for Y ser da slik ut:

$$\text{Modell 1} \quad Y = a_0 + a_1 \cdot \text{Tidsvariabel} + a_2 \cdot \text{Behandling} + b_1 \cdot \text{Tidsvariabel} \cdot \text{Behandling} + a_3 \cdot \text{Blokk} + \text{restfeil},$$

der a_0 , a_1 , a_2 og a_3 er parameter som påvirker interceptet (krysningspunkt mot Y-aksen), og b_1 er parameter som påvirker stigningstallet for en rett linje $a+b \cdot x$. Restfeilen er det individuelle avviket for modellen pr observasjon. Trendlinjer er tilpasset med spline-funksjoner i JMP programvare.

I statistisk analyse er alle uttaksdatoer regnet om til vekstdøgnnummer fra startdatoen 20. april 2022.

Resultat av undersøkelsene av ulike grupper av mikroorganismer identifisert ved mikroskopering, Haney-test (Haney Soil Health Assessment), jordrespirasjon (Solvita), aktivt karbon (POX-C), mineral-N i jorda, vanninnhold, glødetap og bladsaftanalyse ble først sammenlignet ved intervallplot med 95% konfidensintervall (Minitab versjon 21.3.1). Der plottene viste at det ikke var tendenser til forskjell mellom resultat med og uten behandling med Biosa, ble det ikke gjort videre statistiske analyser. Der det kunne være en tendens ble det kjørt en ANOVA med dato og behandling innenfor hver dato som faste effekter og blokk som tilfeldig effekt (Minitab 21.3.1, General Linear Model). Samme framgangsmåte ble benyttet for avlingstall. Det ble også gjort en ANOVA-analyse av avlingsnivå, fuktighet i korn v høsting og tørrstoffinnhold på høstet korn.

3 Resultater

3.1 Jordmikrobiologi

3.1.1 Mikroskopering (SoilFoodWeb-analyse)

Generelt var det lavt innhold av mikroorganismer i jorda ved de to prøveuttakene 29. april og 5. mai, se Tabell 2. Mikroskoperinga viser ingen tydelig forskjell mellom ruter som er behandlet med Biosa og ubehandlede ruter på disse to tidspunktene tidlig i vekstsesongen. Generelt gir mikroskopering som metode lav presisjon når det er lavt innhold av mikroorganismer.

Tabell 2. Undersøkelse av jordmikrobiologien før (29. april) og etter overflatekompostering (5. mai) med og uten bruk av Biosa. Mikroskopering av jorda etter SoilFoodWeb-metodologien er brukt som metode. Benevnelsen er mikrogram (µg) biomasse per gram jord.

Rute nr	Behandling	Gunstige mikroorganismer							Ugunstige mikroorganismer					Merknader	
		Sopp	Bakterier	Aktinobakterier	F:B-forhold	Protozoer	Flagellater	Amøber	Bacteriespisende	Soppspisende	Row-	Oomycetes	Anaerobe protozoer		Nematoder
		ug/g				Sum	#/g			#/g			ug/g		
Prøverunde 1 - 29. april															
1	Uten	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Uten	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Uten	0	1 264	3,5	0,00	0	0	0	0	0	0	4	0	0	Tørr jordprøve, grå farge, ikke protozoer, humus eller god sopp, litt aktinobakterier, men veldig spredt (usikker mengde)
4	Uten	0	1 347	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Tørr jordprøve, gråaktig farge, ikke protozoer, humus eller sopp, litt aktinobakterier under nematodeskann
5	Uten	0	1 291	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Tørr jordprøve, grå farge, ingen sopp, humus eller protozoer
6	Uten	43	1 284	0	0,03	409 226	409 226	0	0	0	0	0	0	0	Tørr jordprøve, gråaktig farge, ikke protozoer, humus eller sopp, litt aktinobakterier under nematodeskann, men ikke i utvalgsfeltene
7	Uten	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Uten	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prøverunde 2 - 5. mai															
1	Biosa	58	581	0,85	0,1	229 415	57 354	172 061	0	0	0	0	0	0	Tørr jordprøve, gråfarge
2	Uten	127	588	0,00	0,22	229 415	0	229 415	0	0	0	0	0	0	Tørr jordprøve, gråfarge, en død ung bakteriespisende nematode
3	Biosa	69	576	3,23	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Tørr jordprøve, gråfarge, observerte celledeling, mulig amøbe
4	Uten	6	508	0,00	0,01	54 254	0	54 254	0	0	0	0	0	0	Tørr jordprøve, gråfarge, mikroplast observert
5	Uten	205	780	0,37	0,26	223 214	0	223 214	0	270	0	0	0	0	Tørr jordprøve, gråfarge, nematodefunn: soppspiser var switcher - sopp/rotspiser. Mikroplast.
6	Biosa	111	1 328	0,00	0,08	353 423	0	353 423	0	0	0	0	0	0	Tørr jordprøve, gråfarge
7	Uten	22	654	0,00	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Tørr jordprøve, gråfarge
8	Biosa	77	824	3,69	0,69	62 004	0	62 004	0	0	0	0	0	0	Tørr jordprøve, gråfarge

Alle jordprøvene fra 29. april viste tilstrekkelig mengde bakterier, men for lite sopp i forhold til antatt behov for kornplanter, ifølge referanseverdiene utviklet av Elaine Ingham's Soil Food Web School

(Ingham, 2023). Prøvene fra 29. april viste svært lite eller ingen protozoer (amøber, flagellater og ciliater) eller nematoder, med unntak av høy forekomst av flagellater i rute nr 6, men denne prøven har lav sikkerhet.

Alle jordprøvene fra 5. mai, fire dager etter overflatekompostering, viste tilstrekkelig mengde bakterier, men sju av åtte prøver viste for lavt eller ingen innhold av sopp i forhold til antatt behov for kornplanter. En av prøvene viste tilstrekkelig innhold av sopp, men svaret var usikkert. I forhold til jordprøveuttaket 29. april er det kommet til flere amøber, noe som tyder på at forholdene ligger bedre til rette for deres virke. Dette kan skyldes endringer i mattilgang, temperatur og eller fuktighet.

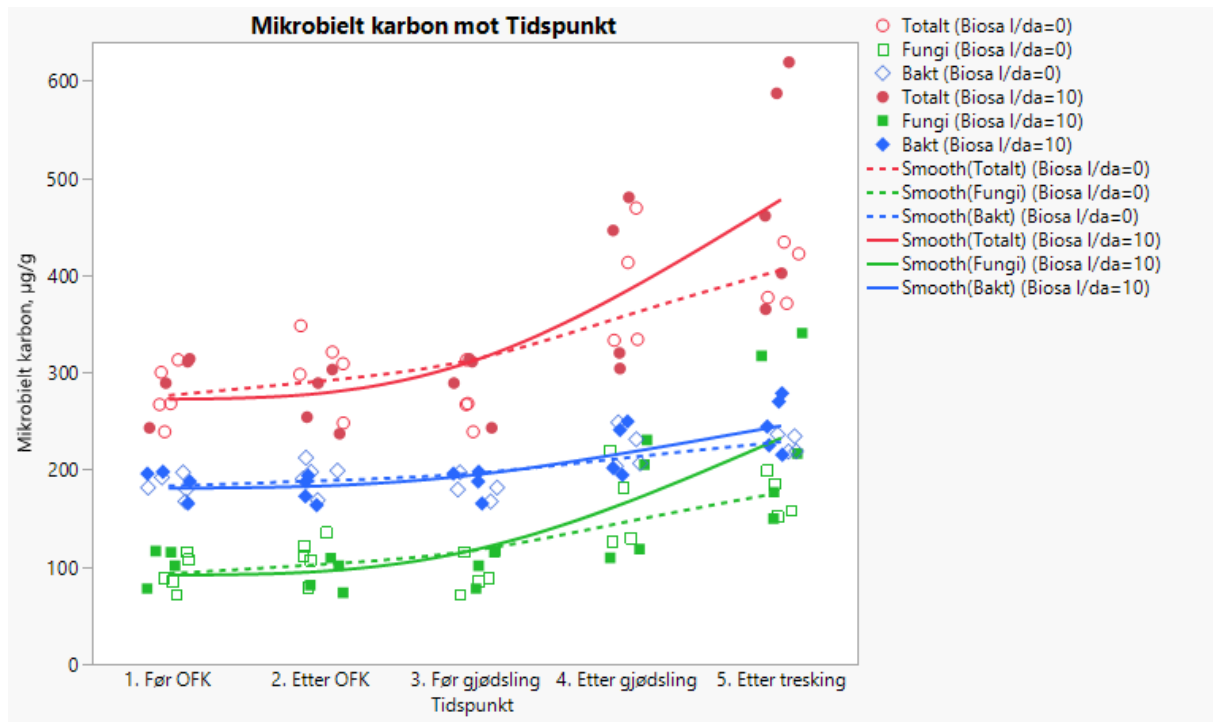
Resultatene fra 5. mai viser generelt lavere innhold av bakterier og høyere innhold av sopp enn 29. april. Dette kan forklares ved at andel bakterier avtar når de får økt konkurranse om matkildene fra sopp, i tillegg til økt forekomst av amøber (bakteriespisere). Det kan også ha innvirkning at jordprøvene fra 5. mai ikke er tatt så dypt (0-3 cm, i sjiktet som ble overflatekompostert) som prøvene fra 29. april (0-7 cm).

I alle forsøksrutene fant vi mindre sopp i jorda enn det Ingham (2023) anbefaler for å kunne forsyne kornplantene med riktig form av nitrogen. Det er generelt lave eller ingen forekomster av protozoer eller nematoder, noe som fører til liten omsetning av organisk materiale (Ingham, 2023).

3.1.2 Mikrobielt karbon målt med microBIOMETER

I Figur 6 og Figur 7 er det vist hvordan mengde og type av bakterier og sopp endret seg med tidspunkt og behandling. For de tre første uttakstidspunkt tidlig i vekstsesongen (29. april, 5. mai og 1. juni) er det ingen klare forskjeller mellom ruter som er tilsatt Biosa og ubehandlede ruter. Av figurene ser det ut som om det er mer mikrobielt karbon i jorda etter tresking. Jordprøven fra 6. juni viser en begynnende forskjell med og uten Biosa.

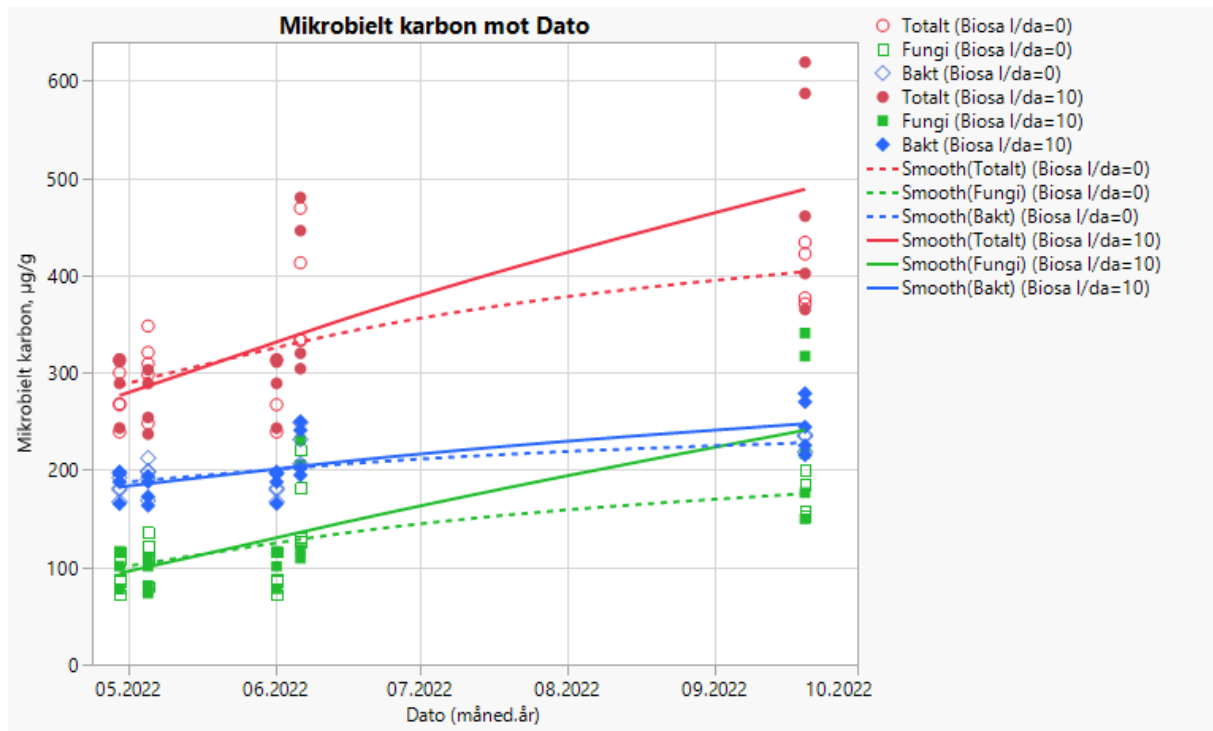
Figur 7 med tidspunkt som en kontinuerlig variabel (dato) viser også at de tre første tidspunkt er nokså samlet, mens uttak etter tresking ligger lenger unna de øvrige. Figur 6 viser rekkefølgen av uttak langs x-aksen som en kategorisk variabel (diskrete verdier som ikke tar hensyn til når prøvene er tatt ut), mens Figur 7 viser dato for jordprøveuttak langs x-aksen som en kontinuerlig variabel og dermed tar hensyn til avstand i tid mellom når prøve ble tatt ut. Mens Figur 6 viser et mer buet forløp (form som en parabel) viser Figur 7 et mer rettlinjert forløp for den mikrobielle utviklingen. Dette er en viktig forskjell som ble utnyttet ved den statistiske modelleringen og som gjorde at man kunne påvise en sikker effekt av Biosa på den mikrobielle utviklingen i forsøket.



Figur 6. Mikrobielt karbon totalt, for bakterier (Bakt) og for sopp (Fungi) for alle forsøksruter på de ulike uttakstidspunkt satt opp som diskrete verdier (mikrogram mikrobielt gram per gram jord - $\mu\text{g/g}$ jord). Røde symboler og linjer er ruter med Biosa (10 L/daa) og blå er uten Biosa (0 L/daa). Heltrukne linjer (øverst) er for total mengde mikrobielt karbon, grove stiplede linjer for bakterielt karbon (midten) og fine stiplede linjer er for karbon i sopp (nederst). Verdier for mikrobielt karbon er vist langs Y-aksen. Overflatekompostering er forkortet OFK.

Figur 8 viser en enveis variansanalyse for mikrobielt karbon totalt, for sopp (Fungi) og bakterier (Bakt). Her ser en tydelig at de tre første jordprøveuttakene (29. april, 5. mai og 1. juni) er helt like, mens en har et økende nivå for de to siste uttakene (6. juni og 20. september).

De statistiske modellene viser at behandling med Biosa er signifikant forskjellig fra behandling uten Biosa for både totalt mikrobielt karbon og for sopp (Fungi) (Tabell 4 i vedlegg 4). For bakterier er effekten mindre, og med P-verdi=9% er den ikke signifikant. Blokkeffektene er heller ikke signifikante. Med et nytt forsøk der en hadde fokusert mer på effekt over hele sesongen og med noen flere datapunkter ville en kunne forvente signifikant effekt også her gitt samme variansstruktur mellom observasjonene. I Figur 9 er modellene illustrert uten blokkeffekter.

