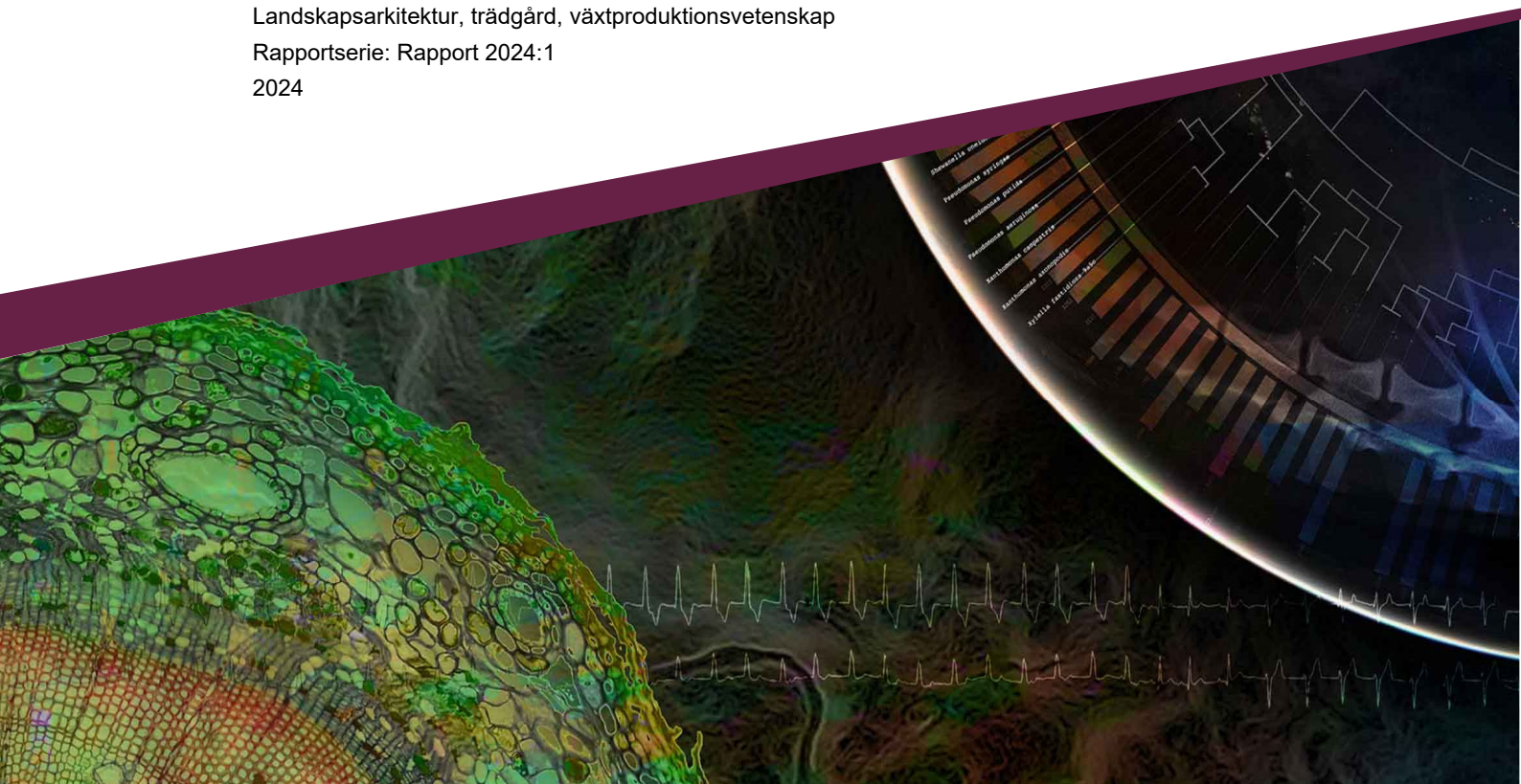




Växtföljder vid ekologisk odling i växthus

Anna Karin Rosberg, Beatrix Alsanius

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för biosystem och teknologi
Landskapsarkitektur, trädgård, växtproduktionsvetenskap
Rapportserie: Rapport 2024:1
2024



