

Markmikroliv

- Slutrapport i projektet "Markbördighet och ökad kolinlagring genom ökat mikroliv i marken"



Text: Camilla Oskarsson, Helena Lans Strömblad & Ingrid Holmberg

2023-12-01

Projektet har finansierats av Jordbruksverket genom Landsbygdsprogrammet och Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling.



Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling. Europa investerar i landsbygdsområden



Innehåll

Sammanfattning.....	3
1. Introduktion.....	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Syfte.....	6
2. Material och metod.....	7
2.1 Försöksupplägg.....	7
2.2 Provtagning	10
2.3 Analys	10
2.3 Ogräsinventering	10
2.4 Ekonomi.....	10
2.5 Databehandling och statistik.....	10
3. Resultat.....	11
3.1 Grundstatus på gårdarna.....	11
3.2 Effekt av provtagningstidpunkt, plats och behandling.....	11
3.3 Gård 1	14
3.4 Gård 2	15
3.5 Gård 3	16
3.6 Gård 4	17
3.7 Gård 5	18
3.8 Ekonomi.....	19
4. Diskussion.....	19
5. Slutsatser	24
6. Referenser	25
7. Bilagor.....	28
Bilaga 1 – Ogräsinventering.....	28

Sammanfattning

En rik mångfald av mikroorganismer i marken är viktiga för att vår odlingsjord ska vara ett välfungerande ekosystem. Svampar och bakterier är en viktig källa till organiskt material i jorden och att gynna markens mikroliv kan därmed spela roll för möjligheten till ökad kolinlagning i jorden. Mikroorganismerna är också avgörande för att göra viktiga växtnäringsämnen tillgängliga och ett rikt mikroliv kan bidra till mindre torkkänsliga jordar eftersom det har inverkan på jordens struktur och vattenhållande förmåga.

Hur vi brukar jorden har stor inverkan på markens mikroorganismer. Naturliga jordar har ofta förhållandevis mer svamp än bakterier. Plöjning, kvävegödsling och användning av pesticider kan missgynna svamp och leda till en högre andel bakterier. En annan viktig faktor är växtföljden, då monokulturer leder till minskad mångfald bland markorganismerna, vilket studier har visat är tätt sammankopplat med en del av de problem som kan uppstå i ensidiga växtföljder. Det är inte helt klarlagt hur stor betydelse olika odlingsinsatser har i praktiken, men den samlade bilden är att brukningsmetoder där man försöker efterlikna naturliga processer kan ha lägre negativ påverkan än mer intensiva metoder.

Syftet med det här projektet var att ta reda på mer om mikrolivet i den svenska jordbruksjorden och börja kartlägga den kvantitativa förekomsten av bakterier och svamp på gårdar i Halland, samt öka intresset för frågan bland halländska lantbrukare genom att genomföra olika odlingsåtgärder på fem halländska gårdar under två år och se vilka effekter vi kan se på marklivet. Vi har också utvärderat betydelsen av plats och tidpunkt. Två ekologiska och två konventionella växtodlingsgårdar samt en konventionell mjölkgård ingick i studien. Den ena konventionella växtodlingsgården bedriver plöjningsfritt jordbruk. Jordprover togs i augusti 2021, juni 2022 samt på två av gårdarna även i augusti 2022. Jorden analyserades av en norsk firma (Mikroliv) där förekomsten av svamp och bakterier kvantifierades genom ljusmikroskopering.

Försöket genomfördes i vårspannmål och visade, som väntat i jordbruksjord, en kraftig bakteriedominans. Biomassan av bakterier var ungefär 6–13 gånger så stor som biomassan av svamp på de olika gårdarna. Gårdarna skilde sig åt sinsemellan, med högre andel svamp på den plöjningsfria gården jämfört med mjölkgården och den ena ekologgården. De två övriga gårdarna var inte signifikant skilda från den plöjningsfria. Enligt Mikrolivs erfarenheter är det önskvärt med förhållandet 1:1 mellan svamp och bakterier i jordbruksjord, men det finns ingen konsensus i litteraturen för att stödja någon exakt rekommendation. När vi jämför med ett tidigare projekt som vi på Växa genomförde under 2019–2020 ser vi att även om vi då också såg bakteriedominans så var den relativa svampförekomsten betydligt högre dessa år, sannolikt beroende på skillnader i markfukt.

Den konventionella växtodlingsgården hade signifikant lägre totalt markliv än övriga gårdar som alla låg ganska lika. Det här kan exempelvis bero på att där är lätt sandjord, att det var mycket torrt båda försöksåren och att det inte förekommer någon vall i växtföljden. I våra prover varierade förekomsten av bakterier från 216–720 µg/g och svamp från 19,5–166,2 µg/g. Enligt Mikroliv är detta generellt låg total förekomst, men bakterieförekomsten är bitvis hög. Det är jämförbara nivåer med pågående norska försök där den totala mikrobiella biomassan var 345–432 µg/g (Pommersche & Rittl, 2022). I våra försök från 2019-2020 var motsvarande siffror 301,7-1011,1 µg/g.

Insatserna som utvärderades var insådd av bottengröda, artblandning i huvudgrödan, tillsats av biostimulant, enbart organisk gödsel, utan kem-behandling samt i ett par fall olika bearbetningsdjup. Försöket visade inte några effekter på marklivet av de olika odlingsinsatserna, men det är möjligt att

det sett annorlunda ut med fler prov per behandling. Dessutom konstaterar vi att kompensation för markfukt nog behöver göras för att kunna göra en adekvat jämförelse. För att följa sin jord över tid är det viktigt att ta prover vid samma tidpunkt på året.

Det är svårt att räkna på lönsamheten av insatser för marklivet då effekterna är långsiktiga, men jordhälsan kommer vara viktig i framtidens jordbruk. För en motståndskraftig jord är det klokt att försöka gynna jordens svampar. Stallgödsel, god växtföljd, minimerad fungicid- och herbicidanvändning och förståndig jordbearbetning är några exempel. Prova alltid insatser i liten skala och utvärdera.

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

Jordbruket står inför flera utmaningar, med bland annat klimatförändringar och global befolkningsökning som kräver ökad livsmedelsproduktion. Samtidigt har intensiv markanvändning en negativ påverkan på många av de organismer i jorden som levererar ekosystemtjänster i form av bland annat kolinlagring (Bender et al., 2016). Kolförrådet i marken kan ökas genom att öka mängden växtrester i marken eller genom att stimulera jordens mikrobiella aktivitet. De flesta mikroorganismer i jord är svampar och bakterier som lever på organiskt material, så kallade nedbrytare (Rasse et al., 2019). En stor andel av markkolet härrör från kolföreningar som brutits ned och stabiliserats av mikroorganismer (Dignac et al., 2017). En stor studie som med hjälp av globala databaser över markkol jämförde betydelsen av mikrobiella processer, jämfört med andra faktorer, visade nyligen att mikroorganismerna är den viktigaste faktorn för kolinlagring (Tao et al., 2023). Ett sätt att öka markens inlagring av kol är därför att gynna mikroorganismer.

Förutom kolinlagring bidrar jordens mikroorganismer även med andra viktiga funktioner, till exempel spelar de en helt avgörande roll för växttillgänglig näring (Bender et al., 2016). I markens kvävecykel bidrar bakterier med kvävefixering, mineralisering av organiskt kväve samt nitrifikation. Fosfortillgängligheten och fosforutnyttjandet påverkas av mykorrhizasvampar. Mykorrhiza är en mycket vanligt förekommande symbios mellan svamp och växt som förekommer hos 80% av alla landlevande växter (Berutti et al., 2016). Svampens hyfer utvidgar rotsystemets kontaktyta med jorden och förser därigenom växten med näring, framför allt fosfor, medan växten i gengäld transporterar kol från fotosyntesen till svampen. Mykorrhizan påverkar också bildandet och stabiliseringen av aggregat i jorden och bidrar på så sätt till att stabilisera kolet i marken (Rasse et al., 2019). Vissa växtfamiljer bildar inte mykorrhiza alls utan har andra strategier för fosforupptag. Raps och sockerbetor är exempel på jordbruksgrödor som saknar symbiosen. Därför finns generellt färre sporer av mykorrhizasvampar i marken året efter odling av dessa grödor, då de inte har uppförökats under året innan (Rasse et al., 2019). Mikrolivet och dess sammansättning har även stor betydelse för jordens motståndskraft mot jordburna patogener (De Corato, 2020).

Bakterier och svamp utgör tillsammans en klar majoritet, mer än 90%, av den totala mikrobiella biomassan i jorden och är de organismer som spelar störst roll för nedbrytning av organiskt material (Six et al., 2006). Även protozoer, nematoder, flagellater, amöbor och övrig mikrofauna påverkar markmikrolivet och står för en del av kolinlagringen (Rasse et al., 2019). Exempelvis påverkar förekomsten av amöbor starkt sammansättningen av bakterier i rotzonen, vilket kunde visas i en studie av Rosenberg et al. (2009).

Förhållandet mellan biomassan av svamp respektive bakterier är olika i naturliga och brukade jordar och säger något om den ekologiska successionen i jorden. Bakterier är i regel snabbast med att kolonisera en jord efter störning så som plöjning (Strickland & Rousk, 2010). Naturliga jordar som varit ostörda länge är vanligen svampdominerade, med högre svamp:bakterie (F:B)-kvot än intensivt brukade jordar, då flera insatser inom jordbruket tenderar att gynna bakterier i förhållande till svamp. Plöjning har visat sig ha stor påverkan på denna kvot (Bailey et al., 2002; Frey et al., 1999), med lägre andel svamp i plöjd jordbruksjord än i naturliga gräsmarker, men även med svampdominans i plöjningsfria odlingssystem. Detta förklaras av att medan bakterier lever som enskilda celler i marken så bildar svamp stora nätverk av hyfer, genom vilka de exempelvis kan allokera resurser från ställen med riklig förekomst till där det är brist. Vid störningar i jorden, till exempel vid plöjning, förstörs detta nätverk, medan bakterierna är relativt okänsliga för störning (Strickland & Rousk, 2010). Även intensiv kvävegödsling förskjuter förhållandet mot mer bakterier

och mindre svamp, medan ekologiska brukningsmetoder leder till högre F:B-kvot jämfört med konventionella metoder (Six et al., 2006). Ekologiska metoder har även visats leda till högre förekomst av och mer diversitet av mykorrhiza än i konventionellt brukad jord (Verbruggen et al., 2010). Uppgifter i befintlig litteratur kring vilka effekter olika odlingsinsatser har på F:B-kvoten i praktiken är dock inte konsekventa, vilket Strickland & Rousk konstaterar i en litteraturgenomgång från 2010. Svampdominerade jordar har länge ansetts ha högre förmåga till kolinbindning (Six et al., 2006) och Malik et al. (2016) visade detta genom att jämföra kolflöden i två kemiskt och fysikaliskt lika jordar med olika F:B-kvot.