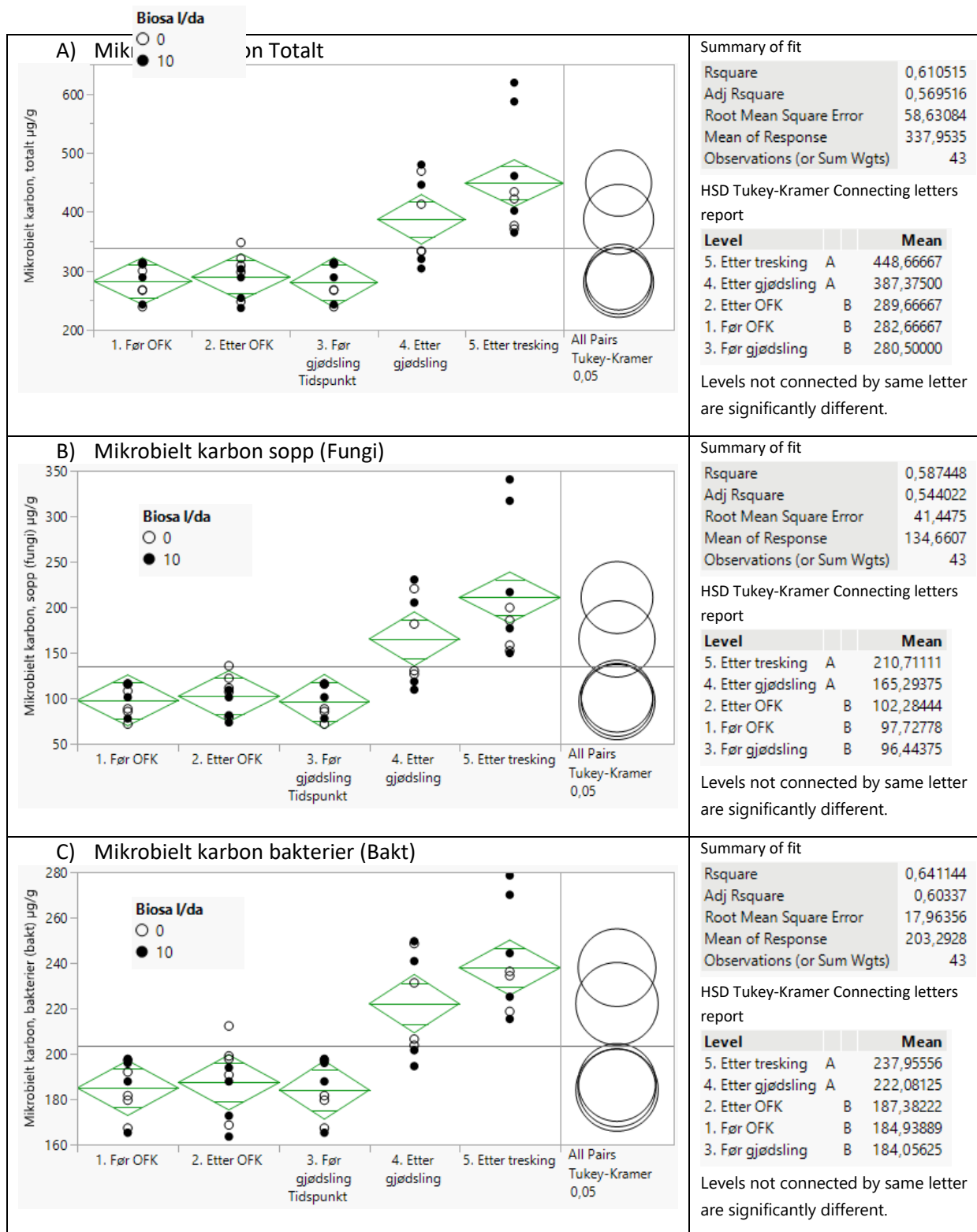


Figur 7. Mikrobielt karbon totalt, for bakterier (Bakt) og for sopp (Fungi) for alle forsøksruter på de ulike uttakstidspunktene satt opp som dato (kontinuerlig verdi).

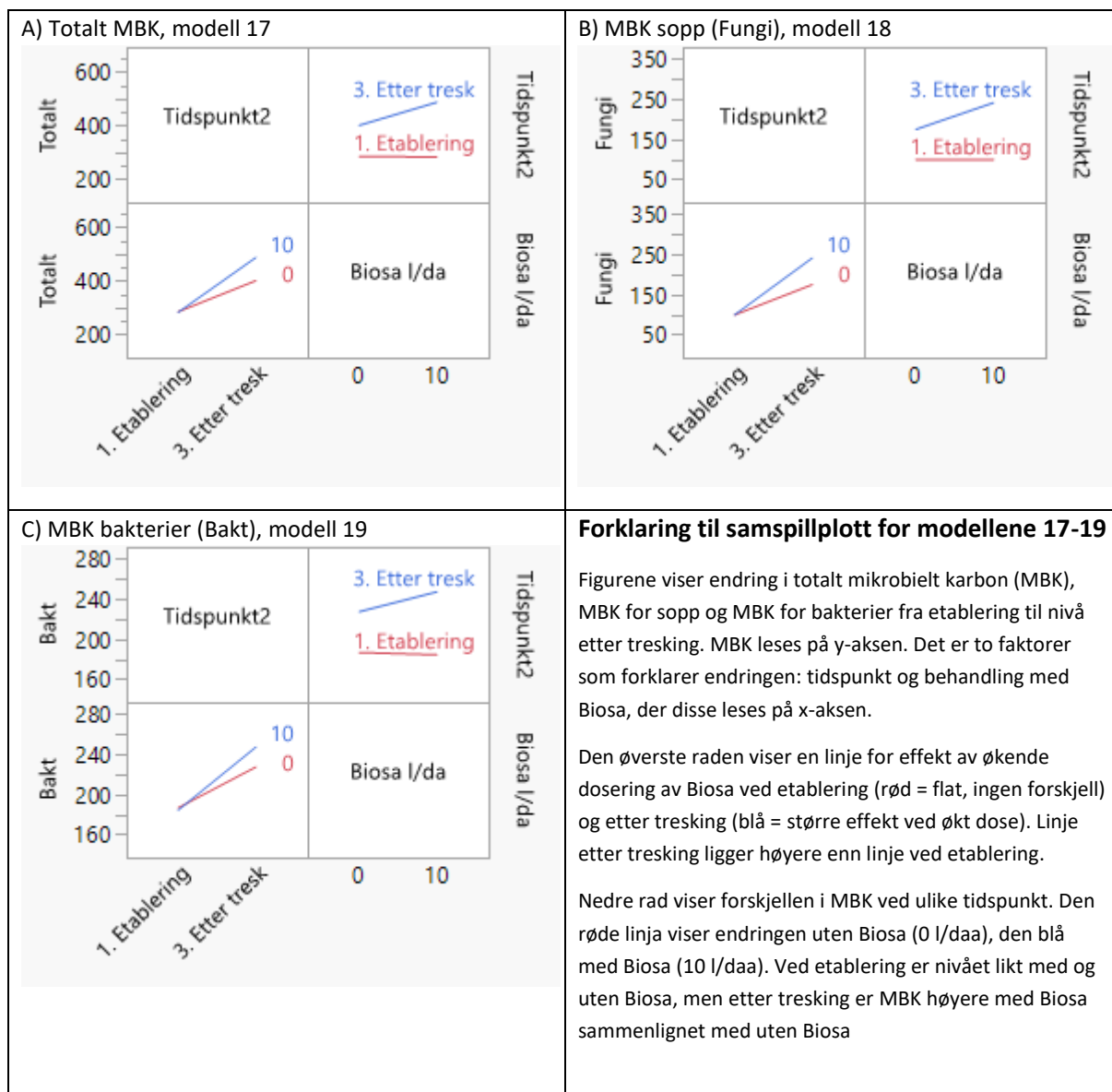
De statistiske modellene viser at behandling med Biosa med 10 L/daa økte mikrobielt karbon totalt i jord fra 286 µg/g jord ved etablering på våren til 487 µg/g jord etter tresking (september). Dette er en økning på 70 prosent. Referansen uten behandling økte til 401 µg/g jord, en økning på 40 prosent. Økningen over sesongen var signifikant, det samme var merøkningen med Biosa. Økningen i mikrobielt karbon skyldes hovedsakelig økt mengde sopp. For mikrobielt karbon knyttet til sopp (Fungi) var startnivå 99 µg/g jord, dette økte til 240 µg/g jord der Biosa var dosert med 10 L/daa, mens uten Biosa var sluttnivået 174 µg/g jord. Med Biosa var økningen 142 prosent og uten Biosa 76 prosent. Økningen over sesongen var signifikant, det samme var merøkningen med Biosa.

For bakterielt karbon var startnivå 187 µg/g jord, sluttnivå med Biosa 247 µg/g jord og uten Biosa 227 µg/g jord. Økningen var da 32 prosent med Biosa og 21 prosent uten Biosa. Økningen over sesongen var signifikant, men merøkningen for Biosa var ikke statistisk sikker.

For å kunne analysere effekten av Biosa ble det laget ulike statistiske modeller som vist i Tabell 4 i Vedlegg 4. Her er de statistiske modellene beskrevet i detalj.



Figur 8. Enveis variansanalyse med tidspunkt som x-variabel og med HSD Tukey-Kramer test viser at MBK Totalt, for sopp (Fungi) og for bakterier (Bakt) er nær identiske for de tre første uttakene og deretter økende. Data er fra både behandlede og ubehandlede forsøksruter. Det er signifikant forskjell mellom uttak 1-3 og uttak 4-5 for alle responsvariablene. 1. Før OFK: 29. april; 2. Etter OFK: 5. mai; 3. Før gjødsling: 1. juni; 4. Etter gjødsling: 6. juni; 5. Etter tresking: 20. september. OFK = overflatekompostering.



Figur 9. De statistiske modellene 17-19 for MBK (mikrobielt karbon) Totalt (A), Fungi (B), og Bakt (C) visualisert som samspillplott for diskontinuerlige tidsvariabel (Tidspunkt2) redusert til to grupper.

3.1.3 Jordvedheng («rotpels»)

Det kunne ikke observeres noen forskjell mellom Biosabehandlede og ubehandlede ruter i utvikling av jordvedheng («rotpels») den 1. juni da byggplantene var på 2-3-bladstadiet. Bygggrøttene ble vurdert visuelt på stedet. Se Bilde 7.



Bilde 7. Jordvedheng («rotpels») på byggplantene den 1. juni. Behandlet med urteferment (Biosa): rute 1, 3, 6 og 7. Ikke behandlet rute 2, 4, 5 og 8. Foto: Vibhoda Holten.

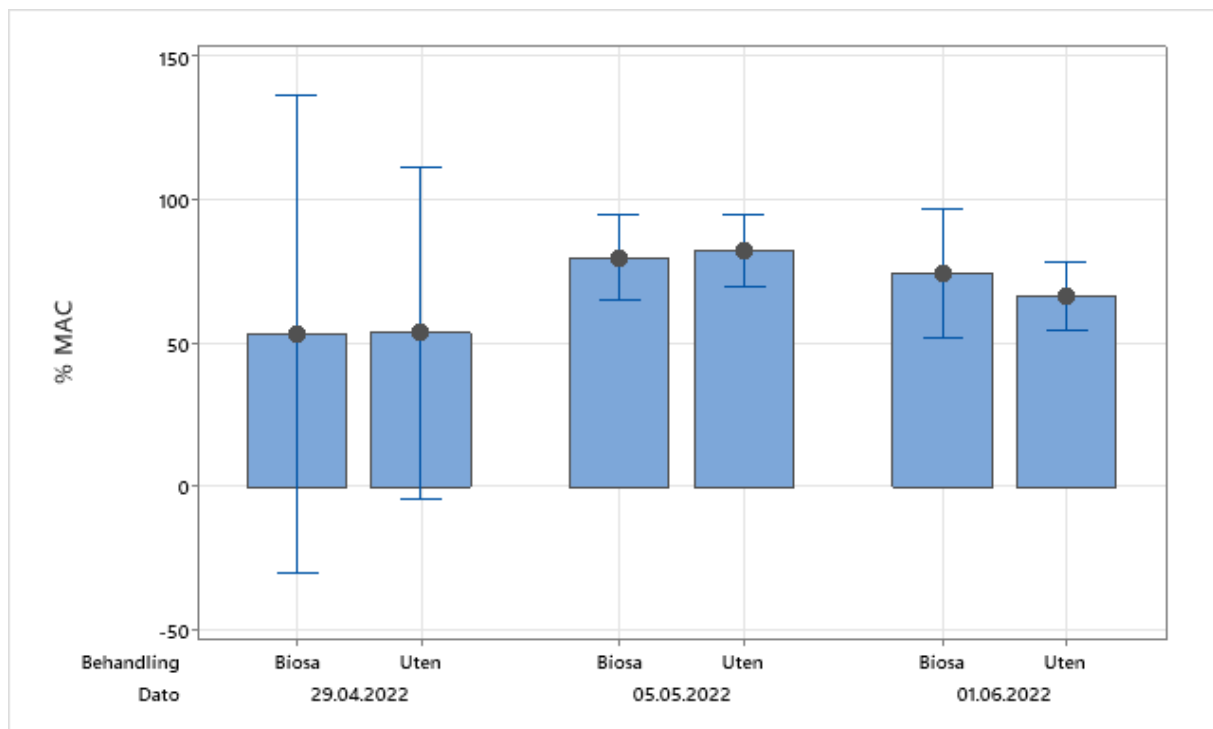
3.2 Biologisk aktivitet

Mikrobielt aktivt karbon (%MAC)

I Haney Soil Health Assessment var det bare mikrobielt aktivt karbon (%MAC) som viste en tendens til effekt av behandling med Biosa den 1. juni (se Figur 10). Biosabehandlete ruter den 1. juni hadde i snitt 74,4 prosent MAC, mens ubehandlete ruter hadde i snitt 66,5 prosent MAC. Med en P-verdi på 0,29 var forskjellen ikke signifikant. Det var ingen forskjell i %MAC mellom rutene før behandling 29. april, eller rett etter behandling den 5. mai. En god verdi for %MAC er over 20 prosent og under 80 prosent (Ward, 2020), noe denne jorda har ved alle tre jordprøveuttakene.

Mikrobielt aktivt karbon viste generelt ei økning fra før overflatekompostering 29. april til rett etter overflatekompostering 5. mai, men deretter en liten nedgang til 1. juni.

Alle andre analyser i Haney Soil Health Assessment viste ingen forskjell mellom Biosabehandlete og ubehandlete ruter ved jordprøveuttakene 29. april, 5. mai og 1. juni. Se vedlegg 5 for full oversikt over alle analysene i Haney Soil Health Assessment.



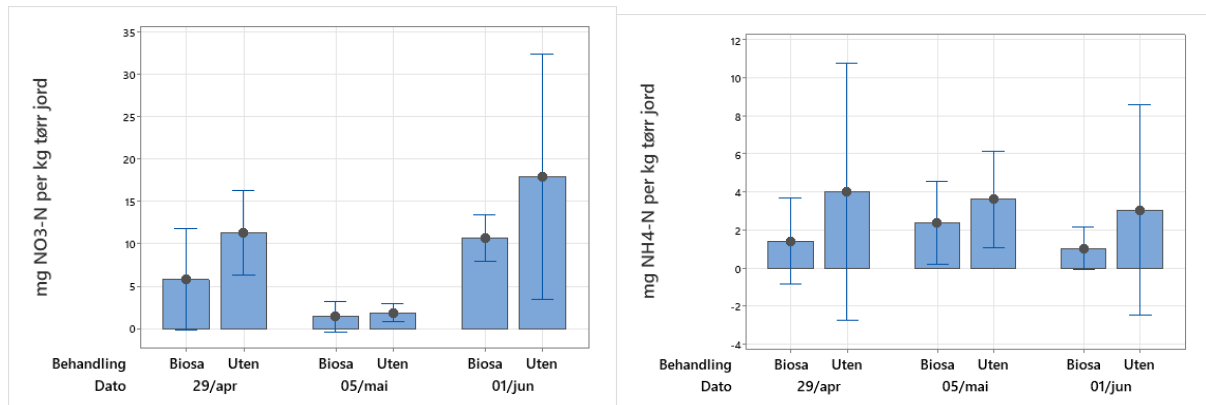
Figur 10. Intervallplot av mikrobielt aktivt karbon (%MAC) i jorda behandlet med Biosa og ubehandlete ruter 29. april (før overflatekompostering), 5. mai og 1. juni. %MAC er hvor mye av det vannekstraherte organiske karbonet (WEOC) som har blitt brukt av jordmikrobene, målt som jordrespirasjon (CO_2-C). Verdiene kommer fra Haney Soil Health Assessment. De lodrette linjene viser 95% konfidensintervall. Der linjene overlapper er det ikke signifikant forskjell.

Jordrespirasjon (Solvita – CO₂-C)

Solvita jordrespirasjon (analysert hos NORSØK) var i gjennomsnitt 94,6 ppm CO₂-C den 29. april og 89,6 ppm CO₂-C den 5. mai. Det var en tendens til høyere jordrespirasjon i blokk 1 enn i blokk 2 den 29. april og 5. mai, men det var ingen signifikant forskjell mellom behandlingene disse to datoene i begynnelsen av vekstsesongen. En tilsvarende blokkeffekt kunne ikke finnes i Solvita-testen som ble gjennomført av Ward Lab i USA av jord fra 29. april, 5. mai og 1. juni. Denne jorda hadde imidlertid ikke blitt nedkjølt ved sending, noe som kunne ha påvirket resultatene. Solvita-testen hos Ward Lab viste heller ingen effekt av Biosabehandling ved noen av disse tre jordprøveuttakene.

3.3 Mineralsk nitrogen i jord

Det ble funnet en tendens til høyere nitratinnhold i jorda i forsøksrutene som ikke var behandlet med Biosa når verdiene etter overflatekompostering den 5. mai og 1. juni blir brukt, og det legges inn en samspillseffekt mellom dato og behandling ($P=0,084$). Disse funnene må tolkes med forsiktighet, siden det er en tilsvarende trend med høyere nitratinnhold (NO_3^-) i rutene som ble behandlet med Biosa før behandling 29. april (Figur 11). Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell i innholdet av ammonium (NH_4^+) mellom Biosabehandlete og ubehandlete forsøksruter. For nitrat gikk verdiene i snitt ned i alle ruter fra 29. april til 5. mai, men steg så betydelig fram til 1. juni. For ammonium var det derimot en liten økning i verdiene fra 29. april til 5. mai, men så en nedgang fram til 1. juni.