Växtföljder vid ekologisk odling i växthus

Anna Karin Rosberg, <https://orcid.org/0000-0002-4851-7354>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biosystem och teknologi, Ämnesgrupp Hortikulturell mikrobiologi

Beatrix Alsanius, <https://orcid.org/0000-0001-6300-2829>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biosystem och teknologi, Ämnesgrupp Hortikulturell mikrobiologi

Utgivare:	Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. f. biosystem och teknologi
Utgivningsår:	2024
Utgivningsort:	Alnarp
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Serietitel:	Landskapsarkitektur, trädgård, växtproduktionsvetenskap: rapportserie
Delnummer i serien:	2024:1
ISBN (tryckt version):	978-91-8046-924-1 (tryckt version)
ISBN (elektronisk version):	978-91-8046-925-8 (elektronisk version)
DOI:	https://doi.org/10.54612/a.27kt47odlg
Nyckelord:	ASC (agroekologisk servicegröda), diversifiering, ekologisk grönsaksodling, korta växtföljder, mikrobiell aktivitet, mikrobiell diversitet, näringsdynamik, låg-intensiv (low-tech) odling, tunnel

© 2024 Anna Karin Rosberg, Beatrix Alsanius

Detta verk är licenserat under CC BY 4.0. se <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Sammanfattning

I juni 2018 röstade EU igenom en ny förordning för ekologisk produktion (2018/848) som trädde i kraft 1 januari 2022. Den nya förordningen innebär att även det som odlas i växthus måste ha markkontakt (alv) för att certifieras som ekologiskt. Det nya regelverket innebär också att det måste finnas en växtföljd innehållandes en baljväxt- samt en grüngödslingskultur. Konsekvenserna av den nya lagstiftningen utvärderades under ett 2-årigt projekt finansierat av Jordbruksverket, med tre korta (ettåriga) grönsaksväxtföljder som odlades året runt i lågintensiva tunnelodlingar. Försöket genomfördes på certifierad ekologisk mark i Skåne åren 2021-2023. Växtföljderna omfattade gurka som huvudkultur, sockerärt som kvävefixerande baljväxt, vinruta resp. Japansk rättika som agroekologisk servicegröda samt bladgrönsaker. Växtföljderna utvärderades med hänsyn till avkastning och odlingserfarenheter, näringsdynamik, mikrobiell diversitet och aktivitet samt sjukdomsförekomst.

Vi fann att en två-årig försöksperiod ger vissa indikationer, men enbart begränsat med långsiktiga slutsatser kan dras efter en förhållandevis kort observationsperiod. Lågintensiv odling med korta växtföljder ledde till begränsad skördemängd. Odling av vinruta som agroekologisk servicegröda lämpar sig inte under höstsäsongen. Vid höstodling av vinruta noterades inga negativa effekter på nästföljande kultur. Växtföljdsrelaterade sjukdomar noterades inte i någon nämnvärd omfattning. Markens pH och halt växttillgänglig fosfor ökade över tid, likaså mikrobiell aktivitet. Mikrobiell aktivitet påverkades av den odlade kulturen, men inga skillnader fanns mellan växtföljderna. Alfa-diversitet i bakterie- och svampsamhällen var hög i samtliga växtföljder. Under den korta observationsperioden kunde inte skillnader mellan växtföljderna konstateras.

Nyckelord: ASC (agroekologisk servicegröda), diversifiering, ekologisk grönsaksodling, korta växtföljder, mikrobiell aktivitet, mikrobiell diversitet, näringsdynamik, låg-intensiv (low-tech) odling, tunnel

Abstract

In June 2018, the EU decided on a new regulation for organic production (2018/848) that gained force on January 1, 2022. The new regulation demands that also greenhouse production must take place in natural soil that is in contact with the subsoil. In addition there must be a crop rotation containing a legume and a green manure crop. In this two-year-long project funded by the Swedish Board of Agriculture, the consequences of the new legislation were evaluated. We employed three short (one-year) vegetable crop rotations, grown year-round in low-tech polytunnels. The trial was conducted on a field certified for organic production in Scania in 2021-2023. The rotations included cucumber as the main crop, sugar pea as a nitrogen-fixing legume, common rue and Japanese radish as an agroecological service crop and leafy vegetables. The rotations were evaluated in terms of agronomic factors, nutrient dynamics, microbial diversity and activity, as well as disease incidence.