Att inkludera baljväxter i växtföljden och som mellangröda har visats leda till högre mikrobiell biomassa (Six et al., 2006). Även samodling av olika grödor kan påverka sammansättningen av mikrolivet i jorden (De Corato, 2020). Sjukdomsproblem och skördetapp relaterade till monokulturer kan bero på en minskning av mikrobiell diversitet och förändring av den mikrobiella sammansättningen, vilket bland annat visats av Zhao et al. (2018), som såg att monokulturer av kaffe över tid minskade diversiteten av jordens mikroorganismer.

Något som också kan påverka den mikrobiella aktiviteten är olika biostimulanter, som det pratats allt mer om på senare tid. Jordbruksverket definierar i en rapport från 2021 biostimulanter som "ämnen eller mikroorganismer som på olika sätt påverkar växtnäringssystem" (Samuelsson & Jonsson, 2021, s.7). Det kan vara mikrobiella eller icke-mikrobiella preparat som tillförs jorden för att förbättra tillgänglighet eller upptag av växtnäring, göra växterna mer stresståliga eller förhöja kvaliteten på grödan. Tejada et al. (2011) visade att tillsats av fyra olika biostimulanter i olika hög grad ökade den totala mikrobiella biomassan jämfört med kontrolljord utan tillsatser, såväl bakterie- som svampbiomassan ökade och F:B-kvoten ändrades inte.

Intensivt brukad jord beräknas ha förlorat cirka en fjärdedel av markkolet jämfört med orörd jord (Six et al., 2006). Utifrån rådande kunskapsläge kan konstateras att de odlingsmetoder som efterliknar naturliga processer, så som ekologisk produktion och reducerad bearbetning, tycks leda till en totalt högre mikrobiell biomassa och gynnar förmågan till kolinbindning. System med reducerad bearbetning kräver dock i regel högre såväl herbicid- som fungicidanvändning (Jordbruksverket 2010), vilket i sin tur kan ha negativa effekter på markens mikroliv (Sun et al., 2018), t.ex. på mykorrhiza (Rejali et al., 2022; Sukarno et al., 1993). Effekterna är komplexa och inte helt förstådda och den mikrobiella sammansättningen i förhållande till preparat, samt jordens fysiska och kemiska egenskaper samverkar (Hage-Ahmed et al., 2018).

1.2 Syfte

Att utnyttja olika odlingsåtgärder för att gynna markmikrolivet kan vara en metod för att öka inlagringen av kol i jordbruksmark. Intensiv gödsling, användning av pesticider, plöjning och monokultur förknippas med lägre mikrobiell diversitet (Bender et al., 2016). Ökat markmikroliv påverkar mullhalt och därmed också markens vattenhållande förmåga positivt vilket kan göra odlingssystem mindre känsliga för torka. Att gynna markmikrolivet och bördigheten är därför positivt för lantbruket för att möta ett föränderligt klimat. En ökad kolinlagring och ökad bördighet kan förutom positiva climateffekter också leda till ökade skördar och bättre motståndskraft mot patogener.

Intresset för detta område har ökat markant på senare år och kunskapen börjar öka, men vi har fortfarande inte tydliga riktlinjer för hur stor påverkan olika insatser i fält har i praktiken. För att kunna dra nytta av de ekosystemtjänster som markens mikroliv erbjuder och för att undvika

skördeförluster som beror på störningar av mikrolivet är det därför viktigt att fortsätta utveckla den gårdsnära kunskapen i praktiken.

I en studie genomförd av Växa Sverige under sommaren 2019 analyserades markprover från 4 olika halländska gårdar, med vardera 3 olika grödor, med avseende på markmikroliv. Resultatet tydde på att gårdarna skiljde sig åt med avseende på mängd organismer och också med avseende på F:B-kvoten. Trenden var också att det fanns skillnader i mängd- och artsammansättning av mikroorganismer beroende på om fältet odlats konventionellt eller ekologiskt, men även andra parametrar påverkade troligen. Med denna uppföljande studie ville vi framför allt fortsätta arbetet med att bygga upp en kunskapsbank kring hur marklivet i Halland ser ut, genom analyser av jordprover. Vi ville även undersöka närmre hur olika odlingsinsatser påverkar marklivet, med fokus främst på svamp och bakterier, på såväl ekologiska som konventionella gårdar i Halland. Ökad kunskap om hur markmikrolivet påverkas av olika insatser kan komma att fungera som beslutsunderlag i växtodlingen. Enklare ekonomiska beräkningar över insatsernas kostnader presenteras, men tonvikten i denna studie ligger inte på den ekonomiska aspekten.

2. Material och metod

2.1 Försöksupplägg

Försöket har genomförts på fem olika gårdar i Halland, varav två ekologiska och tre konventionella, under två år (2021-2022). Ju lägre gårdsnummer, desto längre söderut är gården belägen, från Tönnersa i söder till Falkenberg i norr. På varje gård har, utifrån gårdsspecifika förutsättningar, tre till fem olika åtgärder i rutor om 8x8 meter genomförts. Rutorna placerades på samma ställe på fältet och samma åtgärd upprepades i samma ruta båda åren. På samtliga gårdar har vårspannmål varit huvudgröda båda åren, på en av gårdarna var där vallinsådd spannmålen under 2022.

Av tabell 1 framgår produktionsinriktning på gård 1-5 och vilka grödor som odlades på fälten i försöket. Gård 2 har ett odlingsystem med reducerad bearbetning och direktsådd och har inte plöjt sedan 2006. Övriga gårdar plöjer normalt sett jorden. På gård 1 finns även får, men huvudinriktningen är växtodling.

Tabell 1. Produktionsinriktning och grödor på försöksfälten på de fem gårdarna i studien.

Gård	Produktionsinriktning	Ekologisk / Konventionell	Jordart	Förfrukt	Huvudgröda 2021	Huvudgröda 2022	Insådd 2022
1	Växtodling	Ekologisk	Sandjord	Havre	Vårkorn	Havre	
2	Växtodling	Konventionell	Lättlera	Havre	Vårkorn	Havre	
3	Mjök	Konventionell	Lättlera	Höstvete	Havre	Vårkorn	x
4	Växtodling	Ekologisk	Lättlera	Åkerböna	Vårvete	Havre	
5	Växtodling	Konventionell	Lerig jord	Vårvete	Vårkorn	Vårkorn	

Samtliga försöksled som funnits på respektive gård presenteras i tabell 2. På alla de konventionella gårdarna har det i försöket ingått ett led där mineralgödseln helt ersatts av organisk gödsel. Övriga led och resten av fältet har i somliga fall också fått organisk gödsel, beroende på gårdens normala produktion, men i så fall även mineralgödsel. Gård 2 och 3 ersatte mineralgödseln med biofer 9-3-4 i

ledet med enbart organisk gödsel, medan svinflyt användes på gård 5. Gödselmängderna av olika gödselslag har beräknats så att kvävegivan ska vara den samma i alla rutor inom respektive fält och har utgått från den normala gödslingen på övriga fältet som inte ingick i försöket. I vissa fall förekommer dock viss avvikelse från denna modell. Alla odlingsinsatser under de båda åren framgår av tabell 3. En ruta utan kemisk bekämpning har också funnits på samtliga konventionella gårdar. På gård 3 lämnades alla rutor obesprutade, men övriga fältet (inklusive referensen) sprutades. På gård 2 sprutades även ledet utan kemisk bekämpning på hösten mellan de båda projektåren med glyfosat.

På alla gårdar har leden bottengröda och biostimulant funnits med. Bottengrödan bestod av blodklöver (*Trifolium incarnatum*), fröerna levererades av Olssons frö och såddes i samband med sådd av huvudgrödan (7,5 kg/ha). För att inte spruta ihjäl klöveren har inga herbicider använts under växtsäsong i detta led på någon av gårdarna. Även biostimulanten (Ferteos III, Timac Agro Sverige AB, 300 kg/ha) myllades ner i samband med sådd.

På de ekologiska gårdarna testades även artblandning i ett led, där huvudgrödan blandades med en annan art av vårspannmål. På gård 1 blandades vårkornet med havre år ett, 100 kg/ha av vardera och totalt samma utsädesmängd som i övriga rutor på fältet. Även gård 4 blandade in havre i huvudgrödan, men i detta fall såddes hela fältet med 200 kg vårvede per ha och utöver det tillsattes i den aktuella rutan 80 kg havre per ha. År två blandades havre med vårvede på gård 1 och såddes med ordinarie utsädesmängd. På gård fyra såddes hela fältet med ordinarie utsädesmängd vårvede och korn såddes i utöver detta med 80 kg/ha i rutan med artblandning.

På de flesta gårdar var det inte praktiskt genomförbart att testa ett obearbetat led. Istället fanns på den bearbetningsfria gård 2 ett led med bearbetning (fräsning ca 15 cm). Dessutom gjordes istället för normal plöjning endast en lätt stubbearbetning i ett av leden på gård 5.

Omkringliggande fält som brukats på för respektive gård normalt sätt användes som referensled.

Tabell 2. De olika åtgärderna som testades på respektive gård. De åtgärder som har genomförts är markerade med x. Om åtgärden inte är relevant på grund av gårdens produktionsinriktning eller brukningsmetod markeras detta med ea.

Försöksled	Gård 1	Gård 2	Gård 3	Gård 4	Gård 5
Bottengröda (BG)	x	x	x	x	x
Biostimulant (BS)	x	x	x	x	x
Artblandning (AB)	x	-	-	x	-
Org. gödsel ersätter mineralgödsel (OG)	ea	x	x	ea	x
Utan kemisk bekämpning (UK)	ea	x	x	ea	x
Fräsning ca 15 cm ist. för obearbetat (FR)	ea	x	ea	ea	ea
Stubbearbetning istället för plöjning (SB)	-	ea	-	-	x
Referens (RS)	x	x	x	x	x

Tabell 3. Odlingsinsatser på de fem gårdarna under 2021-2022.