Figur 11. Mengde nitrat (NO_3^-) og ammonium (NH_4^+) (mg/kg tørr jord) i forsøksrutene med og uten tilsetning av Biosa. 29. april er før behandling, og 5. mai og 1. juni er etter behandling. De loddrette linjene viser 95% konfidensintervall. Der linjene overlapper er det ikke signifikant forskjell.

3.4 Jordforhold

Ved jordprøvetaking 29. mai var jordfuktigheten i snitt 15,3 og 17,0 prosent i forsøksrutene som henholdsvis skulle bli behandlet med Biosa og ubehandlete ruter. Ved jordprøvetaking den 5. mai, etter overflatekompostering var jordfuktigheten i de øverste tre centimeterne som hadde blitt frest opp, sunket til henholdsvis 9,6 og 8,3 prosent i ruter behandlet med Biosa og ubehandlete ruter. Jorda under det oppfreste laget på toppen var tydelig fuktigere.

Glødetapet, som er et mål på innholdet av organiske materiale i jorda, var i snitt henholdsvis 6,5 prosent den 29. april og 6,6 prosent den 5. mai. Forskjellen var ikke signifikant.

Aktivt karbon (POX-C) viste ingen forskjell mellom ruter behandlet med Biosa og ubehandlede ruter den 5. mai.

3.5 Vurdering av jordluft 5. mai

Jorda i alle prøverutene hadde ei svak jordluft den 5. mai, fem dager etter overflatekompostering, men det ble ikke observert noen forskjell i luft mellom ruter behandlet med Biosa og ubehandlede ruter. Jordtemperaturen i jorda under det løse, oppfreste laget var ca 9-11 grader. Jordtemperaturen i det løse oppfreste laget var 13-16 grader. Jorda som var oppfrest hadde begynt å tørke ut da luktvurderingene ble gjort, med en gjennomsnittlig vannprosent på 9,0 prosent i forsøksrutene. Lufttemperaturen i tidsrommet mellom overflatekompostering og luktobservasjoner var relativt lav, med noen dager med nattefrost jfr. Figur 2.



Bilde 8. Vurdering av jordluft 5. mai på forsøksfeltet. Foto: Sissel Hansen.

3.6 Næringsstoffopptak

Det kunne ikke påvises noen signifikante forskjeller i næringsstoffopptak i byggplantene målt med bladsaftanalyser den 1. og 15. juni mellom ruter behandlet med Biosa og ubehandlede ruter (se Vedlegg 6). På disse to tidspunktene var byggplantene på henholdsvis 2-3-bladstadiet (Zadoks 12-13) og begynnende strekning (Zadoks 30).



Bilde 9. Byggåkeren på forsøksfeltet 5. juli. Foto: Vibhoda Holten.

3.7 Avling

Det ble ikke observert noen forskjell i kornavling da bygget ble tresket den 28. august 2022. Avlinga ble i gjennomsnitt 272,2 kg/daa i forsøksrutene med urteferment, og 269,7 kg/daa i forsøksrutene uten urteferment. Avlinga var justert til 15 % fuktighet. Denne forskjellen i avling var ikke signifikant (se Tabell 3).

Hver forsøksrute var i underkant av 240 m², det var ikke forskjell mellom behandlingene, se Bilde 10. Råvekt av avling på rutene varierte mellom 62,5 til 83,5 kg, men det var ingen signifikant forskjell mellom behandlingene. Fuktinnholdet i kornet ble 20,7 % for ruter med behandling og 19,9 % uten behandling, her var forskjellen signifikant, men forskjellen var imidlertid ikke betydelig.

Tørrstoffinnholdet for rutene var likt for begge behandlinger på ca 55 kg, og dermed var også normert fuktinnhold til 15 % også likt, i underkant av 65 kg.

Tabell 3. Rutenr, behandling, rutestørrelse (lengde, bredde, areal), råvekt, fuktinnhold, tørrstoffvekt, avling justert til 15 % og avling i kg korn med 15% tørrstoff per daa for behandling med og uten Biosa for enkeltruter og antall prøver (N), gjennomsnitt og standardavvik for hver behandling og ANOVA-test som viser signifikansnivå.

Rute	Behandling	Blokk	Lengde	Bredde	Areal	Råvekt avling	Fuktighet avling Wile 55	Tørrstoff vekt avling	Vekt avling 15 % fukt	Avling 15 % pr daa
			m	m	m ²	kg	%	kg	kg	kg/daa
1	Biosa	Nord	27,65	8,4	232,3	63,5	20,4 %	50,5	59,5	256
2	Ref	Nord	27,7	8,65	239,6	64	19,8 %	51,3	60,4	252
3	Biosa	Nord	27,95	8,55	239,0	64,5	21,0 %	51,0	59,9	251
4	Ref	Nord	27,95	8,5	237,6	74	20,3 %	59,0	69,4	292
5	Ref	Syd	27,7	8,55	236,8	74	19,6 %	59,5	70,0	296
6	Biosa	Syd	28,05	8,45	237,0	67	20,5 %	53,3	62,7	264
7	Ref	Syd	28,25	8,7	245,8	62,5	20,0 %	50,0	58,8	239
8	Biosa	Syd	28,1	8,7	244,5	83,5	21,0 %	66,0	77,6	317
Statistikk										
	Biosa	N			4	4	4	4	4	4
		Gjennomsnitt			238,2	69,6	20,7 %	55,2	64,9	272,2
		Standardavvik			5,1	9,4	0,3 %	7,3	8,6	30,7
	Ref	N			4	4	4	4	4	4
		Gjennomsnitt			239,9	68,6	19,9 %	55,0	64,6	269,7
		Standardavvik			4,1	6,2	0,3 %	5,0	5,9	28,3
T-test differanse Biosa-Ref (ANOVA)										
	R2 (forklaringsgrad)				4,7 %	0,5 %	69,0 %	0,0 %	0,1 %	0,2 %
	RMSE (restvariasjon)				4,6	8,0	0,3 %	6,2	7,3	28,9
	Prob>F				61 %	86 %	1 %	96 %	96 %	91 %
	Test				Ikke sign	Ikke sign	Sign	Ikke sign	Ikke sign	Ikke sign



Bilde 10. Forsøksfeltet ved tresking 28. august 2022. En kan se gjennomvekst av rødkløver fra fjorårets underkultur som ikke ble godt nok avskåret ved overflatekompostering i mai. Foto: Dag Molteberg.



Bilde 11. Storsekker med bygg til veiing og måling etter tresking av forsøksrutene. Foto: Dag Molteberg.

4 Diskusjon

De utførte forsøkene viste at bruk av Biosa i overflatekompostering ga høyere innhold og kraftigere økning av mikrobielt karbon i jord målt med microBIOMETER når man betraktet hele vekstsesongen under ett, sammenlignet med ruter der man ikke tilførte Biosa. Selv om det ikke var statistisk forskjell tidlig i sesongen så var effekten var statistisk sikker for målingene som ble gjort etter tresking i september.

De øvrige undersøkelsene ble avsluttet i midten av juni, og for disse kunne det ikke fastslås sikre effekter av Biosa tidlig i vekstsesongen verken i jord 5. mai og 1. juni, eller i byggplantene 1. juni og 15. juni. For de samme tidspunktene var det heller ikke forskjell på mikrobielt karbon målt med microBIOMETER, eller på jordrespirasjon (Solvita CO₂-C) eller mikrobielt aktivt karbon (POX-C) med og uten Biosa. Vi vurderte jordlukta den 5. mai, som var svak, men her kunne vi heller ikke observere en forskjell mellom Biosabehandlede og ubehandlede ruter. Mikroskopering etter SoilFoodWeb-metodikken ble gjort rett før overflatekompostering 29. april og rett etter 5. mai, og her var det heller ingen forskjell mellom behandlingene.

Den 1. juni vurderte vi også jordvedheng («rotpels») på byggrøttene, men ingen forskjell mellom behandlingene kunne påvises. Næringsstoffopptaket ble undersøkt ved hjelp av bladsaftanalyser av byggplantene den 1. juni (2-3-bladstadiet) og 15. juni (begynnende strekning), men heller ikke her var det forskjell mellom behandlingene.

Ei forklaring på at effekten av Biosa ikke kunne observeres tidlig i vekstsesongen kan være at den mikrobielle aktiviteten trolig var liten på grunn av lav jordtemperatur og tørre forhold i slutten av april og begynnelsen av mai. Temperatur, sammen med fuktighet, er den viktigste miljøfaktoren som bestemmer mikrobiell vekst og aktivitet i jorda (Paul, 2015). Den lave jordtemperaturen og de tørre forholdene som påvirker mikrobiell vekst og aktivitet gjør at stoffskifteprosessene i jorda går sakte, og det blir lite endring i de jordkjemiske forholdene, f.eks. mineralsk nitrogen (NO₃⁻ og NH₄⁺).

Fra 29. april til 5. mai ser vi en økning i mikrobielt aktivt karbon (%MAC) som kan skyldes at temperaturen stiger og at det tilføres luft til jorda ved overflatekompostering den 1. mai. Nivået av mikrobielt aktivt karbon synker deretter noe til 1. juni. Den 1. juni, når jordtemperaturen og fuktigheten har økt, kan vi se en svak tendens ($p=0,29$) til effekt av Biosa på økt innhold av mikrobielt aktivt karbon (%MAC).

Effekt på nitratinnhold i jord og planter

Ut fra forventet effekt av urteferment og melkesyrebakterier (f.eks. Biosa) på antioksidative egenskaper og dermed på NO₃-innhold i jord og planter omtalt i innledningen (Husson 2013; Naik m.fl., 2020; El-Mageed m.fl., 2022; Olle og Williams, 2015), så forventet vi å finne lavere innhold av NO₃-N i jord og kornplanter der jorda ble behandlet Biosa.

Lavere nitratinnhold ble også observert av NLR Viken i et forsøk med og uten urteferment (Biosa) i Lier i 2017-2019 (NLR-Viken, 2020). Dette kunne vi imidlertid ikke bekrefte i våre undersøkelser. Gjennomsnittlig innhold av mineralnitrogen (NH₄-N og NO₃-N) i vårt forsøk var lavere på ruter hvor

det var tilsatt Biosa, men det var også lavere før det ble tilsatt Biosa og innholdet av mineralnitrogen i jorda varierte mye mellom rutene. Det er derfor mulig at gjennomsnittlig forskjell i mineralnitrogen også etter tilførsel av Biosa kan skyldes variasjoner i jorda. Vi fant heller ingen forskjell i NO₃-innholdet i prøver fra byggplanter som ble undersøkte ved to uttak i første halvdel av juni. Vi kan ikke utelukke effekt av behandling med Biosa på redokspotensialet og dermed nitratinholdet i jorda da det var store variasjoner i jorda og tørre forhold mai 2022, men effekten av Biosa har ikke vært sterkere enn jordvariasjonen.

Effekt på mikrobielt karbon målt med microBIOMETER

Fram til og med 1. juni kunne det ikke observeres noen endring i mikrobielt karbon målt med microBIOMETER, men fra 6. juni ser vi en økning i både Biosabehandlete og ubehandlete ruter. Mikrobielt karbon ble målt med microBIOMETER en siste gang 20. september, vel tre uker etter tresking. Nå ser vi en signifikant økning av totalt mikrobielt karbon og mikrobielt karbon knyttet til sopp og bakterier i både ubehandlete og Biosabehandlete ruter. På dette tidspunktet er det også en signifikant merøkning av Biosa på totalt mikrobielt karbon og mikrobielt karbon knyttet til sopp, men ikke signifikant merøkning knyttet til bakterier. Det er vanlig at innholdet av sopp og bakterier øker i jorda gjennom vekstsesongen og er høyest på høsten.

At økningen i mikrobielt karbon er tydeligere for sopp sammenlignet med bakterier kan skyldes at Biosa kan ha bidratt til å lette soppens stoffskifteprosesser i jorda, og at biomassen som er behandlet med urteferment (Biosa) bedrer soppens muligheter for etablering og levevilkår. I forsøk med mungbønner (*Vigna radiata* L.) var det positiv respons på kolonisering av vesikulær-arbuskulær mykorrhiza (VAM) av behandling med effektive mikroorganismer (Javaid m.fl., 2000). Andre forsøk har vist en tilsvarende økt VAM-kolonisering i mais, solsikke, kikerter (*Cicer arietinum* L.) og aleksandrinerkløver (*Trifolium alexandrianum*) (Bajwa m.fl., 1999; Javaid m.fl., 1999), men ikke i erter (*Pisum sativum* L.) (sitert i Javaid m.fl., 2000). I et forsøk med effektive mikroorganismer på salvie, ble det funnet en økning i sopp i jorda, og dehydrogenaseaktivitet, men ellers ingen annen effekt på jorda (Borowiak m.fl., 2021). Mekanismen som gjør at sopp koloniserer og trives bedre ved behandling med urteferment er ikke klarlagt.

Med et nytt forsøk der en hadde fokusert mer på effekt over hele sesongen og med noen flere datapunkter ville en kunne undersøke om det var mer sopp i jorda etter tilførsel av Biosa også ved andre måletidspunkt, og om det var tilsvarende effekt på bakteriemengden i jorda.

Statistisk modellering

Den statistiske modelleringen viser at det er viktig å velge rett type modell for sammenligning av denne type forsøk. En bør søke å finne en enkel funksjon som beskriver endringen innen samme behandling over tid på best mulig måte. Ut fra en slik modell kan en så undersøke effekten av ulike behandlinger. En rett linje så ut til å gi en god tilnærming i denne studien, men det kan finnes andre tilnærminger som gir enda bedre modeller.

I tillegg er det også viktig å se endringene over et stort nok tidsrom, i dette forsøket er det tydelig at endringene i jorda behandlet med Biosa gir ettervirkninger over lang tid. Det er behov for å undersøke dette bedre, kanskje også over flere vekstsesonger.

For bakterieinnhold målt med microBIOMETER og nitratinnhold i jord viste analysene P-verdier på 8-9 % (nær signifikansgrensen på 5 %), men ikke nok til å hevde sikker effekt for Biosa. Dette skyldes at spredningen i data er stor i forhold til at eventuelle forskjeller kan detekteres. Men med bare fire gjentak pr behandling og tidspunkt vil også antall observasjoner fort bli en begrensning, særlig når de observerte forskjellene er moderate. For mange av metodene som er benyttet hadde en ikke gode nok data for forventet variasjon og størrelse på effekt for å kunne planlegge for dette på forhånd. I nye forsøk bør en vurdere å øke antallet observasjoner, ved å benytte flere gjentak (ruter), flere tidspunkt og lengre tidsperioder, slik at man blir i stand til å påvise mindre forskjeller.

Mikroskopering - SoilFoodWeb-analyse

Undersøkelsen av jordmikrobiologien med SoilFoodWeb-metodologien klarte ikke å fange opp eventuelle forskjeller, slik jordprøveuttakene var gjort. Kaldt vær, tidlig i vekstsesongen og tørr jord før og etter overflatekomposteringen resulterte trolig i liten mikrobiell aktivitet, og eventuell effekt av Biosa kunne ikke påvises ved jordprøveuttaket 5. mai.

Det tar tid å etablere populasjoner av protozoer, nematoder og sopp. Matkilder, temperatur og vanntilgang vil også påvirke resultatene. Det er utfordrende å påvise endringer i jordas næringsnett (The Soil Food Web) etter så kort tid som en uke, spesielt under værforhold (tørke og lav temperatur) som ikke favoriserer vekst av mikrobiologien. Årlige observasjoner vil kunne gi et bedre bilde av utviklingen av jordas næringsnett. Det beste tidspunkt for årlig prøver er tidlig høst, eller både vår og tidlig høst for sammenligning, og av jord som ikke er tørket ut.

Avlingsstørrelse

Det var lav byggavling på forsøksfeltet, med et gjennomsnitt på 270 kg/daa. Mye av årsaken til dette skyldes nok at mye rødkløver fra fjorårets underkultur overlevde overflatekomposteringen i mai, og konkurrerte kraftig med kornet. Dette ga en tydelig avlingsreduksjon i alle forsøksrutene, anslagsvis 30 prosent reduksjon eller mer. Det var like stort innslag av kraftig toårig rødkløver i ruter både med og uten Biosa, slik at forskjellen i avling mellom behandlinger trolig ville blitt den samme hvis det ikke hadde vært konkurranse fra underkulturen. Årsaken til at mye underkultur sto igjen var at det ble frest for grunt ved overflatekomposteringen 1. mai og for mye overlevde.

Overflatekomposteringen som ble gjort høsten 2022 (til høsthvete) ble mye bedre, her var det knapt noe som overlevde overflatekomposteringen og etablering til høsthveten ser veldig bra ut.