We found that a two-year trial period provides indications, but allows only limited long-term conclusions after such a short term of observation. Low-tech cultivation with short crop rotations led to limited yields. Common rue as an agroecological service crop is not a suitable crop when grown during autumn. No negative effects by common rue on the next crop were observed in the autumn cultivation. Crop rotation related diseases were not notably present. Soil pH and plant available phosphorus increased over time, as did microbial activity. Microbial activity was influenced by the crop grown, but there were no differences between crop rotations. Alpha-diversity in bacterial and fungal communities was high in all rotations. During the short observation period no differences between the crop rotations could be found (beta-diversity).

Keywords: ASC (agroecological service crop), diversification, microbial activity, microbial diversity, nutrient dynamics, low-tech system, organic vegetable cultivation, polytunnel, short crop rotation

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	6
Figurförteckning.....	7
Förkortningar.....	9
1. Introduktion	10
1.1 Vision och frågeställning	12
1.2 Hypoteser.....	12
2. Material och metoder.....	13
2.1 Odlingen.....	13
2.2 Jordprovstagning	14
2.3 Analyser	14
2.3.1 Avkastning	14
2.3.2 Mikrobiell diversitetsanalys	15
2.3.3 Mikrobiell aktivitetsanalys	15
2.3.4 Näringsanalyser.....	15
3. Resultat och diskussion.....	16
3.1 Odlingserfarenheter och avkastning	16
3.2 Dynamik av näringsämnen	17
3.3 Mikrobiell aktivitet och diversitet	18
3.3.1 Mikrobiell aktivitet	18
3.3.2 Relativ abundans och mikrobiell diversitet	19
4. Slutsatser.....	29
Referenser.....	30
Tack 33	
Bilaga 1.....	34

Tabellförteckning

Tabell 1. Spurwayanalys av nitratkväve (N), svavel (S), fosfor (P), kalium (K) samt pH. Jordprover togs efter respektive gröda och innan gödsling gjordes	18
---	----

Figurförteckning

Figur 1. Tre korta växtföljder testade i en ekologisk lågintensiv (low-tech) tunnelodling.....	13
Figur 2. Jordens mikrobiella aktivitet (mg fluorescein/kg jord) efter avslutad gurkkultur. Gurka odlades på egen rot i växtföljd 1 och 2 och var ympad på den Fusarium-resistenta grundstammen "Routpower" i växtföljd 3.....	19
Figur 3. Biodiversitet - fråga om skala. Alfa-diversitet beskriver diversiteten inom ett habitat, medan beta- och gamma-diversitet karakteriserar diversiteten mellan habitat resp. på landskapsnivå (A). För beskrivning av alfa-diversitet används olika index, t.ex. artrikedom (Chao1, B) och fördelning (Shannon-index, C). B: Grafiken visar att artrikedomen är större i delfigur II än delfigur I. C: Fördelningen är jämnare i delfigur I än i delfigur II. (Illustration: B. Alsanus)	20
Figur 4. Relativ abundans av bakteriella fyla i tre korta växtföljder odlade i lågintensiv tunnel under skånska betingelser. Prover togs efter varje kultur. R1, R2, respektive R3 representerar växtföljderna. Y1 och Y2 representerar år 1 respektive år 2. SP=sockerärt, c=gurka, cg=ympad gurka, cr=vinruta, t=tatsoi, m=mizuna, lm=bladsenap.	21
Figur 5. Relativ abundans av bakteriella familjer i tre korta växtföljder odlade i lågintensiv tunnel under skånska betingelser. Prover togs efter varje kultur. R1, R2, respektive R3 representerar växtföljderna. Y1 och Y2 representerar år 1 respektive år 2. SP=sockerärt, c=gurka, cg=ympad gurka, cr=vinruta, t=tatsoi, m=mizuna, lm=bladsenap.	22
Figur 6. Relativ abundans av svampfyla i tre korta växtföljder odlade i lågintensiv tunnel under skånska betingelser. Prover togs efter varje kultur. R1, R2, respektive R3 representerar växtföljderna. Y1 och Y2 representerar år 1 respektive år 2. SP=sockerärt, c=gurka, cg=ympad gurka, cr=vinruta, t=tatsoi, m=mizuna, lm=bladsenap.....	23
Figur 7. Relativ abundans av svampfamiljer i tre korta växtföljder odlade i lågintensiv tunnel under skånska betingelser. Prover togs efter varje kultur. R1, R2, respektive R3 representerar växtföljderna. Y1 och Y2 representerar år 1 respektive år 2. SP=sockerärt, c=gurka, cg=ympad gurka, cr=vinruta, t=tatsoi, m=mizuna, lm=bladsenap.	24
Figur 8. Dynamik av alfa-diversitetsindikatorer för bakteriella och svampsamhällen i marken i korta växtföljder vid ekologisk odling i tunnel. Indikatorerna uttrycks för växtföljderna	