År	Insats	Led	Gård 1	Gård 2	Gård 3	Gård 4	Gård 5
2021	Plöjning	Ej SB	Mitten mars	ea	Höst 2020	10 apr	Vår
2021	Sådd	Alla	1 apr	18 apr	20 apr	19 apr	21 apr
2021	Utsädesmängd (kg/ha)	Alla	200	160	190	200 (280 i AB)	170
2021	Min. gödsel (kg N/ha)	Ej OG	ea	67 (18 apr) 31 (24 maj) 22 (4 jun) 31 (11 jun)	59 (20 apr) 38 (3 jun)	ea	62 (21 apr) 54 (4 jun)
2021	Org. gödsel (kg N/ha)	OG	ea	125 (biofer ¹ , 18 apr)	95 (biofer ¹ , 20 apr)	ea	120 (svinflyt ² , 4 jun)
2021	Org. gödsel (kg N/ha)	Alla	30 (suggflyt ² , 20 maj)	0	0	45 (biofer ¹ , 19 apr) 50 (biogödsel ³ , 20 mars)	0
2021	Kem. bekämpning	Ej UK	ea	Glyphomax höst 2020 SluXX 3,5 kg 19 maj Hussar 21 maj Ascra Xpro 24 jun	Alla led osprutade utom RS (Ariane S 19 maj)	ea	Ariane S 30 maj Ascra Xpro, juni
2021	Tröskning	Alla	7 aug (AB 23 aug)	15 aug	14 aug	23 aug	23 aug
2021	Provtagning	Alla	23 aug	23 aug	23 aug	23 aug	23 aug
2022	Plöjning	Ej SB	7 mars	ea	Ej plöjt, kultivator 31 mars	Plöjt vår, harvat 1 apr	Vår
2022	Sådd	Alla	2 apr	1 april	2 apr	2 apr	24 apr
2022	Utsädesmängd (kg/ha)	Alla	230	210	185 + 24(insådd)	200 + 80 korn	170
2022	Min. gödsel (kg N/ha)	Ej OG	ea	65 (1 apr) 27 övergödsel)	40 (2 april)	ea	63 (24 apr) 54 (2 jun)
2022	Org. gödsel (kg N/ha)	OG	ea	90 (biofer ¹ , 1 apr)	70 (biofer ¹ , 2 apr)	ea	100 (Biogödsel ² , 1 apr)
2022	Org. gödsel (kg N/ha)	Alla	31 (suggflyt ⁴ , 21 mar)	35 (nötflyt ⁵)	37 (nötflyt ⁵ , 31 mars).	45 (biofer ¹ , 2 apr) 50 (biogödsel ³ , 25 mars)	0
2022	Kem. bekämpning Preparat, datum	Ej UK	ea	Glyphomax höst 2021, även UK	Glyfosat höst 2021 RS Gratil 29/5, enbart RS	ea	Ariane S 20 maj Ascra Xpro
2022	Ogräsharvning	Ej BG	nej	ea	ea	26 apr BS och AB	ea
2022	Tröskning	Alla	25 aug	12 aug	10 aug	15 aug	25 aug
2022	Provtagning	Alla	27 juni	27 juni	27 juni	27 juni, 29 aug	27 juni, 29 aug

¹En kväveeffektivitet på 90% har använts i beräkningarna.

²Beräknat på 2 kg N/m³ efter förluster

³Beräknat på 2,6 kg N/m³ och 70% N-effektivitet

⁴Beräknat på 1,2 kg N/m³ efter förluster

⁵Beräknat på 1,5 kg N/m³ efter förluster

2.2 Provtagning

Tre gånger under försöksperioden togs jordprover (23 aug 2021, 27 juni 2022 och 29 aug 2022) i rutorna, samt ett referensprov (RS) från övriga fältet på vardera gården. BG ströks från alla gårdar utom gård 4 vid provtagning 2 och helt vid provtagning 3 på grund av dålig klöveretablering. Vid sista provtagningstillfället var det av praktiska skäl endast möjligt att inkludera gård 4 och 5. Vid provtagningen avlägsnades all växtlighet runt respektive provpunkt och ett spadstick jord från de översta fem centimetrarna av jordlagret samlades in. I varje ruta gjordes tio sådana spadstick och jorden från dessa sammanblandades till ett prov.

2.3 Analys

Jorden analyserades genom mikroskopering (förstoring 400x) av företaget Mikroliv (Liengrenda 407 3691 Gransherad, Norge) Metoden har utvecklats av Katelyn Solbakk och är en vidareutveckling av en metod som används av VitalAnalyse. Analysen omfattade kvantifiering av förekomsten av bakterier, svamp och protister samt bedömning av jordens aggregering. Proverna slammades upp i vatten två dagar före mikroskopering. Vid mikroskoperingen räknades förekomsten av ovan nämnda organismgrupper och utifrån detta och ungefärliga dimensioner uppskattades biomassan av vardera gruppen. För svamp gjordes även en bedömning där såväl total förekomst (biomassa) och längd/grovlek på hyferna vägts samman till en ranking 0-5 där 0 är sämst status. Kvoten mellan svamp och bakterier har beräknats utifrån biomassa, för svamp har endast fragment $\geq 3 \mu\text{m}$ inkluderats i beräkningarna. Detta beror på att tunnare fragment ofta tyder på sämre status i jorden och att inkludera samtliga svampfragment, vilket skulle ge högre kvoter, skulle riskera att överskatta statusen hos jordar med stor andel tunna svampfragment (Katelyn Solbakk, personlig kommunikation). Vad gäller protisterna har de analyserats med avseende både på diversitet (antal olika grupper av protister, exempelvis amöbor, flagellater, ciliater) och antal organismer i varje grupp. Även här har dessa båda faktorer vägts samman till ett index där en högre siffra innebär högre status.

2.3 Ogräsinventering

En ogräsinventering på de aktuella fälten gjordes i juni båda åren (28 juni 2021 och 27 juni 2022), eftersom artdiversiteten i växtligheten kan ha stor inverkan på marklivet. Förekommande arter noterades. Dessutom gjordes en bedömning av den totala mängden ogräs (oberoende av antal arter) på en skala 1-5. Resultatet av denna finns i bilaga 1.

2.4 Ekonomi

En enkel beräkning av kostnad jämfört med ordinarie metod har gjorts för vardera insatsen, utifrån aktuella priser och kostnader vid årsskiftet 2022/2023. Eftersom skördemängder inte utvärderats i projektet har inga fullständiga kalkyler för respektive behandling gjorts.

2.5 Databehandling och statistik

Statistiska analyser har gjorts i Minitab18 med General Linear Model (GLM) ANOVA-analys med faktorerna plats (gård), tidpunkt och behandling och jämförts med Tukey's test, signifikansnivå $p < 0,05$. Analyser har gjorts för hela datasetet såväl som för enbart tidpunkt 1-2 samt för gård 4-5. Detta har varit ett sätt att kontrollera effekterna av stor obalans i datasetet, som beror på att flera behandlingar bara förekommer på enstaka gårdar och att inte samtliga gårdar kunnat provtas vid alla provtagningstillfällen. Interaktioner mellan faktorerna har på grund av detta inte testats. Inom

tidpunkt 1 har även gjorts en GLM med två faktorer (gård och behandling) för att jämföra behandlingarna RS, BS och BG, som vid detta tillfälle fanns representerade på samtliga gårdar.

3. Resultat

3.1 Grundstatus på gårdarna

Utifrån det referensprov som togs i samband med provtagning 1 har en bedömning av gårdarnas grundstatus gjorts (se RS-ledet i tabell 6-10). Gård 2 som jobbar med reducerad bearbetning hade genomgående mycket bra status i utgångsläget och var bäst eller bland de bästa för samtliga parametrar. Även gård 5 hade låg förekomst av bakterier vilket normalt är positivt eftersom det ofta innebär bättre balans mellan svamp och bakterier (Katelyn Solbakk, personlig kommunikation), men även svampförekomsten på denna gård var låg. Jordstrukturen var god. Såväl svampförekomsten som kvoten mellan svamp och bakterier var låg eller mycket låg på samtliga gårdar utom gård 2, medan statusen i övrigt var medelgod.

3.2 Effekt av provtagningstidpunkt, plats och behandling

Den totala mikrobiella biomassan varierade mellan 246-746 µg/g jord i olika provpunkter i projektet och medelvärdena för de olika gårdarna låg på 295-490 µg/g jord. Såväl plats som tidpunkt hade stor effekt på utfallet.

Variationsanalysen när samtliga provpunkter och -tillfällen beaktas visade att såväl bakterieförekomsten som den totala mikrobiella biomassan var signifikant högre i augusti båda åren än i juni 2022 ($p < 0,001$). Även svampförekomsten var högre i augusti 2021 än i juni 2022, men i det fallet var augusti 2022 ej signifikant skilt från någon av de båda andra tidpunkterna. Om bara gård 4-5, det vill säga de som provtogs vid alla tre tillfällen, beaktas fanns inga skillnader i svamp mellan tillfällena, tvärtom var förekomsten väldigt lika vid alla tillfällen (45,8-49,6 µg/g). På kvoten mellan svamp och bakterier hade däremot tidpunkten ingen signifikant inverkan, medelvärdena för de olika tidpunkterna låg mycket jämnt mellan 0,12–0,13 för de tre provtagningarna. I detta fall varierade värdena något mer om bara gård 4-5 beaktades (0,12-0,15), men fortfarande väldigt jämnt mellan tidpunkterna och inte heller dessa värden var signifikant åtskilda. Av tabell 4 framgår resultatet av variationsanalysen för bakterier, svamp, kvoten mellan dessa samt den totala mikrobiella biomassan. I tabell 5 presenteras medelvärden för de olika parametrarna utifrån gård, tidpunkt och behandling.

Tabell 4. Resultat av variationsanalys, av hela datasetet, med faktorerna behandling, tidpunkt och gård för de olika parametrarna.