Årsaken til at vi ikke fant noen avlingsøkning ved bruk av Biosa i dette tilfellet, selv om det er observert avlingsøkning av effektive mikroorganismer i flere utenlandske forsøk, kan skyldes flere faktorer. Dette er ei relativt god jord hvor det også i sesongen før, i 2021, har blitt brukt underkultur og tilført organisk materiale via overflatekompostering med urteferment sesongen. I ei jord som i

utgangspunktet fungerer godt, har en god mikrobiell populasjon, og har gode forhold for plantevekst så skal det mer til for at tilførsel av urteferment eller biostimulanter vil gi utslag på avling enn i næringsfattig jord med lav biologisk aktivitet.

(Lamont m.fl., 2017) skriver at kompost inokulert med EM har vist bedre avling og økt næringsopptak i hvete, soyabønner, mungbønner, ris og bomull enn planter dyrket med ikke-inokulert kompost. Forklaringa som gis er at økt avling i planter dyrket med EM-behandlet kompost vs. ikke-behandlet kompost trolig skyldes fremskyndet nedbryting av organiske til plantetilgjengelige næringsstoff. Melkesyrebakterier (LAB) har videre vist seg å frigjøre fosfor, trolig ved å frigjøre organiske syrer (Giassi m.fl., 2016). Valarini et al. (2002) konkluderer i et pottforsøk at EM stimulerte jordas biologiske aktivitet og økte jordas fysio-kjemiske egenskaper og førte til en raskere humifisering av tilført ferskt organisk materiale. Disse forbedringene i jordhelsa kan gi grunnlag for bedre avling. I en gjennomgang av forsøk med EM i grønnsaksdyrking viser Olle og Williams (2015) til positiv effekt EM på plantevekst i 70 prosent av forsøkene, og ingen signifikant effekt i 30 prosent av forsøkene.

I forsøket vårt skyldes dårlig avling antakelig gjennomgroing av underkultur og ikke mangel på næring. De mikrobiologiske undersøkelsene viste dessuten liten mikrobiell aktivitet tidlig i sesongen. En kald og tørr vår er antakelig den viktigste årsaken til at vi fant liten biologisk i prøvene tatt tidlig på året. Små avlingsutslag ved bruk av effektive organismer/ urteferment i tempererte strøk er også i samsvar med andre undersøkelser (Mayer m.fl., 2010). Dette kan ha med temperatur å gjøre, men også at det i tempererte strøk ofte er bedre dyrkingsjord med høyt moldinnhold og ung jord med lite forvitret mineralmateriale. Det er behov for mer forskning på virkningsmekanismene knyttet til overflatekompostering som metode og hvordan effekten påvirkes av jordtype og klimatiske forhold..

For bedre å teste avlingseffekt av Biosa, og Biosa tilsatt ved overflatekompostering kan det være en fordel å gjøre undersøkelser over en lengre periode av vekstsesongen, i dårligere jord og helst med fastliggende, flerårig forsøk.

5 Konklusjon

Behandling med Terra Biosa er gjort som del av overflatekompostering av underkultur på våren for å forberede jorda til en ny hovedkultur. Vi ønsket å finne ut om behandling med Terra Biosa bedrer effekten av overflatekompostering på jordas fruktbarhet ved å stimulere til raskere og mer styrt omdanning av det organiske materialet som ble overflatekompostert.

I våre undersøkelser kan vi ikke bekrefte at vi har fått en mer styrt omdanning av plantematerialet. Det positive utslaget av Terra Biosa på økt innhold av sopp i jorda registrert med microBIOMETER etter tresking i september er interessant, og tyder på at det kan være større effekt av Terra Biosa enn det vi kunne registrere i denne undersøkelsen. Vi ønsker derfor mer forskning på dette området for å avklare hvilke effekter det er sannsynlig vi får i norsk åkerjord ved behandling med Terra Biosa ved overflatekompostering av underkultur og annet organisk materiale.

Vi forventet at tilførsel av Terra Biosa skulle stimulere innhold og aktivitet av jordmikrobiologien og deres stoffskifteprosesser. Våre funn tyder på at endringsprosessene som Biosa bidrar til kan pågå i lang tid etter tilførsel. Sesongen 2022 var tørr i starten, dette kan ha redusert og forsinket effekten av Terra Biosa. Framtidige undersøkelser av Terra Biosa bør derfor skje på flere jordarter, over en lengre periode av vekstsesongen, kanskje over flere sesonger og med en sterkere dose ved påføring.

Referanser

- Bajwa, R., Javaid, A., Rabbani, N., 1999. EM and VAM Technology in Pakistan VII: Effect of Organic Amendments and Effective Microorganisms (EM) on VA Mycorrhiza, Nodulation and Crop Growth in *Trifolium alexandrinum*. Pakistan Journal of Biological Sciences 2, 590–593. doi:10.3923/pjbs.1999.590.593
- Ball, B.C., Batey, T., Munkholm, L.J., 2007. Field assessment of soil structural quality – a development of the Peerkamp test. Soil Use and Management 23, 329–337. doi:10.1111/j.1475-2743.2007.00102.x
- Berendse, F., Ruijven, J. van, Jongejans, E., Keesstra, S., 2015. Loss of Plant Species Diversity Reduces Soil Erosion Resistance. Ecosystems 18, 881–888. doi:10.1007/s10021-015-9869-6
- Borowiak, K., Wolna-Maruwka, A., Niewiadomska, A., Budka, A., Schroeter-Zakrzewska, A., Stasik, R., 2021. The Effects of Various Doses and Types of Effective Microorganism Applications on Microbial and Enzyme Activity of Medium and the Photosynthetic Activity of Scarlet Sage. Agronomy 11, 603. doi:10.3390/agronomy11030603
- Ditlefsen, A., Svihus, B., n.d. Antioksidanter. Store Norske Leksikon.
- El-Mageed, T.A.A., Gyushi, M.A.H., Hemida, K.A., El-Saadony, M.T., El-Mageed, S.A.A., Abdalla, H., AbuQamar, S.F., El-Tarabily, K.A., Abdelkhalik, A., 2022. Coapplication of Effective Microorganisms and Nanomagnesium Boosts the Agronomic, Physio-Biochemical, Osmolytes, and Antioxidants Defenses Against Salt Stress in *Ipomoea batatas*. Frontiers in Plant Science 13, 883274. doi:10.3389/fpls.2022.883274
- EMRO, 2023. EM Research Organization [WWW Document]. URL <https://emrojapan.com> (accessed 2.9.23).
- Feng, T., Wang, J., 2020. Oxidative stress tolerance and antioxidant capacity of lactic acid bacteria as probiotic: a systematic review. Gut Microbes 12, 1801944. doi:10.1080/19490976.2020.1801944
- Furey, G.N., Tilman, D., 2021. Plant biodiversity and the regeneration of soil fertility. Proceedings of the National Academy of Sciences 118, e2111321118. doi:10.1073/pnas.2111321118
- Giassi, V., Kiritani, C., Kupper, K.C., 2016. Bacteria as growth-promoting agents for citrus rootstocks. Microbiological Research 190, 46–54. doi:10.1016/j.micres.2015.12.006
- Gould, I.J., Quinton, J.N., Weigelt, A., Deyn, G.B.D., Bardgett, R.D., 2016. Plant diversity and root traits benefit physical properties key to soil function in grasslands. Ecology Letters 19, 1140–1149. doi:10.1111/ele.12652
- Haney, R.L., Haney, E.B., Hossner, L.R., Arnold, J.G., 2006. Development of a New Soil Extractant for Simultaneous Phosphorus, Ammonium, and Nitrate Analysis. Communications in Soil Science and Plant Analysis 37, 1511–1523. doi:10.1080/00103620600709977
- Haney, R.L., Haney, E.B., Smith, D.R., Harmel, R.D., White, M.J., 2018. The soil health tool—Theory and initial broad-scale application. Applied Soil Ecology 125, 162–168. doi:10.1016/j.apsoil.2017.07.035
- Higa, T., 1991. Effective microorganisms: A biotechnology for mankind., in: Parr, J.F., Hornick, S.B., Whitman, S.E. (Eds.), Proceedings of the 1st International Conference on Kyusei Nature Farming. USDA, Washington DC, pp. 8–14.
- Holten, V., 2021. Regenerativt jordbruk - erfaringer fra fire referansegrøder på Østlandet 2018-2020. VitalAnalyse, Oslo.
- Husson, O., 2013. Redox potential (Eh) and pH as drivers of soil/plant/microorganism systems: a transdisciplinary overview pointing to integrative opportunities for agronomy. Plant and Soil 362, 389–417. doi:10.1007/s11104-012-1429-7
- Ingham, E., 2023. Dr Elaine's™ Soil Food Web School [WWW Document]. URL <https://www.soilfoodweb.com> (accessed 1.26.23).
- Ingham, E.R., Coleman, D.C., Moore, J.C., 1989. An analysis of food-web structure and function in a shortgrass prairie, a mountain meadow, and a lodgepole pine forest. Biology and Fertility of Soils 8, 29–37. doi:10.1007/bf00260513
- Isbell, F., Adler, P.R., Eisenhauer, N., Fornara, D., Kimmel, K., Kremen, C., Letourneau, D.K., Liebman, M., Polley, H.W., Quijas, S., Scherer-Lorenzen, M., 2017. Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems. Journal of Ecology 105, 871–879. doi:10.1111/1365-2745.12789
- Islam, K.R., Stine, M.A., Gruver, J.B., Samson-Liebig, S.E., Weil, R.R., 2003. Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use. American Journal of Alternative Agriculture 18, 3–17. doi:10.1079/ajaa2003003

- Javaid, A., Bajwa, R., Rabbani, N., Uzma, M., 2000. EM and VAM Technology in Pakistan IX: Effect of EM Application on Growth, Yield, Nodulation and VA Mycorrhizal Colonization in *Vigna radiata* (L) Wiczek. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 3, 694–698. doi:10.3923/pjbs.2000.694.698
- Javaid, A., Bajwa, R., Siddiqi, I., 1999. EM and VAM Technology in Pakistan VI: Effect of EM (Effective Microorganisms) on VA Mycorrhizal Development and Subsequent Crop Growth and Yield in Sunflower. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 2, 586–589. doi:10.3923/pjbs.1999.586.589
- Lamont, J.R., Wilkins, O., Bywater-Ekegård, M., Smith, D.L., 2017. From yogurt to yield: Potential applications of lactic acid bacteria in plant production. *Soil Biology and Biochemistry* 111, 1–9. doi:10.1016/j.soilbio.2017.03.015
- Lange, M., Eisenhauer, N., Sierra, C.A., Bessler, H., Engels, C., Griffiths, R.I., Mellado-Vázquez, P.G., Malik, A.A., Roy, J., Scheu, S., Steinbeiss, S., Thomson, B.C., Trumbore, S.E., Gleixner, G., 2015. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. *Nature Communications* 6, 6707. doi:10.1038/ncomms7707
- Lange, M., Koller-France, E., Hildebrandt, A., Oelmann, Y., Wilcke, W., Gleixner, G., 2019. How plant diversity impacts the coupled water, nutrient and carbon cycles. *Advances in Ecological Research* 185–219. doi:10.1016/bs.aecr.2019.06.005
- Mackay, J.E., Bernhardt, L.T., Smith, R.G., Ernakovich, J.G., 2023. Tillage and pesticide seed treatments have distinct effects on soil microbial diversity and function. *Soil Biology and Biochemistry* 176, 108860. doi:10.1016/j.soilbio.2022.108860
- Mayer, J., Scheid, S., Widmer, F., Fließbach, A., Oberholzer, H.-R., 2010. How effective are 'Effective microorganisms® (EM)'? Results from a field study in temperate climate. *Applied Soil Ecology* 46, 230–239. doi:10.1016/j.apsoil.2010.08.007
- Naik, K., Mishra, S., Srichandan, H., Singh, P.K., Choudhary, A., 2020. Microbial formulation and growth of cereals, pulses, oilseeds and vegetable crops. *Sustainable Environment Research* 30, 10. doi:10.1186/s42834-020-00051-x
- Näser, D., 2020. *Regenerative Landwirtschaft*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- NLR-Viken, 2020. Flatekompostering – metode for bedring av jordhelse og heving av organisk innhold i matjord.
- Olle, Margit, Williams, I., 2015. The Influence of Effective Microorganisms on the Growth and Nitrate Content of Vegetable Transplants. *Journal of Advanced Agricultural Technologies* 2. doi:10.12720/joat.2.1.25-28
- Olle, M., Williams, I.H., 2015. Effective microorganisms and their influence on vegetable production – a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 88, 380–386. doi:10.1080/14620316.2013.11512979
- Parlamentsnachrichten, D.B.-, 2022. Bundesregierung begründet Verbot von Glyphosat. Ernährung und Landwirtschaft/Antwort (hib 100/2022) [WWW Document]. Deutscher Bundestag, Parlamentsnachrichten. URL <https://www.bundestag.de/presse/hib/kurzmeldungen-883606> (accessed 1.13.23).
- Paul, E.A., 2015. *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry*, 4th ed. Academic Press. doi:10.1016/c2011-0-05497-2
- Raman, J., Kim, J.-S., Choi, K.R., Eun, H., Yang, D., Ko, Y.-J., Kim, S.-J., 2022. Application of Lactic Acid Bacteria (LAB) in Sustainable Agriculture: Advantages and Limitations. *International Journal of Molecular Sciences* 23, 7784. doi:10.3390/ijms23147784
- Sigstad, E.E., Schabes, F.I., Tejerina, F., 2013. A calorimetric analysis of soil treated with effective microorganisms. *Thermochimica Acta* 569, 139–143. doi:10.1016/j.tca.2013.07.007
- Soysal, A., Ozturk, H.H., 2023. Energy Saving Measures for Soil Tillage. *European Journal of Agriculture and Food Sciences* 5, 1–4. doi:10.24018/ejfood.2023.5.1.590
- Ulén, B., Aronsson, H., Bechmann, M., Krogstad, T., Øygarden, L., Stenberg, M., 2010. Soil tillage methods to control phosphorus loss and potential side-effects: a Scandinavian review. *Soil Use and Management* 26, 94–107. doi:10.1111/j.1475-2743.2010.00266.x
- Valarini, P.J., Alvarez, M.C.D., Gascó, J.M., Guerrero, F., Tokeshi, H., 2002. Integrated evaluation of soil quality after the incorporation of organic matter and microorganisms. *Brazilian Journal of Microbiology* 33, 35–40. doi:10.1590/s1517-83822002000100007
- Ward, R., 2020. *Haney Test Interpretation Guide v1.0*.

Bildeliste

Bilde 1. Forsøksfeltet på Ormo den 29. april 2022. Bildet viser hvordan underkulturen så ut like før overflatekompostering. Foto: Vibhoda Holten.	11
Bilde 2. Nærbilde av underkulturen den 29. april 2022, like før overflatekompostering. Foto: Vibhoda Holten.	11
Bilde 3. Overflatekompostering av underkulturen den 1. mai 2022 med beitepusser foran) og biofres bak. Samtidig tilføres urtefermentet Terra Biosa Foto: Dag Molteberg.	12
Bilde 4. Jordprøvetaking den 5. mai etter overflatekompostering. Foto: Vibhoda Holten.	16
Bilde 5. Det er en tydelig fresaåle den 5. mai etter overflatekomposteringa 1. mai. Det er løs tørr jord på toppen, og fuktigere og fastere jord under. En kan se at en del av underkulturen ikke har blitt skåret av ved overflatekomposteringa. Foto: Vibhoda Holten.	16
Bilde 6. Byggåkeren på forsøksfeltet 1. juni. Foto: Vibhoda Holten.	17
Bilde 7. Jordvedheng ("rotpels") på byggplantene den 1. juni. Behandlet med urteferment (Biosa): rute 1, 3, 6 og 7. Ikke behandlet rute 2, 4, 5 og 8. Foto: Vibhoda Holten.	25
Bilde 8. Vurdering av jordluft 5. mai på forsøksfeltet. Foto: Sissel Hansen.	28
Bilde 9. Byggåkeren på forsøksfeltet 5. juli. Foto: Vibhoda Holten.	29
Bilde 10. Forsøksfeltet ved tresking 28. august 2022. En kan se gjennomvekst av rødkløver fra fjorårets underkultur som ikke ble godt nok avskåret ved overflatekompostering i mai. Foto: Dag Molteberg.	31
Bilde 11. Storsekker med bygg til veiing og måling etter tresking av forsøksrutene. Foto: Dag Molteberg.	31

Tabelliste

Tabell 1. Oversikt over feltoperasjoner på forsøksfeltet og tidspunkt og type prøveuttak fra forsøksrutene. VESS = Visual Evaluation of Soil Structure; mineralsk N (nitrat og ammonium); mikroskopering er en manuell mikroskopimetode for å undersøke jordbiologi (bakterier, sopp og protozoer); Haney = Haney Soil Health Assessment; microBIOMETER er en bildeanalyse som indikerer mengde bakterier, sopp og mikrobielt karbon; Solvita-test analyserer jordrespirasjon (CO ₂).	15
Tabell 2. Undersøkelse av jordmikrobiologien før (29. april) og etter overflatekompostering (5. mai) med og uten bruk av Biosa. Mikroskopering av jorda etter SoilFoodWeb-metodologien er brukt som metode. Benevnelsen er mikrogram (µg) biomasse per gram jord.....	19
Tabell 3. Rutenr, behandling, rutestørrelse (lengde, bredde, areal), råvekt, fuktinnhold, tørrstoffvekt, avling justert til 15 % og avling i kg korn med 15% tørrstoff per daa for behandling med og uten Biosa for enkeltruter og antall prøver (N), gjennomsnitt og standardavvik for hver behandling og ANOVA-test som viser signifikansnivå.....	30
Tabell 4. Multiple regresjonsmodeller for mikrobielt karbon Totalt, Fungi (sopp) og Bakt (bakterier) med utvalgte statistiske verdier.	48