beskrivna i figur 1 för varje kultur och år relativ till värdena från den obrukade
marken. Värdena från den obrukade marken sattes som 100. A-C: Artrikedom baserad
på Chao1-index. D-F: Fördelning baserad på Shannon-index. Växtföljd 1: A,D; Växtföljd
2: B, E; Växtföljd 3: C, F. 26

Förkortningar

ASC	Agroekologisk servicegröda
FDA	Fluorescein diacetat

1. Introduktion

I juni 2018 röstade EU igenom en ny förordning för ekologisk produktion (2018/848). Den trädde i kraft 1 januari 2022. Växtföljd i växthus är en väsentlig pelare i denna ändrade lagstiftning som ekologisk trädgårdsodling under nordiska betingelser behöver beakta. Den nya förordningen innebär att det som odlas i växthus måste ha markkontakt (alv) för att certifieras som ekologiskt, vilket innebär en omställning för vissa eko-växthusodlare i Sverige. Några, delvis tidsbegränsade, undantag finns dock kvar i denna nya förordning för odlarna i de nordiska länderna: nämligen dispens för odling i avgränsade bäddar och kruka fram till 2031; detta gäller enbart redan etablerade odlingar och kommer inte omfatta nystartade företag. Undantaget från regeln gäller växter som säljs i den kruka som de odlats i såsom kryddor och prydnadsväxter. Det nya regelverket innebär också att det måste finnas en baljväxtkultur samt en grüngödslingskultur i växtföljden.

Ett av de största problemen med att odla direkt i mark kommer för de nordiska odlarna att vara problem med jordburna sjukdomar och det kalla klimatet, kombinerat med begränsad ljusinstrålning och –intensitet under stora delar av året. De flesta eko-växthusodlarna är specialiserade på ett fåtal grödor. Vid odling ute på fält använder sig odlarna av växtföljder på minst 4 år där de aktivt undviker att odla växter från samma växtslag just för att undkomma problem med jordburna sjukdomar. Växthusodlarna har helt andra förutsättningar och har svårare att skapa en diversifierad växtföljd. Det kommer att krävas innovativa lösningar för att det även i framtiden ska kunna finnas en ekologisk växthusproduktion av grönsaker i Norden.