	Bakterier	Svamp	Svamp:Bakterier	Tot mikrobiell biomassa
Behandling	ns	*	ns	ns
Tidpunkt	***	*	ns	***
Gård	***	**	**	***

ns = ingen signifikans, $p > 0,05$, * = $0,05 > p > 0,01$, ** = $0,01 > p > 0,001$, *** = $p < 0,001$

Tabell 5. Biomassa av bakterier, svamp och total mikrobiell biomassa, samt svamp:bakterie-kvot för gårdarna, brukningstyp, tidpunkt och behandling. Siffrorna är medelvärden, notera att antalet observationer inte är samma bakom alla siffror.

	Bakterier ($\mu\text{g/g}$ jord)	Svamp ($\mu\text{g/g}$ jord)	Svamp:Bakterier	Tot mikrobiell biomassa ($\mu\text{g/g}$ jord)
Gård¹				
1	411	79,0	0,15	490
2	401	71,6	0,16	473
3	424	41,6	0,08	466
4	402 (406)	48,3 (48,9)	0,11 (0,10)	450 (455)
5	249 (258)	46,1 (47,0)	0,16 (0,15)	295 (305)
Eko/Konv.²				
Eko	406 (408)	62,6 (60,6)	0,13 (0,12)	469 (469)
Konv.	354 (343)	53,8 (53,1)	0,14 (0,14)	407 (396)
Tidpunkt³				
1	451 (367)	65,5 (48,1)	0,13 (0,13)	517 (415)
2	275 (253)	46,2 (45,8)	0,13 (0,15)	322 (299)
3	(330)	(49,6)	(0,12)	(379)
Behandling⁴				
RS	370	55,9	0,13	425
BS	350	54,0	0,13	404
AB	396	91,1	0,20	487
BG	-	-	-	-
OG	328	50,6	0,12	379
UK	388	64,1	0,14	452
FR	-	-	-	-
SB	-	-	-	-

¹Enbart tidpunkt 1 och 2 är medräknade för att kunna jämföra alla gårdar, för siffrorna inom parentes är även tidpunkt 3 medräknad.

² Enbart tidpunkt 1 och 2 är medräknade för att resultatet inte ska påverkas av hur många provtagningar som genomfördes. Inom parentes är samtliga provtagningar medräknade.

³Inom parentes är siffror för enbart gård 4-5, för att kunna jämföra även med tidpunkt 3.

⁴I medelvärdena för de olika behandlingarna är enbart tillfälle 1 och 2 medräknade. Inget värde presenteras för BG, FR och SB på grund av för litet underlag.

Det fanns signifikanta skillnader mellan gårdarna för samtliga fyra testade parametrar. Såväl massan av bakterier som den totala mikrobiella massan var signifikant lägre på gård 5 än på övriga gårdar, som sinsemellan inte skilde sig åt. Massan av svamp var signifikant högre på gård 2 än på gård 3-5, medan gård 1 inte var signifikant skild från endera. Om bara tidpunkt 1-2, där alla gårdar är representerade, beaktas, så är gård 3 fortfarande signifikant skild från gård 2, medan gård 1, 4 och 5 inte kan särskiljas från övriga vad gäller svampbiomassan. Här bör man vara lite försiktig med resultatet då det var stor obalans i datan och kompensationerna för det ibland kan vara missvisande. Men vi konstaterar att trenden var att gård 1 och 2 (79 respektive 72 $\mu\text{g/g}$) hade högre förekomst av svamp än gård 3-5 (42-49 $\mu\text{g/g}$). Också för kvoten mellan svamp och bakterier låg gård 2 högst (0,16), signifikant åtskild från gård 3 och 4 (0,08 respektive 0,11). Gård 1 och 5 låg däremellan och var ej signifikant skilda från övriga. Siffrorna som här presenteras i texten är de faktiska medelvärdena, inte de av programmet framräknade värdena som kompenserar för obalansen i datasetet.

Den enda signifikanta skillnaden mellan behandlingarna som kunnat påvisas var för svampförekomsten, där AB som låg högst presterade signifikant högre svampbiomassa än FR som låg lägst. Då dessa behandlingar i inget fall förekom på samma gård bör resultatet beaktas med försiktighet, även om analysmodellen kompenserar för detta. Vid en analys av datan bara för tidpunkt 1 och 2, där samtliga gårdar provtogs, var denna skillnad inte signifikant, även om trenden var densamma. Detta var det enda som skilde i resultatet om hela datasetet beaktades jämfört med enbart provtagning 1-2, i övrigt gäller resultatet för tabell 4 för båda alternativen. Inte heller inom tillfälle 1, där behandlingarna RS, BS och BG provtogs på samtliga gårdar, fanns några signifikanta skillnader mellan dessa behandlingar.

Det gick inte att se något samband mellan aggregeringen i jorden och förekomst av svamp. Medelvärdet av svampförekomst för de prover med lägst aggregering (ML) var 46,9 µg/g, för medel aggregering (M) 67,7 µg/g, för medelhög (MH) 44,4 µg/g och för de prover med högst aggregering (H) 50,4 µg/g (se tabell 6-10).

3.3 Gård 1

På gård 1 var bakterieförekomsten medelhög (480-576 µg/g jord) i augusti 2021 och låg (240-288 µg/g jord) under 2022, skillnaden mellan tidpunkterna var signifikant (p=0,015). Även den totala mikrobiella biomassan var signifikant lägre vid tidpunkt 2 (p=0,049), medan det för svamp gick att se samma trend om än utan signifikans. Svampindex hamnade generellt lågt, men AB utmärkte sig vid provtagning 1 med förhållandevis hög svampförekomst (166,2 µg/g jord). Vid samma tillfälle var resultaten för RS och BG mycket lika varandra, vilket även stämmer överens med hur grödan ovan jord upplevdes visuellt vid tidpunkten. Vid provtagning 2 syntes inte samma trend för AB, generellt var marklivet lägre 2022 även om protistindexet genomgående var något högre. Aggregeringen var totalt sett något bättre under andra året, BS utmärker sig möjligen som extra bra i detta avseende (tabell 6). Mellan behandlingarna fanns inga signifikanta skillnader, men trenden var att AB var något högre för samtliga parametrar än övriga behandlingar (544 µg/g total mikrobiell biomassa för AB, jämfört med 465 och 445 µg/g för BS och RS).

Tabell 6. Gård 1, resultat för samtliga behandlingar vid provtagningstillfälle 1-2.

	Total mikrobiell biomassa (µg/g jord)	Bakterier (µg/g jord)	Bakterievärdering ¹	Svampbiomassa (µg/g jord) totalt	Svampbiomassa (µg/g jord) ≥3µm	Andel svampfragment ≥3µm (%)	Svampindex ²	Svamp/bakterie-kvot ³	Protister ⁴	Aggregering ⁵
21-08-23										
RS	528	480	M	48,3	33,1	69	1	1:15	1,4	ML
BS	639	528	M	111,4	85,5	77	2	1:6	1,1	M
AB	742	576	M	166,2	138,2	83	3	1:4	1,4	M
BG	526	480	M	46,3	33,5	72	1	1:14	1,4	ML
22-06-27										
RS	361	288	L	72,5	54,9	76	1	1:5	1,5	M
BS	290	240	L	50,1	38,8	77	1	1:6	1,5	MH
AB	346	288	L	58,1	47,2	81	1	1:6	1,5	M
BG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

¹Bedöms på tregradig skala L=låg förekomst (<400 µg/g jord), M=medel (400-799 µg/g), H=hög (>800 µg/g)

²Ett index 0-5 där såväl total svampbiomassa samt antal svampfragment vägts samman. 5 indikerar den bästa svampstatusen.

³Kvoten avser svampbiomassa hos fragment ≥3µm samt bakteriebiomassa.

⁴Index som tar hänsyn till såväl total population som diversitet.

⁵Bedöms på femgradig skala L=låg, ML=medel/låg, M=medel, MH=medel/hög, H=hög där högre aggregering är bättre.

3.4 Gård 2

På denna gård är samtliga led utom FR obearbetade och under år 1 visade resultaten högst bakterieförekomst, lägst svampförekomst och därmed anmärkningsvärt låg kvot mellan svamp och bakterier för just detta led (tabell 7). Samma trend kunde inte urskiljas i juni 2022, då bakterieförekomsten var låg i samtliga behandlingar (240-336 µg/g jord). Såväl bakterieförekomst som total mikrobiell biomassa var signifikant lägre vid tidpunkt 2 än 1 (p=0,049 respektive 0,02). Svampindex var mycket lågt (0-1) för samtliga behandlingar 2022, men överlag var kvoterna mellan svamp och bakterier låga båda åren. Det fanns en viss trend att F:B var högst i RS och lägst i FR. Generellt var aggregeringen god för gård 2, med hög aggregering i såväl UK som OG och medelhög i BS och FR i juni 2022. UK vid provtagning 1 var här det enda provet som på någon av gårdarna hade ett protistindex på 2 eller högre.

Tabell 7. Gård 2, resultat för samtliga behandlingar vid provtagningstillfälle 1-2. Se tabell 6 för förklaring av hur resultatet för de olika parametrarna ska tolkas.

	Total mikrobiell biomassa (µg/g jord)	Bakterier (µg/g jord)	Bakterievärdering	Svampbiomassa (µg/g jord) TOT	Svampbiomassa (µg/g jord) ≥3µm	Andel svamp-fragment ≥3µm (%)	Svampindex	Svamp/bakterie-kvot	Protister	Aggregering
21-08-23										
RS	512	384	L	128,2	116,0	90	3	1:3	1,8	M
BS	498	432	M	66,0	55,7	84	1	1:8	1,4	M
UK	603	480	M	122,6	111,7	91	2,5	1:4	2,0	M
BG	550	480	M	69,9	62,0	89	2	1:8	1,2	M
OG	610	480	M	130,1	122,8	94	2,5	1:4	1,6	M
FR	746	720	M	25,9	22,9	88	1	1:31	1,3	M
22-06-27										
RS	402	336	L	66,3	57,8	87	1	1:6	1,1	M
BS	395	336	L	59,0	53,5	91	1	1:6	1,5	MH
UK	330	288	L	42,1	35,4	84	1	1:8	1,7	H
BG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OG	272	240	L	31,8	22,1	69	0	1:11	1,5	H
FR	285	240	L	45,2	36,2	80	1	1:7	1,2	MH

3.5 Gård 3

Även i detta fall var bakterieförekomsten och den totala mikrobiella biomassen signifikant lägre vid provtagning 2 än 1 ($p=0,005$ och $0,014$), med medelhöga ($432-576 \mu\text{g/g jord}$) värden i samtliga behandlingar 2021 och låga ($240-336 \mu\text{g/g jord}$) 2022. Svampförekomsten var låg i alla behandlingar, till skillnad från gård 1 och 2 i detta fall även under första året. Framför allt var det anmärkningsvärt lågt i OG, där även andelen grova svampfragment var låg. Också på denna gård var aggregeringen något högre i några behandlingar under andra året, BS och OG gick från medel till medelhög aggregering. Samtliga behandlingar hade noterbart låga kvoter mellan svamp och bakterier på denna gård. (Tabell 8).