Figurliste

- Figur 1. Pourbaixdiagram for nitrogen (N) som viser de ulike N-formene i ei 100 μM løsnings ved 25 °C som funksjon av Eh (i V) og pH (diagram fra (Husson, 2013))..... 7
- Figur 2. Middeltemperatur og nedbør (mm) per døgn i perioden 1. april til 30. september på værstasjonen Øsaker, Sarpsborg, Viken, ca 15 km nordvest for forsøksfeltet. Kilde: NIBIO, landbruksmeteorologisk tjeneste, <https://lmt.nibio.no/stationinfo/118/> 9
- Figur 3. Døgngrader og nedbørsum for værstasjonen Øsaker, Sarpsborg, Viken, ca 15 km nordvest for forsøksfeltet i vekstsesongen 2022. 10
- Figur 4. Utlegg og størrelse av forsøksrutene. Se Figur 4 for plassering av forsøksfeltet på gården. Det var også en 16-17 m bred kantsone i sør som inngikk i forsøksfeltet slik at det totalt utgjorde 60*117 m = ca 7 daa. 13
- Figur 5. Plassering av feltforsøket. Forsøket hadde to behandlinger (med og uten urteferment - Terra Biossa) og fire gjentak..... 13
- Figur 6. Mikrobielt karbon totalt, for bakterier (Bakt) og for sopp (Fungi) for alle forsøksruter på de ulike uttakstidspunkt satt opp som diskrete verdier (mikrogram mikrobielt gram per gram jord - $\mu\text{g/g}$ jord). Røde symboler og linjer er ruter med Biossa (10 L/daa) og blå er uten Biossa (0 L/daa). Heltrukne linjer (øverst) er for total mengde mikrobielt karbon, grove stiplede linjer for bakterielt karbon (midten) og fine stiplede linjer er for karbon i sopp (nederst). Verdier for mikrobielt karbon er vist langs Y-aksen. Overflatekompostering er forkortet OFK. 21
- Figur 7. Mikrobielt karbon totalt, for bakterier (Bakt) og for sopp (Fungi) for alle forsøksruter på de ulike uttakstidspunktene satt opp som dato (kontinuerlig verdi)..... 22
- Figur 8. Enveis variansanalyse med tidspunkt som x-variabel og med HSD Tukey-Kramer test viser at MBK Totalt, for sopp (Fungi) og for bakterier (Bakt) er nær identiske for de tre første uttakene og deretter økende. Data er fra både behandlede og ubehandlede forsøksruter. Det er signifikant forskjell mellom uttak 1-3 og uttak 4-5 for alle responsvariablene. 1. Før OFK: 29. april; 2. Etter OFK: 5. mai; 3. Før gjødsling: 1. juni; 4. Etter gjødsling: 6. juni; 5. Etter tresking: 20. september. OFK = overflatekompostering. 23
- Figur 9. De statistiske modellene 17-19 for MBK (mikrobielt karbon) Totalt (A), Fungi (B), og Bakt (C) visualisert som samspillsplott for diskontinuerlige tidsvariabel (Tidspunkt2) redusert til to grupper. 24
- Figur 10. Intervallplot av mikrobielt aktivt karbon (%MAC) i jorda behandlet med Biossa og ubehandlede ruter 29. april (før overflatekompostering), 5. mai og 1. juni. %MAC er hvor mye av det vannekstraherte organiske karbonet (WEOC) som har blitt brukt av jordmikrobene, målt som jordrespirasjon ($\text{CO}_2\text{-C}$). Verdiene kommer fra Haney Soil Health Assessment. De loddrette linjene viser 95% konfidensintervall. Der linjene overlapper er det ikke signifikant forskjell..... 26
- Figur 11. Mengde nitrat (NO_3^-) og ammonium (NH_4^+) (mg/kg tørr jord) i forsøksruter med og uten tilsetning av Biossa. 29. april er før behandling, og 5. mai og 1. juni er etter behandling. De loddrette linjene viser 95% konfidensintervall. Der linjene overlapper er det ikke signifikant forskjell..... 27
- Figur 12. Modellene 2-4 for MBK (mikrobielt karbon) Totalt (A), Fungi (B), og Bakt (C) visualisert som samspillsplott for diskontinuerlige tidsvariabel (tidspunkt). 49
- Figur 13. Modellene 8-10 for MBK (mikrobielt karbon) Totalt (A), Fungi (B), og Bakt (C) visualisert som samspillsplott for kontinuerlig tidsvariabel (vekstdøgn). 50

Vedlegg

Vedlegg 1 – Detaljert beskrivelse av undersøkelsene

- **Jordstrukturen** før oppstart av forsøket ble karakterisert den 29. april ved hjelp av visuell vurdering av jorda i felt (VESS-score - Visual Evaluation of Soil Structure (Ball m.fl., 2007)). I tillegg ble det gjort sensoriske observasjoner av jorda hvor vi bedømte relativ forskjell mellom jorda i forsøksrutene med en karakter fra 1 (dårligst) til 5 (best): overflate, lukt, farge, gryn, røtter, fasthet og varmefornemmelse ble bedømt etter følgende kriterier. Overflate – fra gjenslemmet til åpen; Lukt – fra god frisk lukt til dårlig/lite lukt (disse luktene ble notert: søtlig, mineralisk, kjellerlukt); Farge – i) fra lys til mørk; ii) dybde på mørkfaring; iii) uensartet til ensartet fargeforløp; Grynstruktur – i) fra ingen gryn til runde gryn; ii) dybde på grynstruktur; Røtter – i) dybde, ii) skjeve til rette røtter, iii) nakne røtter til mye jordvedheng (rotpels); Fasthet – kompakt til løs; og Varmefornemmelse – kald til varm. Profildypet som ble undersøkt var ca 20 cm. På to av forsøksrutene ble jordstrukturen undersøkt både der det i september 2021 ble dybdeløsnet ned til ca 25 cm og der det ikke hadde blitt løsnet. Se Vedlegg 8 for skjema som ble brukt for sensorisk observasjon av jorda. Den 5. mai ble det gravd ei grøft som var ca 1 m bred og 30 cm dyp. Lukt, farge, gryn, røtter, fasthet og varmefornemmelse ble bedømt etter de samme kriteriene som 29. april. Siden det ved overflatekompostering bare ble frest ned til ca 3 cm dyp, ble det 5. mai kun gjort ei bedømming av lukta i den løse jorda i overflata som hadde blitt frest.
- Effekten på **jordbiologien** ble undersøkt ved hjelp av **mikroskopering** av jordmikrobiologien med Soil Food Web-metodikken utført av norsk Soil Food Web-sertifisert laborant (Ingrid Gauslaa Hårstad). Jordprøvene ble sendt med ekspresspost og kjølt ned fram til analyse rundt fem dager etter uttak. Når jordprøven mottas, blir den blandet godt før en tar ut 1 ml jord til undersøkelsen. Jorda tas fra ulike steder i den innsendte jordprøven. Romtemperert mineralvann brukes til fortynning. 1 ml jordprøve blandes med 4 ml vann. Ved behov økes fortynningen. Så ristes prøven etter standard prosedyre i 30 sekund. Etter 15 sekunder tas noen dråper ut fra øvre del av prøven, rett under «flytelaget». Én dråpe plasseres på objektglass og dekket med dekkglass. Det påses at prøven er jevnt fordelt. Tre standardundersøkelser gjennomføres med mikroskopet på følgende måte:
 1. *Nematodescanning*: Hele arealet under dekkglasset kontrolleres for tilstedeværelse av levende nematoder. Ved funn bestemmes type (bakteriespiser, soppspiser, rotspiser, rovdyr eller omnivor) med bakgrunn i munnparti.
 2. *Hovedundersøkelse*: 25 synsfelter på prøven (fem felt fordelt på fem ulike rader) undersøkes for levende protozoer (amøber, flagellater og ciliater). Filamentlignende organismer (sopp, oomyceter, aktinobakterier) registreres og måles (lengde, bredde og farge). Ulike bakterieformer registreres.
 3. *Bakterietelling*: Det lages en fortynning som gjør det mulig å telle om lag 30 bakterier innenfor 1, ½ eller ¼ del av synsfeltet. Det gjennomføres fem tellinger, fra midten og fra hvert hjørne av prøven.

All teknisk informasjon om mikroskop, prøve, prøveutstyr og resultater fra mikroskopering noteres i sMap som er SoilFoodWeb sitt analyseprogram, som bygger på Elaine Inghams arbeid med suksesser i jordas næringsnett (SoilFoodWeb) (Ingham m.fl., 1989). I tillegg noteres inn ulike visuelle betraktninger av prøven som konsistens og farge, og evt. påfallende lukt etc. Eventuelle sykdomsfremkallende bakterier noteres. sMap lager rapporter med utgangspunkt i hva en ønsker å dyrke i jorda som undersøkes. Rapporten er todelt, med estimat av positive mikroorganismer og sopp-bakterieforholdet, og estimat av negative mikroorganismer. Resultatene sammenlignes med SoilFoodWeb School sine anbefalte verdier for de ulike mikroorganismene og programmet genererer kommentarer knyttet til hver mikroorganismegruppe.

- I tillegg undersøkes biologisk aktivitet, mikrobielt tilgjengelige næringsstoff og aggregatstabilitet ved hjelp av **Haney Soil Health Assessment (SHA)** ved Ward Laboratories, Inc., USA (www.wardlab.com). Haney Soil Health Assessment kombinerer biologiske, kjemiske og fysiske jordanalyser for å si noe om både jordhelse og næringsstofftilgjengeligheten. Testen omfatter følgende analyser: pH (H₂O), ledningsevne, glødetap, jordrespirasjon (CO₂-C); *vannekstrahert*: total-N, organisk N og total organisk C; *H3A-ekstrahert* (Haney m.fl., 2006, 2018): nitrat (NO₃-N), ammonium (NH₄-N), uorganisk P, organisk P, K, Zn, Fe, Mn, Cu, S, Ca, Mg, Na og Al. Følgende verdier blir kalkulert: mikrobielt aktivt karbon (MAC), organisk C / organisk N, organisk N / uorganisk N, organisk N-frigjøring, organisk N-reserve, organisk P-frigjøring og organisk P-reserve. Jordhelse blir også kalkulert og gitt en score. I tillegg gis det ei grønngjødselanbefaling med forhold mellom belgvekster og gras.
- **Mikrobielt karbon** er målt med **microBIOMETER**[®] som er et analysesett med utstyr og kjemikalier (salter), og der en ved hjelp av foto og bildebehandling med egen smarttelefon gjør analysen. Metoden rapporterer mengde karbon som er knyttet til mikrobielt levende materiale i en jordprøve, fordelt på total mengde, andel knyttet til sopp (fungi) og andel knyttet til bakterier. Total mengde er summen av mengden for sopp og bakterier. Måleenhet er µg/g jord eller ppm. Rapporten gir også sopp-bakterieforholdet. Analysen foregår ved at en representativ del av jordprøven såldes gjennom en liten sikt (1-2 mm åpning). Deretter tas det ut 0,5 ml jord av den siktede prøven. I et reagensrør røres en liten pose salt (NaCl og CaCl₂) ut i 9,5 ml vann. Deretter tilsettes den klargjorte jordprøven (0,5 ml) som røres ut med medfølgende visp i 30 sek. Reagensrøret står så i ro i 5 min, dunkes deretter lett mot en hard flate 3-4 ganger og står i ro ytterligere 15 minutter. Da har jordpartikler sunket til bunns og det er bare levende sopp og bakterier igjen i vannfasen. Med en pipette tas det ut en liten mengde av vannet og tre dråper dryppes på et eget analysekort. Med en egen app tas det bilde av kortet mot en medfølgende bakgrunn, og en får rapporten fram på smarttelefonen. Metoden er kalibrert og validert mot mikroskopitester. Jordprøver til microBIOMETER-analyse ble tatt ut fem gange i løpet av sesongen. Se nettsiden for mer informasjon <https://microbiometer.com/>.
- Effekten på jordmikrobiologien ble også undersøkt i felt ved å se på mengde **jordvedheng** («rotpels») rundt bygggrøttene ved 2-3-bladstadiet (Zadoks 12-13) den 1. juni. Mengde rotpels ble vurdert visuelt ved å se på tykkelse og lengde av jordvedhenget rundt røttene etter at løs jord

hadde blitt ristet forsiktig av og plantene lagt på et hvitt papir hvor planter fra ulike ruter ble sammenlignet.

- **Jordrespirasjon (Solvita-test)** ble registrert som fargeforandring på testkort (<https://solvita.com/fieldtest/>). Jordprøver som var oppbevart tett og kjølig ble siktet (4 mm) og 90 g jord fra hver prøve ble veid opp og overført til hvert sitt prøveglass på 475 ml. Det ble satt tette lokk på glassene med jord og testkort, og etter 24 timer i klimaskap ved 20°C ble farge på testkortene avlest. Ved hjelp av et spektrofotometer fra Solvita ble fargene i de reaktive feltene på skiltene omgjort til en digital verdi som ble konvertert til en tallverdi for gasstrykket av CO₂ i prøveglasset (SCO₂_ppm CO₂-C).
Jordrespirasjonen (Solvita) kan variere mellom nesten null til 1000 ppm CO₂-C, men det meste av jordbruksjord er degradert og har typisk ikke verdier over 200 ppm (Ward, 2020). Verdier på 51-70 ppm CO₂-C blir rangert som noe over gjennomsnitt og viser et moderat potensial for mikrobiell aktivitet. Her kan nitrogengjødslinga kanskje reduseres noe. Verdier på 71-100 ppm CO₂-C viser et godt potensial for mikrobiell aktivitet. Ei moderat nitrogenfrigjøring kan skje og nitrogengjødslinga kan typisk reduseres. Verdier på 101-200 ppm CO₂-C viser et høyt potensial for mikrobiell aktivitet. Mer karbontilførsel kan være nødvendig for å opprettholde den mikrobielle biomassen. Moderat til høy nitrogenfrigjøring kan skje tilgjengelige organiske nitrogenreserver, og nitrogengjødslinga kan reduseres betydelig (Ward, 2020).
- **Aktivt karbon (POX-C)**. POX-C karbon indikerer hvor stor andel av de organiske karbonforbindelsene i jorda som brytes lett ned (labilt karbon) og dermed kan påvirke mange egenskaper og biologisk aktivitet i jorda. POX-C karbon ble bestemt ved POX-C (permanganate oxidizable carbon (Islam m.fl., 2003). 2,5 g lufttørket jord siktet jord (2mm) ble tilsatt 20 ml 0,015 M KMnO₄ og 0,1 M CaCl₂ og ristet. Etter to minutt ble 0,5 mL av løsningen tilsatt 30 mL renset vann. Absorbansen i prøven ved 550 nm (Abs) ble bestemt ved Genesys 50 UV-Vis Spectrophotometer. POX-C karbon (mg C / kg lufttørket jord) = POX-C karbon i jord oksidert (mg) / tørr jord (kg).
- **Mengde mineralnitrogen i jorda (NO₃-N og NH₄⁺-N)** ble bestemt i KCl-ekstrakt av Eurofins (<https://www.eurofins.no/agro-testing>).
- **Vanninnhold, glødetap i jorda**. Tørrstoffinnholdet i jorda ble bestemt ved at ca 30 g jord ble tørket ved 105 °C. Fra dette ble vanninnholdet beregnet. Den tørre jorda ble så glødet ved 550°C og % glødetap ble bestemt. For å estimere moldprosent så korrigerer vi for vann bundet i leire ved å bruke korreksjonsfaktor for leirklasser 3 (% glødetap minus 2)).
- Effekten på **næringsstoffopptak** i kornet ble undersøkt ved hjelp av bladsaftanalyser som utføres av NovaCropControl, Nederland. Bladsaftanalyser viser 20 ulike parametere knyttet til planteernæring: pH, ledningsevne (EC), kalium, kalsium, klor, nitrat (NO₃⁻), ammonium (NH₄⁺), totalnitrogen (total-N), natrium, magnesium, svovel, fosfor, jern, mangan, sink, bor, kobber, molybden og aluminium. Dette ble gjort to ganger ved vegetativ vekst av kornet: i) ved 1-2-bladstadiet den 1. juni, og ii) ved busking den 15.juni. Det tredje runden med bladsaftanalyser ble ikke gjennomført pga. liten forskjell mellom behandlingene ved bladsaftuttak en og to. Det ble

tatt ut rundt 30 g blad fra de unge kornplantene fra hver forsøksrute som ble sendt inn over natta til NovaCropControl.