Den 2018 presenterade åtgärdsplanen för att öka produktion, konsumtion och export av ekologiska livsmedel nämner inte utmaningarna vad gäller växtföljd som den svenska ekologiska växthusodlingen står inför och ger därför heller ingen vägledning i ämnet. Med sina totalt ca 15 ha areal har den ekologiska odlingen under kontrollerade betingelser (växthus, tunnel) en enorm utvecklingspotential, i synnerhet med tanke på EU-mål att minst 25% av jordbruksmarken ska ligga under ekologisk odling år 2030. Erfarenheter från olika europeiska länder visar att vinterodlade bladgrönsaker förefaller vara en intressant gröda i en diversifierad växtföljd vid ekologisk odling i växthus. Dessa produkter har fått ett kraftigt uppsving under de senaste 15 åren (Söderqvist, 2017) och importeras under

vintermånaderna från södra Europa och Nordafrika. Att införa vinterodling av bladgrönsaker i växtföljden för den ekologiska växthusproduktionen skulle innebära att Sverige skulle kunna täcka en större andel av handelns behov av bladgrönt under vintern genom närodling, samt till viss del fylla behovet av ekologiskt odlat bladgrönt som i nuläget utgör en väldigt liten del av den totala produktionen. En sådan växtföljd skulle också ha en positiv effekt på mångfalden av växtslag. I en tysk studie från 2018 framkom det att odling av bladgrönsaker under vintermånaderna hade goda effekter på huvudkulturen som i det fallet var gurka (Perkon, 2018). Detta bekräftas av preliminära resultat från studien "Anpassning till EU-direktiv 2018/848: Är vinterodlade bladgrönsaker lämpliga grödor vid ekologisk odling i tunnel i Sverige" (projektledare: Anna Karin Rosberg) som finansieras av Ekhaga stiftelsen.

Växtföljd har en stor inverkan på både markbördighet och markhälsa, och påverkar både diversitet och aktivitet av mikroorganismer; detta har i sin tur en viktig roll i jordens och växternas motståndskraft mot jordburna sjukdomar (van Elsas et al., 2012). Integrering av baljväxter i växtföljden innebär tillskott av kväve genom kvävefixerande bakterier, men samtidigt kan en tät förekomst av baljväxter i växtföljden leda till ökad förekomst av och angrepp genom rotpatogener, bland dessa algsvampar tillhörande släktet *Aphanomyces* (Levenfors, 2003), men också *Rhizoctonia*. Växtslag tillhörande familjen Rutaceae är rika på essentiella oljor. Extrakt från blad och blommor har visat insekticid verkan (*Ruta chalepensis*) (Akkari et al., 2015). Extrakt ur, men också inarbetning av, vinrutablåd (*Ruta graveolens*) i marken har haft en korkrotsmotverkande effekt (Oliva et al., 1999). Extrakt av vinruta har också rapporterats motverka olika sjukdomar orsakade av svamp, såsom *Rhizoctonia solani* (Pandey et al., 2016), men också nematoder (*Meloidogyne* sp., *Xiphinema index*; Sasanelli, 1992; Sasanelli & D'Addabbo, 1993). I in vitro-försök visade extrakt av vinruta måttlig effekt på *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Rhizopus stolonifer* och *Penicillium crysogenum* (Pandey et al., 2011). Det finns inga rapporter om hur inarbetning av vinruta samt dess växtmetaboliter påverkar markens mikroliv, sjukdomsförekomst resp. den följande kulturen under nordiska betingelser.

I det europeiska nätverket Biogreenhouse (COST Action FA1105) har det publicerats ett flertal skrifter kring ekologisk växthusodling i mark med rekommendationer för lämpliga växtföljder och näringsregimer, men dessa rekommendationer är inte anpassade till vårt nordiska klimat. För att kunna nå 25 %-målen är kulturens hälsostatus väsentlig. I föreliggande projekt avser vi att möta kraven från den nya lagstiftningen, regeringens målsättningar samt odlingens villkor genom en innovativ växtföljd.

1.1 Vision och frågeställning

Vår vision är att svensk ekologisk grönsaksproduktion i växthus och tunnel kan anpassas till de nya förutsättningarna som ges i EU direktivet 2018/848.

Frågeställningarna som behandlas i ansökan är:

- 1) Vilka kortsiktiga effekter (2-års perspektiv) har lågintensiva (low-tech) växtföljder med hänsyn till
 - Avkastning,
 - Markbördighet och markhälsa
 - Sjukdomsangrepp.
- 2) Vilken inverkan har vinruta på den följande kulturen med bladgrönsaker?