Tabell 8. Gård 3, resultat för samtliga behandlingar vid provtagningstillfälle 1-2. Se tabell 6 för förklaring av hur resultatet för de olika parametrarna ska tolkas.

	Total mikrobiell biomassa ($\mu\text{g/g jord}$)	Bakterier ($\mu\text{g/g jord}$)	Bakterievärdering	Svampbiomassa ($\mu\text{g/g jord}$) TOT	Svampbiomassa ($\mu\text{g/g jord}$) $\geq 3\mu\text{m}$	Andel svamp-fragment $\geq 3\mu\text{m}$ (%)	Svampindex	Svamp/bakterie-kvot	Protister	Aggregering
21-08-23										
RS	585	528	M	57,3	42,1	73	1	1:13	1,6	M
BS	474	432	M	42,1	34,8	83	1	1:12	1,4	M
UK	649	576	M	73,4	60,0	82	2	1:10	1,8	M
BG	625	576	M	49,3	46,9	95	1	1:12	1,2	ML
OG	476	456	M	19,5	12,4	64	0	1:37	1,5	M
22-06-27										
RS	373	336	L	36,7	27,0	74	1	1:12	1,4	M
BS	272	240	L	31,9	24,0	75	0	1:10	1,4	MH
UK	361	336	L	24,6	12,4	50	0	1:27	1,3	M
BG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OG	375	336	L	39,4	30,3	77	0	1:11	1,7	MH

3.7 Gård 5

Denna gård skiljer sig från övriga vad gäller bakterieförekomst, som var låg (216-288 µg/g jord) i samtliga prover vid alla tre tillfällena utom i UK vid tillfälle 1 som var 408 µg/g jord, det vill säga i det lägre spannet av medel. Till skillnad från de andra gårdarna var tidpunkterna inte heller signifikant åtskilda för någon av de testade parametrarna, inklusive bakterieförekomsten. Svampförekomsten i RS var anmärkningsvärt låg både vid tillfälle 1 och 2, men så var inte fallet vid tillfälle 3. Totalt sett var svampförekomsten låg i samtliga behandlingar och svampindex låg på 0-2. Kvoterna på denna gård var generellt relativt höga jämfört med de andra gårdarna i studien, mycket beroende på de extra låga bakterieförekomsterna. Aggregeringen var, i motsats till det genomgående mönstret, som högst vid tillfälle 1 för att sedan minska något till medelhög i samtliga behandlingar vid tillfälle 2 och 3. OG vid tidpunkt 1 var det enda provet i studien med ett protistindex under 1. Även i juni 2022 var den låg (1,0) liksom även UK, men ett år efter studiens start var OG i stället bland de högsta av alla prover med 1,9. Inte heller inom denna gård fanns några signifikanta skillnader mellan behandlingarna. (Tabell 10).

Tabell 10. Gård 5, resultat för samtliga behandlingar vid provtagningstillfälle 1-3. Se tabell 6 för förklaring av hur resultatet för de olika parametrarna ska tolkas.

	Total mikrobiell biomassa (µg/g jord)	Bakterier (µg/g jord)	Bakterievärdering	Svampbiomassa (µg/g jord) TOT	Svampbiomassa (µg/g jord) ≥3µm	Andel svampfragment ≥3µm (%)	Svampindex	Svamp/bakterie-kvot	Protister	Aggregering
21-08-23										
RS	267	240	L	26,5	24,7	93	0	1:10	1,4	H
BS	305	240	L	64,5	55,0	85	1	1:4	1,1	H
UK	463	408	M	55,3	45,0	81	1	1:9	1,8	H
BG	273	216	L	56,7	48,8	86	1	1:4	1,6	H
OG	293	240	L	52,9	40,9	77	1	1:6	0,9	H
SB	263	216	L	46,5	41,6	89	1	1:5	1,3	H
22-06-27										
RS	261	240	L	20,5	13,8	67	0	1:17	1,4	MH
BS	277	240	L	36,8	29,5	80	0	1:8	1,5	MH
UK	307	240	L	66,5	60,4	91	2	1:4	1,0	MH
BG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OG	246	216	L	29,7	22,4	75	0	1:10	1,0	MH
SB	291	240	L	51,1	42,0	82	1	1:6	1,5	MH
22-08-29										
RS	364	288	L	75,7	64,8	86	2	1:4	1,1	MH
BS	321	288	L	32,6	30,8	94	0	1:9	1,2	MH
UK	279	240	L	39,3	27,7	70	1	1:9	1,8	MH
BG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OG	330	288	L	42,3	30,7	73	1	1:9	1,9	MH
SB	343	288	L	55,3	46,7	84	1	1:6	1,5	MH

3.8 Ekonomi

Samtliga behandlingar utom SB innebär en ökad kostnad i form av olika odlingsinsatser. I tabell 11 presenteras de ungefärliga kostnaderna utifrån prisläget i januari 2023.

Tabell 11. Kostnadsberäkning för de olika behandlingarna.

Behandling	Pris (vara)	Kostnad körning	Mängd	Totalt	Kostnad jämfört med ordinarie metod
BG	47 kr/kg	400 kr/ha	7,5 kg/ha	753 kr/ha	+753 kr/ha
BS	7,28 kr/kg	Kombisådd	110 kg/ha	800 kr/ha	+800 kr/ha
OG (Biofer)	6,5 kr/kg	Kombisådd	500 kg/ha =(50 kg N/ha)	3250 kr/ha	+2000 kr/ha (N-pris 25 kr/kg)
(OG) Stallgödsel	35 kr/ton	575 kr/ha	25 ton/ha	1450 kr/ha	+200 kr/ha
SB		660 kr/ha		660 kr/ha	-56 kr/ha

4. Diskussion

Efter dessa båda försöksår kan konstateras att resultaten är varierande och att det är svårt att se några tydliga trender. Bakterieförekomsten varierade generellt förhållandevis mindre än svampen, även om det fanns några få undantag. (Bakterier 216-720 µg/g, svamp 19,5-166,2 µg/g). Under 2022 var bakterieförekomsten ännu jämnare (216-480 µg/g). Det är svårt att säga något om bakterieförekomst utifrån ljusmikroskopi och därav blir klassningen grov. Enligt Mikroliv bedöms detta som låga nivåer, samtidigt som en jämförelse med prover från flera norska jordar analyserade av samma firma hade total mikrobiell biomassa (bakterier + svamp) på 345-432 µg/g (Pommersche & Rittl, 2022).

Eftersom gårdarna har olika förutsättningar vad gäller till exempel jordart, växtföljd, tillgång på stallgödsel med mera, är de inte helt jämförbara sinsemellan. Följden blir att insatserna främst bör jämföras inom respektive gård och över tid. Dataunderlaget är för flera av behandlingarna litet och obalanserat, så resultatet av de statistiska analyserna bör också tolkas med viss försiktighet. För varken bakterier eller svamp gick det att se några tydliga trender för de olika behandlingarna. Istället verkar andra faktorer ha spelat större roll, exempelvis väderlek och provtagningstidpunkt. Även platsen, det vill säga vilken gård provet togs på, tycks ha spelat större roll än behandlingen i denna studie. Det tyder på att brukningsmetoder och odlingssystem, samt kanske även jordart, är avgörande och sannolikt kräver mer än två odlingssäsonger för att uppvisa tydliga resultat. Av praktiska skäl var det omöjligt i detta försök att få till provtagning vid samma tidpunkt på samtliga gårdar två år i rad, vilket komplicerar tolkningen och troligen kan förklara en del av de skillnader som syns mellan år 2021 och 2022. Vid en första anblick ser det ut att ha varit generellt lägre bakterieförekomst 2022 än 2021 och att det inte skiljde sig beroende på om proverna togs i juni eller augusti, men augustiproverna 2022 togs enbart på gård 4 och 5. Mer än hälften av proverna från provtagning 3 är från gård 5, som även år 2021 (augusti) uppvisade lägre bakterieförekomst än övriga gårdar, med låg förekomst i samtliga prov medan övriga gårdar låg på medel i de allra flesta prover. Därmed går det ändå inte att utesluta att tidpunkten varit avgörande, vilket bekräftas av ANOVA-analysen som visade att både bakterieförekomst och total mikrobiell biomassa var signifikant högre

även i augusti 2022, jämfört med juni 2022. Ser man på resultaten enbart för gård 4 är trenden också just att det var högre i augusti 2022 än i juni 2022, om än inte lika högt som augusti 2021. Därför rekommenderar vi att om man vill följa utvecklingen i sin jord över tid bör man vara noga med att ta representativa prover vid samma tid på året med så lika förhållanden som möjligt.