- Effekten på **avling** ble undersøkt ved hjelp av avlingsregistrering (kg/daa) med gårdens egen skurtresker (Sampo Rosenlew 2045 Classic). Før forsøksrutene ble tresket, ble mellomrommene mellom rutene tresket, slik at arealet av forsøksrutene ble riktig. Hver rute ble deretter målt opp i lengde og bredde (to målinger i hver retning) med målebånd og areal beregnet. Skurtreskeren ble kjørt helt tom mellom skurtresking av hver enkelt forsøksrute for å få mest mulig riktig registrering av avling. Kjørehastighet og innstillinger var lik for alle ruter (4 km/t, 1300 omdr. slagerhastighet, 700 i luftmengde). Mengden korn fra hver rute ble tømt over i storsekk direkte fra tresker og veid med kranvekt (nøyaktighet 0,5 kg) og vekt av tom sekk ble trukket fra (1 kg). Prøve av korn fra hver rute ble analysert for fuktighetsinnhold med fuktighetsmåler (Wile 55). Avlingen ble justert til 15 % fukt og tørrstoff ble så beregnet. Det ble også gjort tilsvarende avlingsregistrering på Bastuløkka Sør hvor det ble dyrket konvensjonelt bygg. I tillegg ble totalavling på hele forsøksfeltet registrert ved å anslå volumet av tresket bygg i tilhenger etter % fyllingsgrad. Dette gjøres som standard for alt tresket korn på gården.

Vedlegg 2 – Karakterisering av jorda på forsøksfeltet

Jorda i hver av de åtte forsøksrutene, og et konvensjonelt referanseskifte på Ormo, ble karakterisert ved hjelp av VESS-metodikken for jordstruktur, og ved sensoriske observasjoner som beskrevet ovenfor (se Tabell X nedenfor). I september 2021 ble jorda på skiftet hvor forsøksfeltet ble anlagt dybdeløsnet ned til ca 25 cm dybde med en HeVa Combi-Tiller dybdeløsner (grubb) med tannavstand 90 cm. Jordkarakteriseringa ble på to av rutene gjort på både løsnet og ikke-løsnet jord.

I blokk 1 (rute 1-4) var jordstrukturen bedre (VESS-score fra 1,50 til 1,91) der jorda var dybdeløsnet, mens jorda i blokk 2 (rute 5-8) hadde en dårligere jordstruktur (VESS-score fra 2,08 til 2,33) der den var dybdeløsnet. I rute 4 og 8 ble jorda som ikke var dybdeløsnet også undersøkt. Jordstrukturen der det ikke var løsnet var betydelig dårligere enn der det var løsnet. VESS-scoren i rute 4 var 1,83 (løsnet) mot 2,41 (ikke løsnet) og i rute 8 2,00 (løsnet) mot 2,70 (ikke løsnet).

Jordlukta var generelt søtere og sterkere på toppen av profilet i alle ruter, og svakere og mindre på bunnen (ca 20-30 cm dyp). Rundt raigrasrøttene var lukta søtlig, mens lukta rundt kløverrøttene luktet «kjeller». På det konvensjonelle referanseskiftet (Bastuløkka Sør) var det nesten ikke jordluft i det hele tatt.

Jordfargen var lik i alle ruter (score 3), unntatt ei rute (rute 4, ikke løsnet). Dybden på mørkfaringa (matjordlaget) gikk ned til 26-31 cm i rutene, og fargeforløpet i matjordlaget var helt ensartet. Grynstrukturen (biologiske aggregater) fikk score 4 (av 5) og var til stede i de øverst 9 cm der det ikke var dybdeløsnet. Under 9 cm var det ingen grynstruktur. Der det var dybdeløsnet var det grynstruktur ned til 20 cm. Røttene til den eksisterende underkulturen gikk ned til 26-31 cm der det var dybdeløsnet, men bare ned til 22-23 cm der det ikke var løsnet. Det var likt hvordan røttene vokste i profilet, og graden av jordvedheng («rotpels») på røttene var også lik.

Jorda var relativt løs (score 4) der det var dybdeløsnet, og mer kompakt der det ikke var løsnet (score 2). Varmefornemmelsen av jorda var lik i alle ruter.

Jorda i rute 1 fikk den beste VESS-scoren med 1,50. Ellers var jordstrukturen i alle prøverutene relativt homogen, men generelt bedre i blokk 1 (rute 1-4) enn i blokk 2 (rute 5-8).

Tabell X. Visuell og sensorisk karakterisering av Jorda og jordstrukturen i forskerutene, og i et referanseskifte på Ormo, den 29. april 2022. Rute 4 og rute 8 ble både dybeløst og ikke dybeløst jord karakterisert.

			Sensoriske observasjoner (karakter 1-5 hvor 5 er best)														
Rute nr	Bløkk	Skitte	Dybeløsting sepr. 2021	VESS score	Overflata	Lukt	Farge	Gryn	Røtter	Fasthet	Varme-	Risere	Karbonat	Merknader			
					glenslemmet til åpen	nye (god) til lite	Dyde på nærkanten (radfordigen) til ensartet	Ingen gryn til runde gryn	Dybde (cm)	Sklive- rette	Naken- jordvedheng	Kompakt til løs	Kald til varm	Ikke gjennomført	Ikke gjennomført		
Rute 1	1	Moddal	løstnet	1,50	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Løs, fin jord
Rute 2	1	Moddal	løstnet	1,91	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Rute 3	1	Moddal	løstnet	1,66	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Rute 4	1	Moddal	løstnet	1,83	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Rute 4	1	Moddal	ikke løstnet	2,41	3	2	4	4	9	22	3	2	2	2	2	2	
Rute 5	2	Moddal	løstnet	2,33	3	3	3	3	31	31	3	3	3	3	3	3	
Rute 6	2	Moddal	løstnet	2,08	3	2	3	30	5	26	3	3	3	3	3	3	Halmrester
Rute 7	2	Moddal	løstnet	2,16	3	3	3	29	5	29	3	3	3	3	3	3	Mye røtter ned til omdannet halm, ned til 12-13 cm. Noe halmrester.
Rute 8	2	Moddal	løstnet	2,00	3	3	3	30	5	27	3	3	3	3	3	3	
Rute 8	2	Moddal	ikke løstnet	2,70	3	3	3	31	5	23	3	2	2	2	2	2	Mye røtter ned til 15-16 cm
Konv. 1	-	Bastulokka Sør	pløyd	2,25	-	1	-	29	-	-	-	-	-	-	-	-	Referanseskifte med finsand. Halmstubb gjennom vinteren, pløyd ca 15. april. Mye halmrester.

Vedlegg 3 – Prøver av mikrobielt karbon (MBK) med microBIOMETER

Tidspunkt	Rute nr	Blokk	Dato uttak	Vekst-døgn	Biosa l/da	MBK Totalt	Andel Fungi	MBK Fungi	MBK Bakt
1. Før OFK	1	Nord	29.04.2022	9	10	311	37 %	115	196
1. Før OFK	2	Nord	29.04.2022	9	0	267	32 %	85	182
1. Før OFK	3	Nord	29.04.2022	9	10	289	35 %	101	188
1. Før OFK	4	Nord	29.04.2022	9	0	239	30 %	72	167
1. Før OFK	5	Syd	29.04.2022	9	0	300	36 %	108	192
1. Før OFK	5	Syd	29.04.2022	9	0	313	37 %	116	197
1. Før OFK	6	Syd	29.04.2022	9	10	243	32 %	78	165
1. Før OFK	7	Syd	29.04.2022	9	0	268	33 %	88	180
1. Før OFK	8	Syd	29.04.2022	9	10	314	37 %	116	198
2. Etter OFK	1	Nord	05.05.2022	15	10	289	35 %	101	188
2. Etter OFK	2	Nord	05.05.2022	15	0	309	36 %	111	198
2. Etter OFK	3	Nord	05.05.2022	15	10	254	32 %	81	173
2. Etter OFK	4	Nord	05.05.2022	15	0	298	36 %	107	191
2. Etter OFK	5	Syd	05.05.2022	15	0	248	32 %	79	169
2. Etter OFK	6	Syd	05.05.2022	15	10	237	31 %	73	164
2. Etter OFK	7	Syd	05.05.2022	15	0	321	38 %	122	199
2. Etter OFK	8	Syd	05.05.2022	15	10	303	36 %	109	194
2. Etter OFK	5	Syd	05.05.2022	15	0	348	39 %	136	212
3. Før gjødsling	1	Nord	01.06.2022	42	10	311	37 %	115	196
3. Før gjødsling	2	Nord	01.06.2022	42	0	267	32 %	85	182
3. Før gjødsling	3	Nord	01.06.2022	42	10	289	35 %	101	188
3. Før gjødsling	4	Nord	01.06.2022	42	0	239	30 %	72	167
3. Før gjødsling	5	Syd	01.06.2022	42	0	313	37 %	116	197
3. Før gjødsling	6	Syd	01.06.2022	42	10	243	32 %	78	165
3. Før gjødsling	7	Syd	01.06.2022	42	0	268	33 %	88	180
3. Før gjødsling	8	Syd	01.06.2022	42	10	314	37 %	116	198
4. Etter gjødsling	1	Nord	06.06.2022	47	10	480	48 %	230	250
4. Etter gjødsling	2	Nord	06.06.2022	47	0	413	44 %	182	231
4. Etter gjødsling	3	Nord	06.06.2022	47	10	446	46 %	205	241
4. Etter gjødsling	4	Nord	06.06.2022	47	0	333	38 %	127	206
4. Etter gjødsling	5	Syd	06.06.2022	47	0	469	47 %	220	249
4. Etter gjødsling	6	Syd	06.06.2022	47	10	320	37 %	118	202
4. Etter gjødsling	7	Syd	06.06.2022	47	0	334	39 %	130	204
4. Etter gjødsling	8	Syd	06.06.2022	47	10	304	36 %	109	195
5. Etter tresking	1	Nord	20.09.2022	153	10	619	55 %	340	279
5. Etter tresking	1	Nord	20.09.2022	153	10	587	54 %	317	270
5. Etter tresking	2	Nord	20.09.2022	153	0	434	46 %	200	234
5. Etter tresking	3	Nord	20.09.2022	153	10	461	47 %	217	244
5. Etter tresking	4	Nord	20.09.2022	153	0	422	44 %	186	236
5. Etter tresking	5	Syd	20.09.2022	153	0	377	42 %	158	219
5. Etter tresking	6	Syd	20.09.2022	153	10	365	41 %	150	215
5. Etter tresking	7	Syd	20.09.2022	153	0	371	41 %	152	219
5. Etter tresking	8	Syd	20.09.2022	153	10	402	44 %	177	225

Vedlegg 4 – Detaljerte resultater av mikrobielt karbon målt med microBIOMETER

Statistisk analyse av microBIOMETER-dataene

Den statistiske analysen tar utgangspunkt i den generelle modell 1, se kapittel 0, for å undersøke hvordan status for mikrobielt karbon endres med tiden, og om nivået påvirkes av behandling med Biosa på noen av tidspunktene. Ut fra Figur 6 og Figur 7 kan det se ut som om effekten av Biosa blir større over tid, særlig Figur 7 indikerer dette. Kurvene som indikerer utviklingen med og uten Biosa totalt, for sopp (fungi) og for bakterier ser også ut til å være temmelig lineære og kan dermed beskrives i form av en rett linje ($a+b*x$) der x er en kontinuerlig tidsvariabel. Lykkes en i å finne en god nok modellbeskrivelse med så få modellparametere som mulig kan en lettere påvise om påvirkning fra Biosa er signifikant (sannsynlighet P for feil ved å hevde forskjell er mindre enn 5 %). Ulike modeller ble dermed bygget opp både ut fra en diskret (tidspunkt) og en kontinuerlig (vekstdøgn) tidsvariabel og et sammendrag av disse er oppsummert i Tabell 4. Det ble også laget forenklede modeller der bare de signifikante effektene er tatt med.

Tabell 4. Multiple regresjonsmodeller for mikrobielt karbon Totalt, Fungi (sopp) og Bakt (bakterier) med utvalgte statistiske verdier.

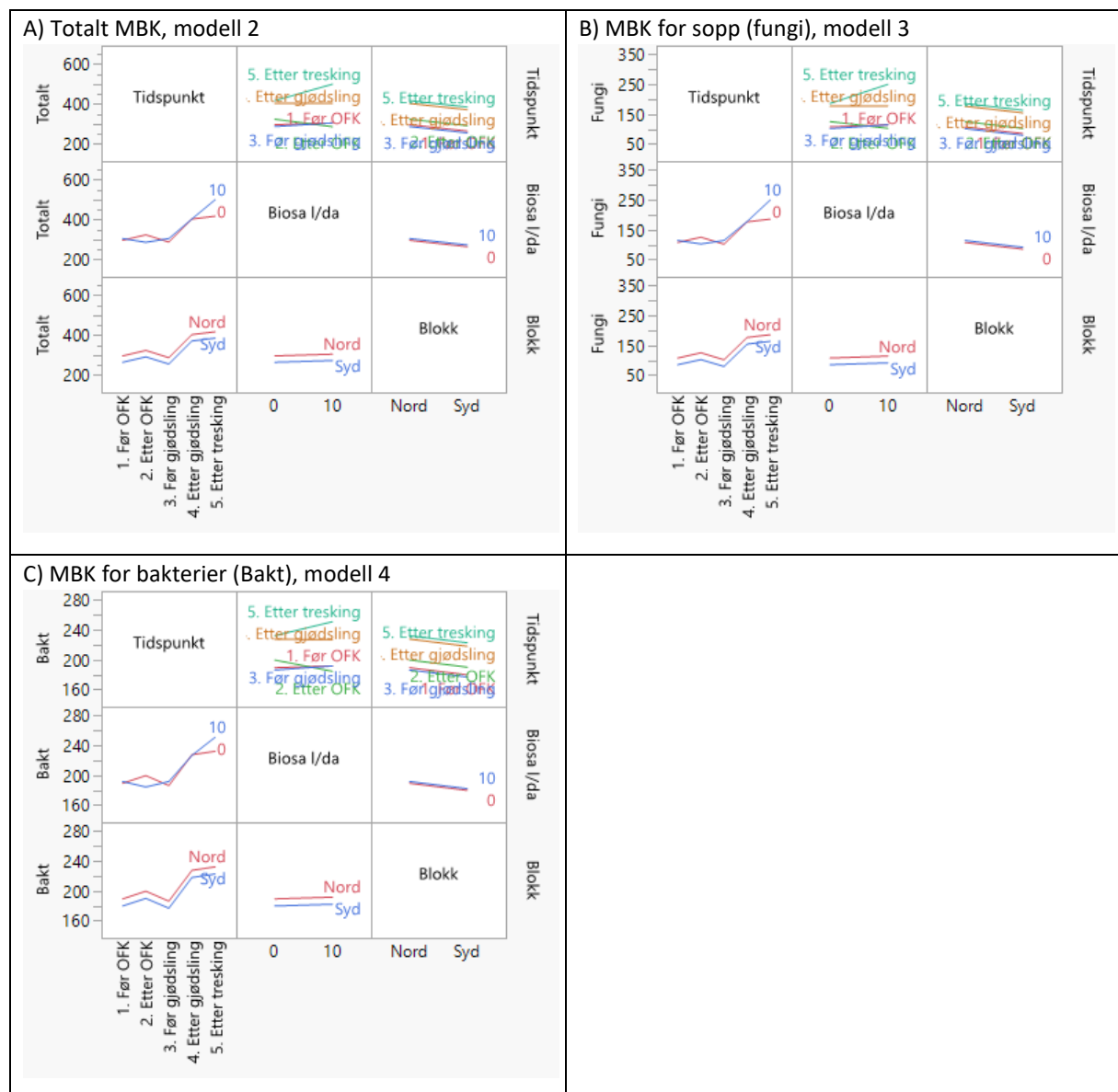
Modell	Y	Summary of fit, ANOVA					Effect test, Source				Tidsvariabel	
		R2-Adj	RMSE	I DF	Error DF	ANOVA Prob>F	Tids-variabel I	Biosa I/da	*Biosa I/da	Blokk	Variabeltype	Variabelnavn
2	MBK Total	61 %	56	10	32	<,0001	<,0001	0,4093	0,2761	0,0719	Diskret, 5 nivåer	Tidspunkt
3	MBK Fungi	60 %	39	10	32	<,0001	<,0001	0,3128	0,239	0,0704	Diskret, 5 nivåer	Tidspunkt
4	MBK Bakt	62 %	18	10	32	<,0001	<,0001	0,7079	0,3952	0,089	Diskret, 5 nivåer	Tidspunkt
5	MBK Total	57 %	59	4	38	<,0001	<,0001	ikke sign	ikke sign	ikke sign	Diskret, 5 nivåer	Tidspunkt
6	MBK Fungi	54 %	41	4	38	<,0001	<,0001	ikke sign	ikke sign	ikke sign	Diskret, 5 nivåer	Tidspunkt
7	MBK Bakt	60 %	18	4	38	<,0001	<,0001	ikke sign	ikke sign	ikke sign	Diskret, 5 nivåer	Tidspunkt
8	MBK Total	52 %	62	4	38	<,0001	<,0001	0,4492	0,0723	0,0989	Kontinuerlig	Vekstdøgn
9	MBK Fungi	53 %	42	4	38	<,0001	<,0001	0,4516	0,0483	0,0886	Kontinuerlig	Vekstdøgn
10	MBK Bakt	49 %	21	4	38	<,0001	<,0001	0,46	0,1731	0,1378	Kontinuerlig	Vekstdøgn
11	MBK Total	47 %	65	1	41	<,0001	<,0001	ikke sign	ikke sign	ikke sign	Kontinuerlig	Vekstdøgn
12	MBK Fungi	51 %	43	2	40	<,0001	<,0001	ikke sign	0,0357	ikke sign	Kontinuerlig	Vekstdøgn
13	MBK Bakt	47 %	21	1	41	<,0001	<,0001	ikke sign	ikke sign	ikke sign	Kontinuerlig	Vekstdøgn
14	MBK Total	70 %	49	4	30	<,0001	<,0001	0,0483	0,0295	0,1559	Diskret, 2 nivåer	Tidspunkt 2
15	MBK Fungi	69 %	35	4	30	<,0001	<,0001	0,0265	0,0202	0,1448	Diskret, 2 nivåer	Tidspunkt 2
16	MBK Bakt	69 %	16	4	30	<,0001	<,0001	0,1948	0,0858	0,2126	Diskret, 2 nivåer	Tidspunkt 2
17	MBK Total	69 %	50	3	31	<,0001	<,0001	0,0407	0,0308	ikke sign	Diskret, 2 nivåer	Tidspunkt 2
18	MBK Fungi	68 %	35	3	31	<,0001	<,0001	0,0223	0,0214	ikke sign	Diskret, 2 nivåer	Tidspunkt 2
19	MBK Bakt	69 %	16	3	31	<,0001	<,0001	0,1681	0,0858	ikke sign	Diskret, 2 nivåer	Tidspunkt 2