En av anledningarna till att detta område är så komplext att studera är att många olika faktorer spelar in. Baum et al. (2015) beskriver i en litteraturgenomgång att svampförekomsten kan skilja mellan år; samma insats med mykorrhiza som biostimulant kan två olika år leda till helt olika resultat, på grund av svampens fukt- och temperaturberoende. Bittman et al. (2005) visade att effekten av tillförsel av stallgödsel eller mineralgödsel på bakterieförekomst var inkonsekvent i deras studie och konstaterade också att annat, som markfukt och temperatur, måste ha spelat in. Detta har även tidigare uppmärksammats av Frey et al. (1999), som såg högre svampförekomst och högre F:B-kvot i plöjningsfritt, men där det visade sig att om olika nivåer av markfukt togs i beaktande så fanns inga skillnader mellan de olika bearbetningarna. Högre markfukt gynnade svampen i såväl plöjda som oplöjda led. I vårt försök skilde sig nederbörds mängden åt mellan de båda åren. Augusti 2021, då provtagning 1 ägde rum, var ovanligt nederbördsrik och inte så varm (SMHI, 2022), jämfört med augusti 2022 som var torrare än vanligt i södra Sverige (SMHI, 2022). Även i juni 2022 var det relativt torrt, detta i kombination med ovanligt hög temperatur. Se tabell 12 för detaljer. Med stöd av resultaten från Frey et al. (1999) anser vi det därför troligt att väderleken är en del av förklaringen till den lägre observerade mikrobiella biomassan 2022. Även aggregeringen verkar följa samma trend, förutom på gård 4, även om det var lite överraskande att inte se något samband mellan högre svampförekomst och bättre jordstruktur. Sammantaget betyder detta också att klimatförändringar och mer förväntade extremväder framöver gör att det även ur marklivsaspekten är viktigt med torktåliga, resilienta odlingssystem, eftersom torka kan påverka även markens mikroliv negativt.

Tabell 12. Nederbörds mängder(mm) i Halland april-augusti under de båda försöksåren (SMHI, 2022). De grönmärkerade rutorna indikerar när provtagningarna ägde rum.

	April	Maj	Juni	Juli	Augusti
2021	25-50	100-150	10-25	75-150	100-150
2022	50-75	50-75	25-50	50-100	25-75

Under första året skulle tendensen till lägre markmikroliv på gård 5 delvis kunnat hänga samman med en mycket låg ogräsförekomst och av få arter på denna gård, eftersom diversitet i växtligheten gynnar även marklivets diversitet (Chen et al., 2019), men trenden var samma även år 2 och då var gård 5 istället en av de gårdarna med mest ogräs (bilaga 1). Dessutom har en studie av Eisenhauer et al. (2010) visat att effekten av högre antal växtarter på mikrobiell biomassa framträdde först efter fyra år, sannolikt beroende på att växtmaterialet behöver ackumuleras i jorden innan förändring i det mikrobiella samhället sker. En stor meta-analys av 106 tidigare studier, genomförd av Chen et al. (2019), bekräftade att effekterna av växtdiversitet på markmikrolivet är större i äldre och mer diversa växtsamhällen. Det är alltså svårt att utvärdera effekter i vår tvååriga studie. Även på gård 2 var ogräsförekomsten låg år 2021, och så även 2022. Denna gård var i stället en av de där det möjligen fanns en tendens till rikare markliv och mer svamp, åtminstone år 1. Istället verkar det därför rimligt att det snarare var odlingssystemet som hade betydelse. Gård 5 brukas konventionellt och utan vall i växtföljden, dessutom på väldigt lätt sandjord. Det är värt att notera att F:B-kvoterna var något högre på denna gård, men att det alltså inte berodde på en hög svampförekomst utan på att bakterieförekomsten istället var lägre än på övriga gårdar och att marklivet generellt var lågt.

Flera av gårdarna i projektet var förhållandevis lika sett till odlingssystem, även om det var både ekologiska och konventionella gårdar. Gård 1, 3, 4 och 5 har alla stallgödsel i växtföljden och de tre förstnämnda även vall. Gård 2 är den gård som framför allt sticker ut från de övriga, genom att den brukas med plöjningsfria metoder. Här finns ingen vall i växtföljden, men å andra sidan innebär brukningsmetoden att marken alltid är bevuxen eller har stubb kvar och att det finns gott om organiskt material i ytan. Det är intressant att det i resultaten går att ana högre svampförekomst här, där det inte plöjts sedan 2006, under första året, trots att vi haft svårt att skilja mellan behandlingarna. Det bekräftar att det krävs mer långsiktiga åtgärder för att se skillnader och överensstämmer också med tidigare rapporter om högre svampförekomst i plöjningsfria system (t.ex. Bailey et al., 2002; Frey et al., 1999; Strickland & Rousk, 2010). Frey et al. (1999) observerade störst skillnad i F:B mellan plöjda och oplöjda led i jordens översta 5 cm, det vill säga det skiktet där våra prover är tagna, men huruvida resultatet även i vår studie skulle vara kopplat till markfukt snarare än plöjning har vi ingen möjlighet att bedöma. Feng et al. (2003) fann tvärtom inte någon skillnad i F:B i ytskiktet, men däremot var den totala mikrobiella biomassan även i detta fall högre för den oplöjda jorden. I vår studie hade det varit önskvärt att jämföra plöjda och icke-plöjda led på samtliga gårdar, men i praktiken var det omöjligt att få till, då de förutsättningar som krävdes inte fanns på alla gårdar. Därför tillkom behandlingarna FR på gård 2 och SB på gård 5, för att ändå ha med en jämförelse mellan olika bearbetningar. År 1 var trenden en dramatisk skillnad i F:B-kvot mellan FR och obearbetade led på gård 2 (1:31 jämfört med 1:3-1:8), men år 2 låg även FR i samma spann (1:7). En förklaring skulle kunna vara att första störningen i jorden efter att marken varit oplöjd länge kan ha större påverkan och därmed ge större effekt första året. Enligt Six et al. (2006) beror en högre svampförekomst i plöjningsfria system inte bara på bearbetningen, utan också på att det finns mer växtrester i ytan som gynnar svamp mer än bakterier. Man kan tänka sig att en fräsning inte förändrar detta förhållande lika mycket som en full plöjning skulle gjort. Likaledes kan stubbearbetningen på gård 5 förväntas ge mindre ytresten än ett helt plöjningsfritt system. För SB finns ingen trend att F:B-kvoten skulle skilja sig från övriga behandlingar, inte heller för total mikrobiell biomassa.

Det är också av relevans, i förhållande till litteraturen, att jämföra de ekologiska gårdarna med de konventionella. Första året tenderade förutom gård 2 även gård 1 (eko) att uppvisa förhållandevis hög svampförekomst. Däremot var fallet på gård 4 inte detsamma, å andra sidan var det på denna gård mycket torrt. För OG på de övriga gårdarna gick det inte heller att se några positiva svamptrender, snarare tvärtom. Bittman et al. (2005) såg i en vallodling med rörsvingel att upprepade givor stallgödsel över flera år minskade F:B-kvoten, vilket kan tyckas stå i motsats till andra resultat kring ekologisk odling. Dock var resultatet för mineralgödsel det samma och därmed berodde effekten på F:B-kvoten troligen snarare på den ökade kvävetillgången än att organiskt material i sig skulle ha den effekten. Lättnedbrytbart organiskt material skulle dock kunna gynna bakterier framför svamp. För tydligare resultat i vår studie skulle det varit önskvärt med ett mer enhetligt upplägg med samma organiska gödselmedel på alla gårdar, gärna djupströgs gödsel som kan förväntas ge större effekt på marklivet jämfört med exempelvis biofer som användes på flera av gårdarna. Oavsett val av organiskt gödselmedel är det alltid en utmaning att matcha tillgången på kväve så att den blir likvärdig mellan olika behandlingar. På gård 5 var det exempelvis tydlig näringsbrist i OG, vilket såklart försvårar alla jämförelser. Bossio et al. (1998) fann högre relativ svampförekomst i ekologiskt odlad jord och även om det är svårt att se i ett småskaligt försök som vårt, så sammantaget pekar litteraturen på att ekologiska metoder är viktiga för vinster i markliv och kolinlagring. För samtliga konventionella gårdar kan i UK-behandlingen anses ett bättre protistindex, särskilt för första året men även år 2 ligger det i de allra flesta fall bland de högsta jämfört med andra behandlingar. Det ska dock noteras att på gård 3 är samtliga led utom RS obekämpade, så

jämförelsen blir inte helt adekvat. Enligt uppgifter från Mikroliv (Katelyn Solbakk, personlig kommunikation) ligger de allra flesta jordprover från lantbruksjord på ett protistindex mellan 1-2, vilket stämmer för våra gårdar också men där UK på gård 2 vid provtagning 1 låg högre än 2 och alltså är bättre än förväntat. Däremot låg OG på gård 5 år 1 bara på 0,9, men här var som sagt stor näringsbrist som kan ha påverkat resultaten.

Blodklöver som bottengröda verkade under 2021 inte ha någon positiv effekt på någon av gårdarna, å andra sidan ska tilläggas att etableringen i många fall var väldigt dålig och dessa problem ledde fram till att denna behandling senare ströks på flera gårdar. Dels skulle nog utsädesmängden ha behövt vara högre för att kunna se effekter, men det skulle oavsett ha varit svårt att skilja eventuella effekter av klöver kontra ogräs. Visserligen har baljväxter specifikt visats ha positiva effekter för marklivet (Six et al., 2006), men det har även en ökad växtdiversitet (Chen et al., 2019). Eisenhauer et al. (2010) fann att antalet arter hade större betydelse än om arterna hörde till en viss funktionell grupp, exempelvis baljväxter. Av samma skäl är det svårt att dra slutsatser om AB utifrån ett så pass litet underlag, men de resultat vi har för denna behandling pekar på att det vore intressant att testa detta vidare. Medan artblandning i många fall kan vara svårt att få till i praktiken skulle, åtminstone i fodersyfte, sortblandningar kunna vara av större praktiskt intresse. Därför vore det intressant att även testa om det kan ha effekt på marklivet.

Effekten av biostimulanten är inte heller tydlig i vårt dataunderlag. År 1 kunde man på gård 2, där svampstatusen var god i utgångsläget, inte se effekter av BS, medan svampen för gård 1 var mer rikligt förekommande i BS-provet. Detta var dock inget som gick att se på övriga gårdar och det var heller ingen trend som höll år 2. Nyligen kom en rapport om biostimulanter från Hushållningssällskapet, där man i flera fältförsök över två år med sex olika biostimulanter inte heller kunde se några signifikant positiva skördeeffekter av dessa (Ståhl et al., 2022). Man kan även diskutera valet av biostimulant, då det finns flera produkter på marknaden som kan lämpa sig olika väl i olika situationer och för olika syften. Ferteos finns i flera varianter och ger enligt tillverkaren ökad tillgänglighet av N och P från stallgödsel, kanske skulle en annan produkt varit ett bättre val i de fall där stallgödsel inte förekommer. Enligt tillverkaren ska den mikrobiella aktiviteten förbättras hela 40 gånger (Timac Agro, u.å.).

Det finns flera olika metoder och analyser för att utvärdera markliv och jordhälsa, flera av de som använts inom forskningen är dock både dyra och utrustningskrävande. Exempel på metoder för att bestämma F:B-kvoten är analys av PLFAs (fosfolipidfettsyror) som är specifika för vardera grupp, bestämning av det svampspecifika ämnet ergosterol för att särskilja svampbiomassa från bakteriell dito, samt DNA-baserade analyser. Dock ska sägas att inte heller dessa analyser är utan utmaningar när det gäller tolkningen. Exempelvis kan det skilja sig åt hur effektiv extraktionen blir för svamp respektive bakterier, mängden ergosterol kan variera mellan olika svamparter och kvantifieringen av DNA kompliceras av att svamp kan ha en eller många cellkärnor innehållande DNA (Strickland & Rousk, 2010). Strickland & Rousk menar efter en omfattande litteraturgenomgång därför att metod för bestämning av F:B-kvoten ska väljas utifrån vilken huvudsaklig frågeställning man har. Malik et al. (2016) använde kolisotopen ^{13}C i sin studie av kolflöden, och bestämning av F:B-kvot gjordes genom såväl analys av PLFAs som RNA-sekvensering och proteinprofilering. I deras fall visade samtliga metoder god överensstämmelse.

På senare år har enklare och billigare metoder utvecklats och blivit fler. Nyligen publicerades ett norskt nyhetsbrev där några av dessa metoder jämfördes och utvärderades (Pommeresche & Rittl, 2022), däribland Mikrolivs mikroskopering som vi använt i denna studie. De testade jord från dels en jord där potatis odlats under lång tid och dels jord från mjölkgårdar, insamlad i fält med vall eller från betesmark. Deras resultat visade oväntat god samstämmighet mellan den manuella

mikroskoperingen och en annan metod, Microbiometer-test, som också mäter den mikrobiella biomassan. Båda testerna visade överraskande nog lägst mikrobiell biomassa i vall på mineraljord, snarare än i potatisjorden. Enda avvikande resultatet mellan de båda metoderna var i vall på mulljord, där resultatet blev väldigt högt för Microbiometer-testet. I detta test slammas jorden upp med vatten och kemikalier i ett testkit och färgen på lösningen avläses sedan med hjälp av en app. Författarna spekulerar därför i om det höga resultatet kan ha att göra med att färgen från organiskt material i sig kan ha påverkat avläsningen i mulljorden och därmed överskattat förekomsten av mikrobiell biomassa. Även om metoderna sammantaget korrelerade väl i förhållande till varandra, så skilde sig de absoluta beloppen åt mellan metoderna. Medan Mikroliv anger biomassan som $\mu\text{g/g}$, så ger Microbiometer-testet resultatet i $\mu\text{g C/g}$. Eftersom siffrorna var ganska likvärdiga mellan metoderna, trots att de borde varit lägre när bara massan av det mikrobiella kolet anges, så finns en risk att den manuella mikroskoperingen underskattar den mikrobiella biomassan. Å andra sidan menar Pommersche och Rittl (2022) att likheten mellan siffrorna också skulle kunna bero på att Microbiometer-testet inkluderar såväl levande som döda celler, medan Mikroliv i den manuella mikroskoperingen enbart räknar hela celler och hyfbitar. Sammantaget bör man ändå vara försiktig med att jämföra resultat från olika metoder, samt med att betrakta resultaten som exakta. Samstämmigheten mellan metoderna avseende vilka prover som presterade högst respektive lägst resultat anser vi ändå bekräftar att mikroskoperingen som använts i denna studie är ett godtagbart alternativ för den som vill skaffa sig en uppfattning om statusen i sin jord. Däremot hade det i denna studie varit önskvärt om det funnits utrymme för fler upprepningar av prover från samtliga behandlingar vid varje provtillfälle. Exempelvis visar det faktum att RS för gård 2 tillfälle 1 är bättre än övriga behandlingar på osäkerheten i materialet. Andra exempel är den stora skillnaden i svampförekomst mellan juni och augusti 2022 på gård 4 och att det på gård 5 var anmärkningsvärt låg svampförekomst i RS både provtagning 1 och 2, men inte provtagning 3. Den norska studien rekommenderar minst tre jordprover från varje jord man vill testa (Pommersche & Rittl, 2022). De rekommenderar också användning av flera analysmetoder simultant för ett mer övergripande underlag och säkrare resultat. I sin studie analyserade de även jorden med Solvita field soil-test som mäter respirationen och ett POXC-test som mäter mängden aktivt kol. Båda dessa tester visade klart lägre resultat för potatisjorden än för vall och bete oavsett jordart (200 respektive 696-806 mg C/kg torr jord och 12,6 respektive 43,2-57,4 ppm CO₂), vilket var mer väntat. Lägre mikrobiell biomassa i vallen än den intensivt brukade potatisjorden var överraskande och överensstämde inte heller med tidigare resultat. En annan norsk studie (Chen et al., 2020) visade exempelvis högre mikrobiell biomassa när vall inkluderades i växtföljden. I detta fall användes dyrare metoder med DNA-sekvensering vilket inte är ekonomiskt och praktiskt genomförbart för den enskilde lantbrukaren eller i rådgivningsarbetet. Detta är dock samma trend som vi kunnat observera i våra resultat. Exempelvis på gård 5, som saknar vall i växtföljden, var förekomsten av mikrobiell biomassa lägre. De olika resultaten anser vi bekräftar rekommendationen av flera analystyper parallellt.

De billigare och enklare testmetoderna, som enligt Pommersche och Rittl (2022) ligger på drygt 100 kr styck, är av ökande intresse för lantbrukare och rådgivare. Det skulle vara intressant att se en studie där dessa jämförs inte bara med varandra utan också med till exempel analys av PLFAs. Dessutom skulle det vara av stort intresse med rekommendationer för att öka användarvänligheten och tolkningsbarheten för lantbrukaren. För att möjliggöra detta är det viktigt med denna typ av studie, där ett dataunderlag byggs upp så att vi får ökad kunskap om hur det ser ut i lantbruksjorden i Halland och Sverige. Mikroliv rekommenderar en F:B-kvot på 1:1 som idealiskt för jordbruk, men sett till litteraturen i stort finns inte den typen av konsensus och många faktorer spelar in. Ingen av våra gårdar är i något enda prov nära en så hög kvot, trots att de i flera fall brukas ekologiskt eller med reducerad bearbetning. I en tidigare studie som vi på Växa genomförde under 2019–2020 där

jordprover också togs på ett flertal halländska gårdar och analyserades av Mikroliv var bilden lite annorlunda. I juni 2020 fanns på två gårdar, gård 4 i denna studie samt en annan ekologisk gård, F:B-kvoter på 1:3 respektive 1:2 i vall och höstvetete (Lans Strömblad & Holmberg, 2021). Såväl svamp- som bakteriebiomassan i dessa prover låg inom spannet för resultat i den innevarande studien, så det är kombinationen av relativt låg bakterieförekomst och hög svampförekomst som ligger bakom de anmärkningsvärt högre kvoterna. För gård 4 var det exempelvis 121 µg/g svamp och 288 µg/g bakterier år 2020. Juni 2020 var betydligt nederbördsrikare än juni 2021 och 2022 (SMHI 2022), vilket stärker slutsatsen att markfukten har stor påverkan på marklivet och framför allt svampförekomsten. Även det faktum att grödorna var fleråriga och hade växt längre tid kan troligen ha påverkat. Å andra sidan hade en annan ekologisk mjölkgård F:B-kvoter på 1:2 och 1:1 i vall och korn under 2019, som var jämförbar med denna studiens båda år vad gäller juninederbörd, medan samma vall och höstvetete som såddes efter kornet hade kvoter på 1:5 och 1:8 år 2020. Dock skulle naturligtvis mer lokala skillnader i nederbörd kunna vara en förklaring. Ett annat problem med att ge en tydlig rekommendation är att många analysmetoder inte skiljer på mykorrhiza, nedbrytarsvampar och skadesvampar, som förstås har väldigt olika roller i jordens mikroliv (Pommersche & Rittl, 2022).

I detta projekt har inga utvärderingar av skördemängder gjorts, vilket förstås behöver beaktas för att fatta beslut i odlingen. Av tabell 11 framgår att framför allt biofer är en dyr insats på en konventionell gård jämfört med mineralkväve, samtidigt som den förväntade nyttan för marklivet är låg. För övriga insatser är det utifrån denna studie svårt att uttala sig om den eventuella ekonomiska nyttan. Det är alltid en god idé att testa något på en mindre yta, representativ för fältet, och själv utvärdera innan man satsar för mycket på en viss insats. Det är också viktigt, om än svårt att räkna på, att ha med sig att även en degradering av jordhälsan är förödande för den långsiktiga ekonomin. Därmed finns en fara i att enbart fokusera på täckningsbidrag för de olika insatserna, utan att även räkna in värdet av en långsiktig jordhälsa.

5. Slutsatser

Utifrån denna studie kan konstateras att svampförekomsten i jorden på de fem halländska gårdarna var låg under 2021-2022, medan bakterieförekomsten var relativt hög. Markfukten verkar spela stor roll, troligen större än de olika odlingsinsatserna under dessa två säsonger. Resultaten tyder på att vall i växtföljden som förväntat var en fördel. En kunskapsbank kring markmikrolivet i svensk jord behöver byggas upp för att öka förståelsen hos såväl lantbrukare som rådgivare kring statusen i olika jordar och möjligheter att gynna markmikrolivet. Detta är av extra stort intresse med tanke på den avgörande roll som mikroorganismer i jorden vistas ha för kolinlagring (Tao et al., 2023). Enkla, gårdsnära provtagningsmetoder är av stort intresse. För att följa sin jord över tid är det viktigt att ta prover vid samma tidpunkt på året. Prova alltid insatser i liten skala och utvärdera.