Modeller med alle tidspunkt

To typer modeller ble satt opp, der modell 2-7 bruker tidspunkt som en diskret tidsvariabel, og modell 8-13 bruker vekstdøgn som en kontinuerlig variabel. Det sees også på samspill mellom

tidspunkt og Biosabehandling. Vekstdøgn tilpasses da som en rett linje med mulighet for ulike stigningstall. For den diskrete tidsvariabelen i modell 2-4 betyr dette at det kreves i alt 10 parametere for å beskrive både hovedeffekt for tidsvariabel (4 parameter) og samspillseffekt mot Biosabehandling (4 parameter), samt Biosa alene (1 parameter) og Blokkeffekt alene (1 parameter). For modell 8-10 kunne antall parameter i modellen reduseres til 4.

For modell 2-4 er alle effekter med i modellen, selv om de ikke er signifikante. For modell 5-7 er ikke-signifikante effekter i modell 2-4 fjernet. Tilsvarende viser modell 11-13 resultatet der ikke-signifikante effekter er fjernet fra modell 8-10. I **Feil! Fant ikke referanse kilden.** er det vist hvordan den diskrete modellen ser ut (modell 2-4) og i figur 13, hvordan den kontinuerlige modellen ser ut (modell 8-10).



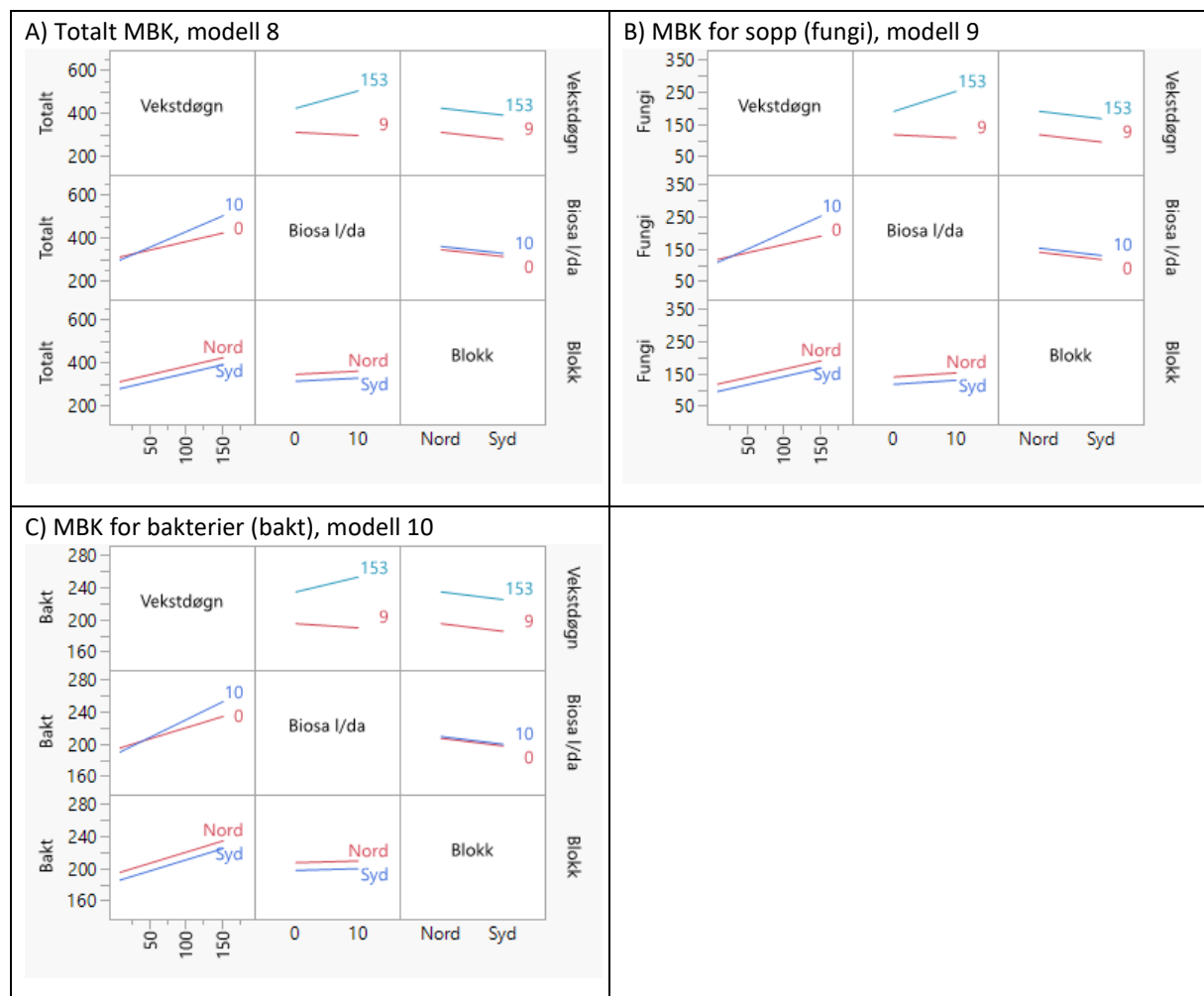
Figur 12. Modellene 2-4 for MBK (mikrobielt karbon) Totalt (A), Fungi (B), og Bakt (C) visualisert som samspillplott for diskontinuerlige tidsvariabel (tidspunkt).

Det er for alle modellene veldig tydelig at mikrobielt karbon (MBK) øker i løpet av vekstsesongen. Nivået er statistisk sett det samme for de tre første tidspunktene 29. april, 5. mai og 1. juni, mens det

er økende resten av sesongen. Dette gjelder både totalt, for sopp og for bakterier. Det er også kraftigere økning for sopp enn for bakterier. Typisk starter MBK for sopp på 100 µg/g jord i april-mai og ender på ca 210 µg/g i september. For bakterier er økningen mindre, fra ca 185 til 235 µg/g. Totalt MBK starter på 285 µg/g og ender på ca 450 µg/g.

De diskrete modellene 2-7 klarer ikke å vise at det er forskjell i mikrobielt karbon med og uten Biosa. Her er det heller ikke noen klar blokkeffekt, selv om P-nivået ligger på 7-9 % er det over 5 %-grensen og dermed ikke signifikant.

De kontinuerlige modellene 8-13 viser derimot klart tydeligere effekt også for behandling med og uten Biosa på slutten av sesongen. Det kan vises at MBK for sopp blir signifikant forbedret i løpet av vekstsesongen ($P=0,036$). Nivået er helt likt ved start april-mai (ca 100 µg/g), men i september er Biosabehandlede ruter på 237 µg/g og ikke-behandlede på 176 µg/g. Det kunne ikke vises signifikant effekt for bakterielt MBK og totalt MBK, men P-verdiene lå ganske nær signifikanskravet ($P = 0,17$ og $0,07$). Tallmessig kunne det her også sees en økt MBK-verdi for Biosabehandlede ruter. En ser av figur 13 at Biosabehandlede ruter (blå, 10 L/daa) stiger raskere enn referansene (røde, 0 L/daa). Blokkeffekten er også her svak som for modell 2-4.



Figur 13. Modellene 8-10 for MBK (mikrobielt karbon) Totalt (A), Fungi (B), og Bakt (C) visualisert som samspillsplott for kontinuerlig tidsvariabel (vekstdøgn).

Ut fra figur 12 kan en se at modellene 2-7 har høyere forklaringsgrad (R^2 -Adj) og lavere restvariasjon (RMSE) enn modellen 8-13, men til tross for det så klarer ikke modell 2-7 vise at Biosabehandlingen er signifikant. Dette skyldes at det brukes så mange parameter for å fastsette tidseffekten med samspill, samt at Biosaeffekten først blir synlig mot slutten av vekstsesongen. En rettlinjert modell basert på en kontinuerlig tidsvariabel basert på vekstdøgn nummer fanger altså opp dette bedre.

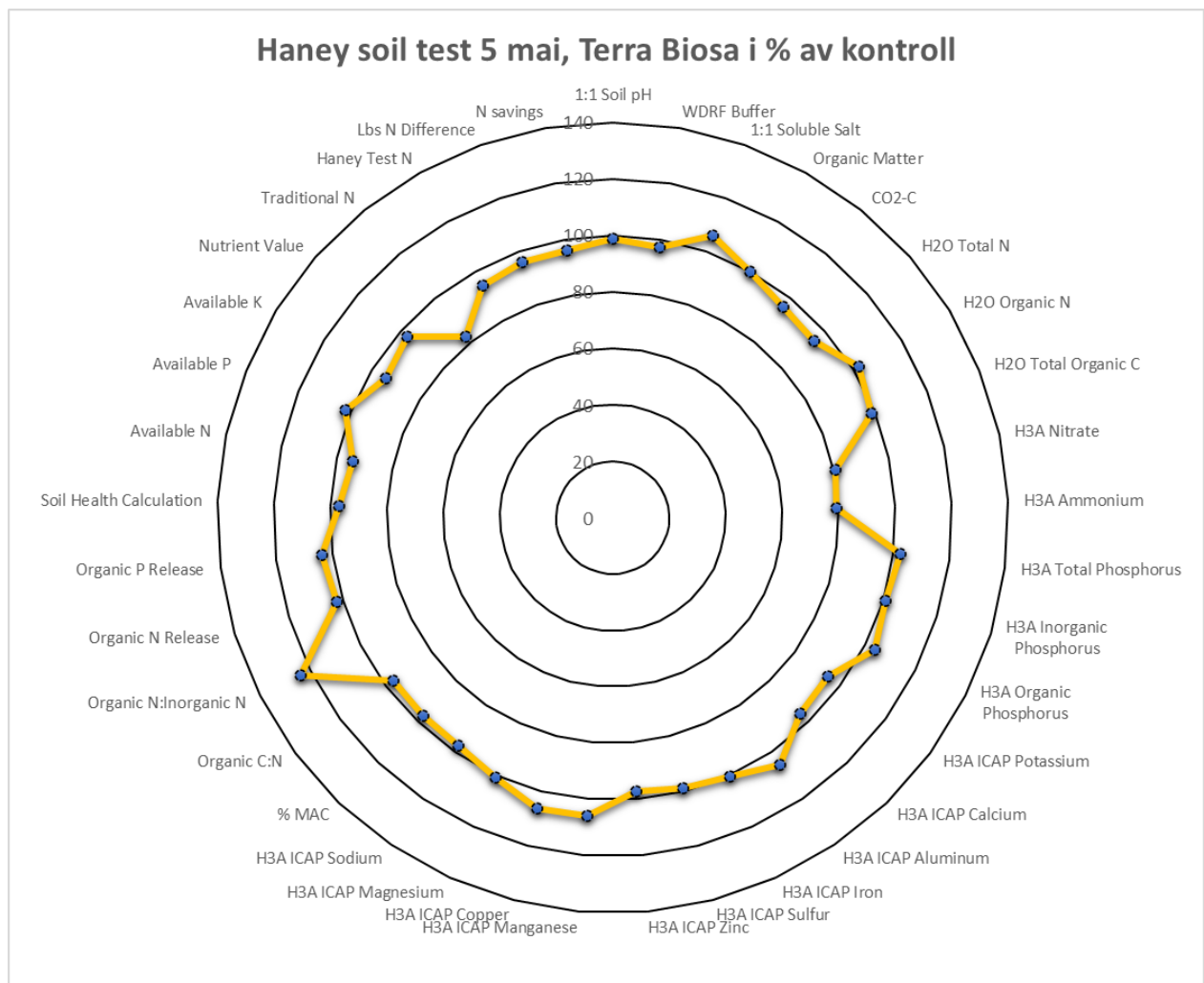
Modeller med redusert datamengde

For å kunne forbedre analysen av effekt av Biosa ble det laget et ytterligere sett modeller 14-19 som er vist i tabell 4. Her ble alle data for 29. april, 5. mai og 1. juni slått sammen til en felles gruppe kalt «Etablering». Data fra 6. juni ble utelatt. Data for 20. september ble beholdt i gruppen «Etter tresking». Disse to gruppene ble satt sammen til en ny tidsvariabel Tidspunkt 2. Deretter ble analysen gjentatt. Fordelen med denne analysen er at en får langt færre parametere som skal tilpasses, og en fokuserer mer på utgangspunkt og sluttresultat uten å bry seg så mye om hvordan mellomfasene ser ut.

For å vise at det er fornuftig å slå sammen de tre første uttakene er det i Figur 8, vist en enveis variansanalyse for MBK totalt, for sopp (Fungi), og bakterier (Bakt). Der ser en tydelig at de tre første uttakene er helt like, mens en har økende nivå for de to siste.

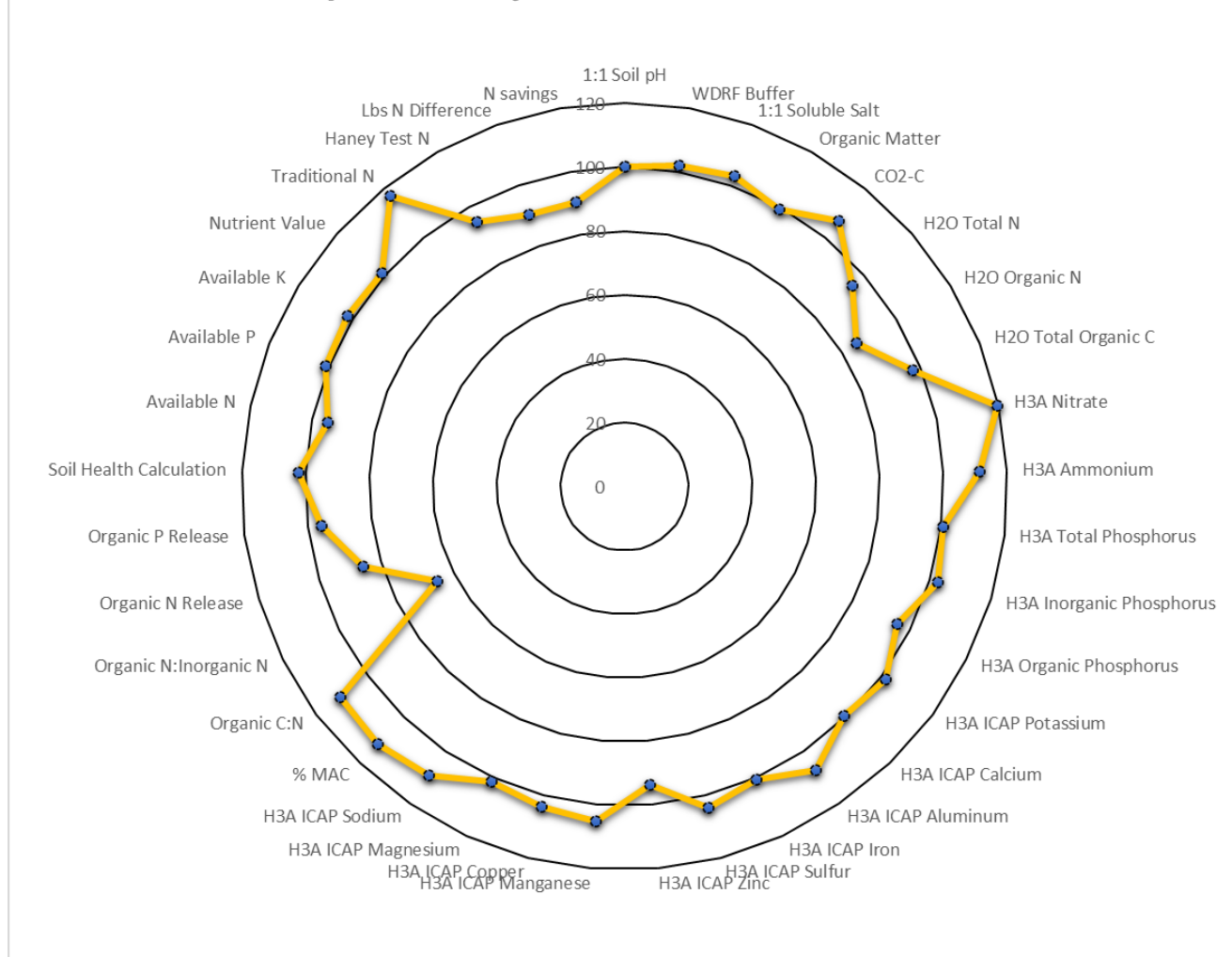
Resultatet av modell 14-19 i tabellen i Vedlegg 3 er at en får redusert restvariasjonen (RMSE synker) og øker forklaringsgraden for modellene, i forhold til modell 2-7 og 8-13. Det er også tydelig at behandling med Biosa er signifikant for både MBK totalt og for sopp (Fungi). For bakterier er effekten mindre og med $P=9\%$ er den ikke signifikant. Blokkeffektene er heller ikke signifikante. Men med et nytt forsøk der en hadde fokusert mer på effekt over hele sesongen og med noen flere datapunkter ville en kunne forvente signifikant effekt også her. I Figur 9 er modellene illustrert uten blokkeffekter.