6. Referenser

- Bailey, V.L., J.L. Smith, and H. Bolton, Jr. 2002. Fungal-to-bacterial ratios in soils investigated for enhanced C sequestration. *Soil Biol. Biochem.* 34:997–1007.
- Baum, C., El-Tohamy, W., Gruda, N. (2015) Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: A review. *Scientia Horticulturae* 187: 131-141. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.002>
- Bender, S.F., Wagg, C. and van der Heijden, M.G.A. 2016. An underground revolution: Biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability. *Trends in Ecology & Evolution*, 31:6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2016.02.016>
- Berutti, A., Lumini, E., Balestrini, R. & Bianciotto, V. 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: Let's benefit from past successes. *Frontiers in Microbiology*. DOI: 10.3389/fmicb.2015.01559
- Bittman, S., Forge, T.A. and Kowalenko, C.G. 2005. Responses of the bacterial and fungal biomass in a grassland soil to multi-year applications of dairy manure slurry and fertilizer. *Soil Biology and Biochemistry* 37:613-623. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.07.038>
- Bossio, D.A., K.M. Scow, N. Gunapala, and K.J. Graham. 1998. Determinants of soil microbial communities: Effects of agricultural management, season, and soil type on phospholipid fatty acid profiles. *Microb. Ecol.* 36:1–12.
- Chen, C., Chen, H.Y.H., Chen, X. and Huang, Z. 2019. Meta-analysis shows positive effects of plant diversity on microbial biomass and respiration. *Nature communications*, 10:1332. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09258-y>
- Chen, X., Henriksen, T. M., Svensson, K. & Korsaeath, A. 2020. Long-term effects of agricultural production systems on structure and function of the soil microbial community. *Applied Soil Ecology* vol. 147. Doi: 10.1016/j.apsoil.2019.103387
- De Corato, U. 2020. Soil microbiota manipulation and its role in suppressing soil-borne plant pathogens in organic farming systems under the light of microbiome-assisted strategies. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 7:17. <https://doi.org/10.1186/s40538-020-00183-7>
- Dignac, M-F., Derrien, D., Barré, P., Barot, S., Cécillon, L., Chenu, C., Chevallier, T., Freschet, G.T., Garnier, P., Guenet, B., Hedde, M., Klumpp, K., Lashermes, G., Maron, P-A., Nunan, N., Roumet, C. and Basile-Doelsch, I. 2017. Increasing soil carbon storage: mechanisms, effects of agricultural practices and proxies. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37:14. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0421-2>
- Eisenhauer, N., Beßler, H., Engels, C., Gleixner, G., Habekost, M., Milcu, A., Partsch, S., Sabais, A.C.W., Scherber, C., Steinbeiss, S., Weigelt, A., Weisser, W.W and Scheu, S. Plant diversity effects on soil microorganisms support the singular hypothesis. *Ecology*, 91:485-496. <https://doi.org/10.1890/08-2338.1>
- Feng, Y., Motta, A.C., Reeves, D.W., Burmester, C.H., van Santen, E. and Osborne, J.A. 2003. Soil microbial communities under conventional-till and no-till continuous cotton systems. *Soil Biology & Biochemistry*, 35:1693-1703. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2003.08.016>
- Frey, S.D., E.T. Elliott, and K. Paustian. 1999. Bacterial and fungal abundance and biomass in conventional and no-tillage agroecosystems along two climatic gradients. *Soil Biol. Biochem.* 31:573–585.
- Hage-Ahmed, K., Rosner, K. and Steinkellner, S. 2018. Arbuscular mycorrhizal fungi and their response to pesticides. *Pest Management Science*, vol. 75. <https://doi.org/10.1002/ps.5220>
- Jordbruksverket. 2010. Reducerad jordbearbetning på rätt sätt – en vinst för miljön! Rapport 2010:36. [ra10_36.pdf \(jordbruksverket.se\)](http://www.jordbruksverket.se/ra10_36.pdf)
- Lans Strömblad, H. & Holmberg, I. (2021) Markbördighet och ökad kolinlagring genom ökat mikroliv i

- marken. Växa Sverige. [Opublicerad rapport].
- Malik AA, Chowdhury S, Schlager V, Oliver A, Puissant J, Vazquez PGM, Jehmlich N, von Bergen M, Griffiths RI and Gleixner G. 2016. Soil Fungal:Bacterial Ratios Are Linked to Altered Carbon Cycling. *Front. Microbiol.* 7:1247. doi: 10.3389/fmicb.2016.01247
- Pommersche, R. & Rittl, T. 2022. Hvordan måle jordhelse? Agropub Fagartikkel 1 sept 2022. <https://www.agropub.no/fagartikler/hvordan-male-jordhelse>
- Rasse, D., Økland, I., Bárcena, T.G., Riley, H., Martinsen, V., Sturite, I., Joner, E., O'Toole, A., Øpstad, S., Cottis, T. and Budai, A. 2019. Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord. (NIBIO rapport vol. 5, nr 36) Ås. Tillgänglig: https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2591077/NIBIO_RAPPORT_2019_5_36.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Rejali, F., Dolatabad, H.K., Safari, M and Abadi, V.A.J.M. 2022. The potential effects of fungicides on association of Rhizophagus irregularis with maize and wheat. *Brazilian Archives of Biology and Technology* vol 65. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2022210304>
- Rosenberg, K., Bertaux, J., Krome, K., Hartmann, A., Scheu, S. and Bonkowski, M. 2009. Soil amoebae rapidly change bacterial community composition in the rhizosphere of *Arabidopsis thaliana*. *The ISME-Journal* 3:675-684.
- Samuelsson, A. & Jonsson, P. 2021. Växtbiostimulanter – nya redskap i odlarens verktygslåda. Jordbruksverket. [Växtbiostimulanter – nya redskap i odlarens verktygslåda \(jordbruksverket.se\)](https://jordbruksverket.se)
- Six, J., Frey, S.D., Thiet, R.K. and Batten, K.M. 2006. Bacterial and Fungal Contributions to Carbon Sequestration in Agroecosystems. *Soil Science Society of America Journal* 70:555-569. doi:10.2136/sssaj2004.0347
- SMHI 2022. Månads-, årstids- och årskartor. <https://www.smhi.se/data/meteorologi/kartor/medel/manadsnederbord-medel>
- Strickland, M.S. and Rousk, J. 2010. Considering fungal:bacterial dominance in soils – Methods, controls and ecosystem implications. *Soil Biology and Biochemistry* 42:1385-1395. doi:10.1016/j.soilbio.2010.05.007
- Ståhl, P., Andersson, K., Nätterlund, H. & Lübeck, E. 2022. Slutrapport Organiska gödselmedel och biostimulanter. Hushållningssällskapet. [slurapport-organiska-godselsmedel-och-biostimulanter-220906-1.pdf \(hushallningssallskapet.se\)](https://hushallningssallskapet.se/slurapport-organiska-godselsmedel-och-biostimulanter-220906-1.pdf)
- Sukarno, N., Smith, S.E. and Scott, E.S. 1993. The effect of fungicides on vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *New Phytologist* 25:139-147. Doi: 10.1111/j.1469-8137.1993.tb03872.x
- Sun, S., Sidhu, V., Rong, Y. and Zheng, Y. 2018. Pesticide pollution in agricultural soils and sustainable remediation methods: a review. *Current pollution reports* 4:240-250. <https://doi.org/10.1007/s40726-018-0092-x>
- Tao, F., Huang, Y., Hungate, B.A., Manzoni, S., Frey, S.D., Schmidt, M.W.I., Reichstein, M., Carvalhais, N., Ciais, P., Jiang, L., Lehmann, J., Wang, Y-P., Houlton, B.Z., Ahrens, B., Mishra, U., Hugelius, G., Hocking, T.D., Lu, X., Shi, Z., Viatkin, K., Vargas, R., Yigini, Y., Omuto, C., Malik, A.A., Peralta, G., Cuevas-Corona, R., Di Paolo, L.E., Luotto, I., Liao, C., Liang, Y-S., Saynes, V.S., Huang, X. & Luo, Y. 2023. Microbial carbon use efficiency promotes global soil carbon storage. *Nature* 618, 981-985. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06042-3>
- Timac Agro. (u.å.) Ferteos ger ökad rottillväxt och ökad tillgänglighet av N och P från stallgödsel. Infoblad Timac Agro Sverige: [depliant20FERTEOS20A520SE.pdf \(timacagro.com\)](https://timacagro.com/depliant20FERTEOS20A520SE.pdf)
- Tejada, M., Benítez, C., Gómez, I. and Parrado, J. 2011. Use of biostimulants on soil restoration: Effects on soil biochemical properties and microbial community. *Applied Soil Ecology* 49:11-17. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.07.009>
- Verbruggen, E., Rölling, W.F.M., Gamper H.A., Kowalchuk, G.A., Verhoef, H.A. and van der Heijden

M.G.A. 2010. Positive effects of organic farming on below-ground mutualists: large-scale comparison of mycorrhizal fungal communities in agricultural soils. *New Phytologist*, vol. 186, pp. 968-979. DOI: [10.1111/j.1469-8137.2010.03230.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03230.x)

Zhao, Q., Xiong, W., Xing, Y., Sun, Y., Lin, X. and Dong, Y. 2018. Long-Term Coffee Monoculture Alters Soil Chemical Properties and Microbial Communities. *Scientific reports* 8:6116. DOI: [10.1038/s41598-018-24537-2](https://doi.org/10.1038/s41598-018-24537-2)

7. Bilagor

Bilaga 1 – Ogräsinventering

Gård År	1		2		3		4		5	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Baldersbrå	x	x		x	x	x	x	x		x
Dån		x			x	x	x	x		
Förgätmigej	x			x	x	x		x		
Gullkrage					x	x				x
Harkål				x			x			
Havre			x							
Korsört			x							
Kvickrot		x			x		x	x		
Lomme	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Molke						x	x	x		
Näva					x				x	x
Penningört					x			x		
Pilört							x	x		
Plister					x	x		x		x
Skatnäva	x									
Skräppa								x		
Snärjmåra				x						
Spillraps							x	x		
Svinmålla			x	x	x		x	x		
Tistel					x	x	x	x		
Trampört									x	x
Törel							x			
Veronika				x			x			x
Vicker	x	x								
Viol			x	x	x	x	x			x
Vitgröe			x	x						x
Våtarv				x		x	x	x		
Åkerbinda					x			x		x
Åkersallat			x	x						
Åkerspärgel		x			x					
Åkervinda							x			
Ängssyra	x									
Totalmängd	5	4	2	1	4	4	4	4	1	5