Vedlegg 5 – Andre jordundersøkelser



Vedlegg 5. Figur 1. Radardiagrammet viser verdier for jordprøver tatt 5. mai fra ruter behandlet med Terra Biosa sammenlignet med jordprøver fra ubehandlede ruter for alle parametre i Haney Soil Test. Der verdien er lik 100 er det ingen forskjell. Dersom verdier er under 100, så er den gjennomsnittlige verdien lavere i jorda fra ruter behandlet med Terra Biosa og motsatt om verdien er høyere. Fordi det var stor jordvariasjon og verdiene varierte mye mellom jord fra de fire rutene med samme behandling, var det likevel ikke statistisk sikker forskjell.

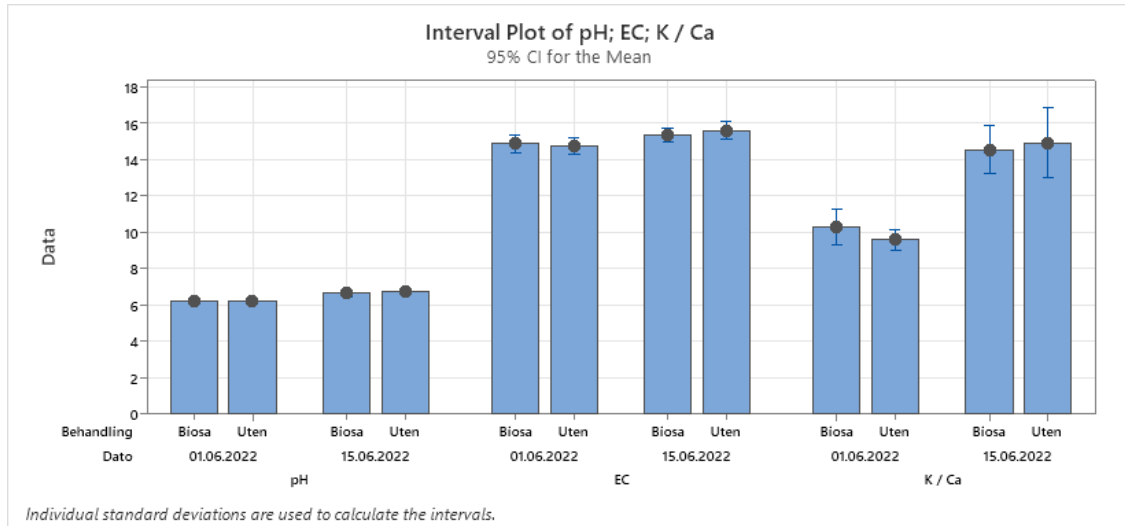
Haney soil test 1 juni, Terra Biosa i % av kontroll



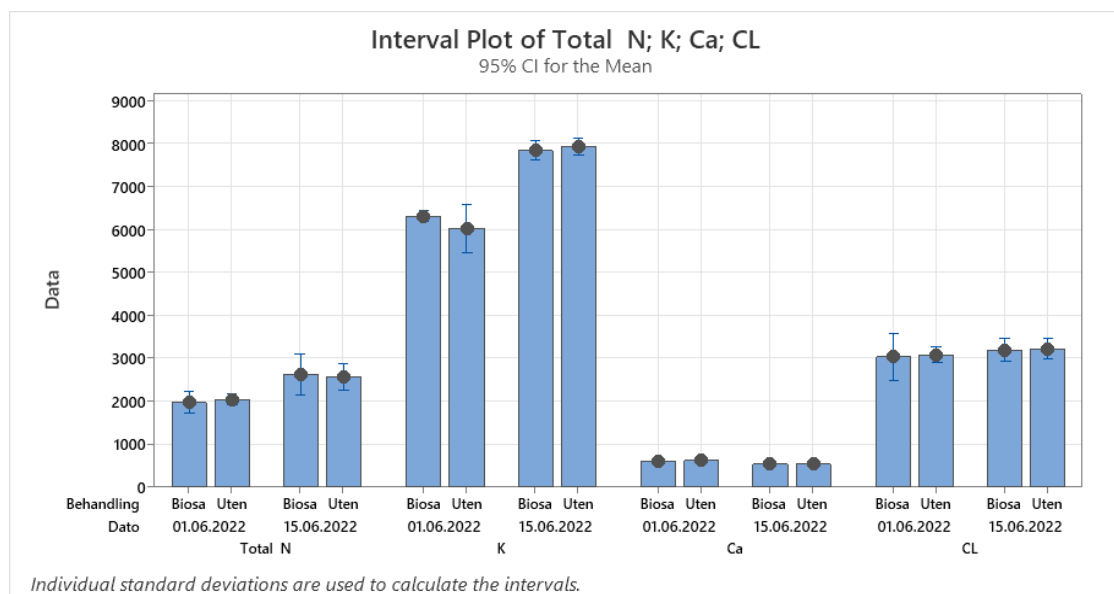
Vedlegg 5. Figur 2. Radardiagrammet viser verdier for jordprøver tatt 1. juni fra ruter behandlet med Terra Biosa sammenlignet med jordprøver fra ubehandlede ruter for alle parametre i Haney Soil Test. Der verdien er lik 100 er det ingen forskjell. Dersom verdier er under 100, så er den gjennomsnittlige verdien lavere i jorda fra ruter behandlet med Terra Biosa og motsatt om verdien er høyere. Fordi det var stor jordvariasjon og verdiene varierte mye mellom jord fra de fire rutene med samme behandling, var det likevel ikke statistisk sikker forskjell.

Vedlegg 6 – Bladsaftanalyser

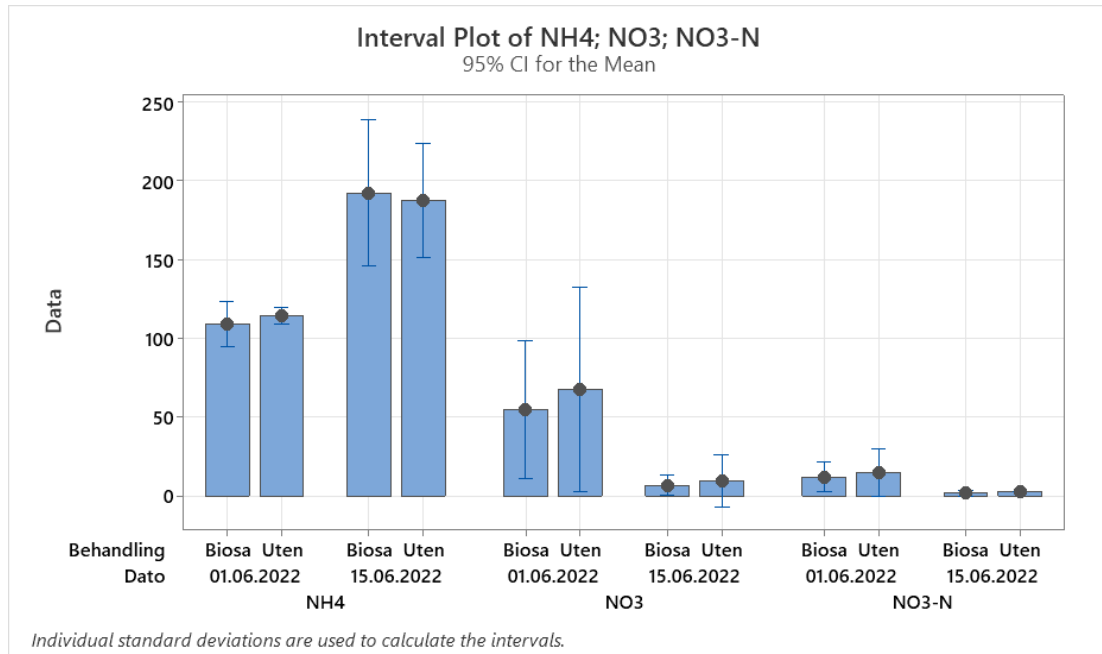
De fem figurene viser intervallplot for de ulike parameterne i bladsaftanalysene av byggplantene i forsøksruter behandlet med Biosa og ubehandlede forsøksruter gjennomført 1. og 15. juni.



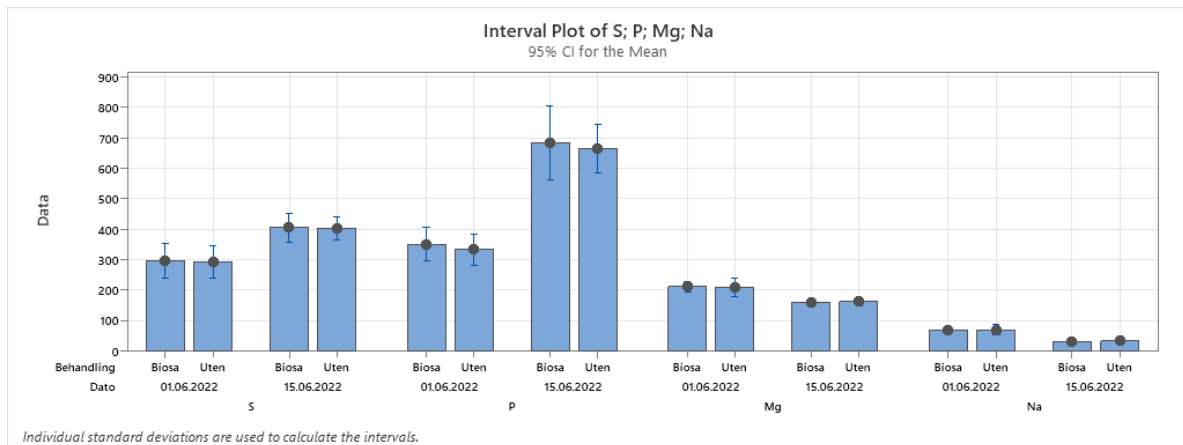
Vedlegg 6. Figur 1. pH, Elektrisk ledningsevne (EC oppgitt som mS/cm), forholdet mellom kalium og kalsium (K/Ca) i bladsaft 1. og 15. juni. De lodrette linjene viser 95% konfidensintervall. Der linjene overlapper er det ikke signifikant forskjell.



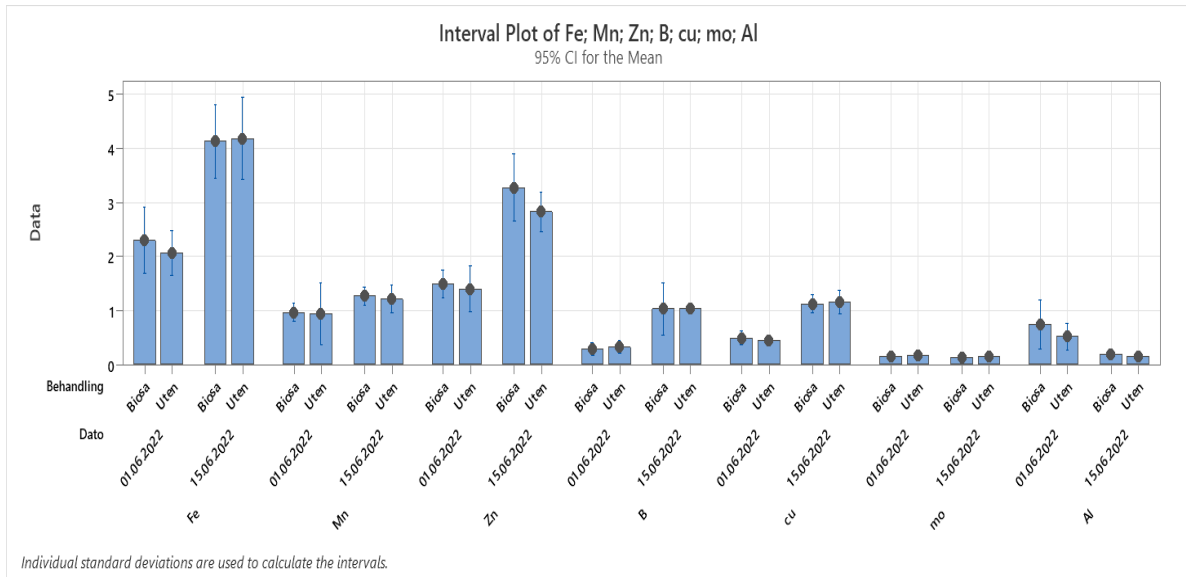
Vedlegg 6. Figur 2. Total nitrogen (Total N oppgitt som ppm N), kalium (K oppgitt ppm K), kalsium (Ca oppgitt ppm Ca), klorid (Cl oppgitt ppm Cl) i bladsaft 1. og 15. juni. De lodrette linjene viser 95% konfidensintervall. Der linjene overlapper er det ikke signifikant forskjell.



Vedlegg 6. Figur 3. Ammonium (NH₄), nitrat (NO₃) og nitratnitrogen (NO₃-N) oppgitt som ppm i bladsaft 1. og 15. juni. De lodrette linjene viser 95% konfidensintervall. Der linjene overlapper er det ikke signifikant forskjell.



Vedlegg 6. Figur 4. Svovel (S), fosfor (P), magnesium (Mg) og natrium (Na) oppgitt som ppm i bladsaft 1. og 15. juni. De lodrette linjene viser 95% konfidensintervall. Der linjene overlapper er det ikke signifikant forskjell.



Vedlegg 6. Figur 5. Jern (FeS), mangan (Mn), sink (Zn), bor (B), kobber (Cu), molybden (Mo) og aluminium (Al) oppgitt som ppm i bladsaft 1. og 15. juni. De lodrette linjene viser 95% konfidensintervall. Der linjene overlapper er det ikke signifikant forskjell.

Vedlegg 7 – Skjema for sensorisk observasjon av jorda

Vurdere jorda med sansene		Skiftenavn:					Kommentarer
Dato:	Karakter (5 er best)	1	2	3	4	5	
Overflata	Gjenslemmet til åpen						
Lukt	Dårlig til god						
Farge	Lys til mørk						
	Dybde på mørkfarging (cm)						
	Uensartet til ensartet						
Gryn	Ingen gryn til runde gryn						
	Dybde (cm)						
Røtter	Dybde (cm)						
	Skjeve - rette						
	Naken - jordvedheng						
Fasthet	Kompakt til løs						
Varmefornemmelse	Kald til varm						
Ristetest	Vann klart til grumset						
	Brunfarging: 1= mørkebrun 5=lysebrun						
Karbonattest - saltsyre (15% HCl)	1=ingen 3=knitring 5=mye brusing						



Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK er ei privat, sjølvstendig stifting.

Stiftinga er eit nasjonalt senter for tverrfagleg forskning og kunnskapsformidling for å utvikle økologisk landbruk. NORSØK skal bidra med kunnskap for eit meir berekraftig landbruk og samfunn. Fagområda er økologisk landbruk og matproduksjon, miljø og fornybar energi.

Besøks- /postadresse

Gunnars veg 6
6630 Tingvoll

Kontakt

Tlf. +47 930 09 884
E-post: post@norsok.no
www.norsok.no