1.2 Hypoteser

Vår vision är att svensk ekologisk grönsaksproduktion i växthus och tunnel kan anpassas till de nya förutsättningarna som ges i EU direktivet 2018/848.

Frågeställningarna som behandlas är:

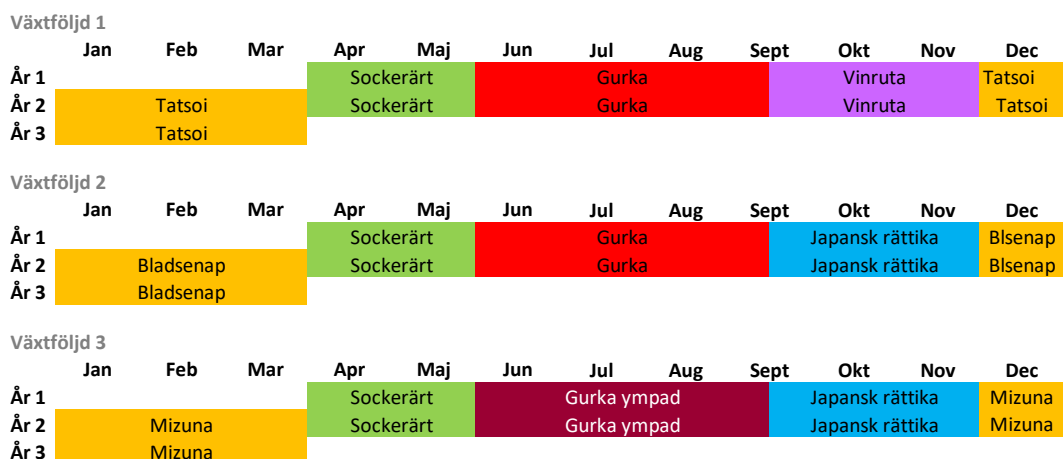
1. Ekologisk odling i tunnel med en diversifierad växtföljd kan bedrivas framgångsrikt året runt under sydsvenska betingelser.
2. Färsk bladbiomassa av vinruta har ingen tillväxthämmande effekt på vinterodlade bladgrönsaker.

2. Material och metoder

2.1 Odlingen

Projektet genomfördes i odlingstunnlar vid SLU, Alnarp, på mark som legat under en ekologisk växtföljd sedan många år tillbaka. Sedan 2019 har odlingstunnlarna nyttjats för ekologisk grönsaksodling. Tre olika växtföljder testades (Figur 1):

- **Växtföljd 1:** Sockerärt (*Pisum sativum* var. *saccharatum* 'Norli'), gurka (*Cucumis sativus* 'Cadence'), vinruta (*Ruta graveolens*), bladgrönsaker (*Brassica rapa* var. *narinosa* 'Tatsoi Tempo')
- **Växtföljd 2:** Sockerärt (*Pisum sativum* var. *saccharatum* 'Norli'), ympad gurka (*Cucumis sativus* 'Cadence'), japansk rättika (*Raphanus sativus* 'April Cross'), bladgrönsaker (*Brassica juncea* 'Bladsenap Golden Streaks')
- **Växtföljd 3:** Sockerärt (*Pisum sativum* var. *saccharatum* 'Norli'), gurka (*Cucumis sativus* 'Cadence' ympad på grundstam *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata* 'Routpower'), japansk rättika (*Raphanus sativus* 'April Cross'), bladgrönsaker (*Brassica rapa* var. *nipposinica* 'Mizuna')



Figur 1. Tre korta växtföljder testade i en ekologisk lågintensiv (low-tech) tunnelodling

Vid val av växter till dessa växtföljder togs både kraven av EU-förordning 2018/848 och växtslagets potential för ekonomisk hållbarhet i beaktande. Sockerärt valdes dels för att fungera som gröngödslingskultur åt huvudkulturen gurka, samt för att kunna ge skörd och därmed bidra till den ekonomiska vinningen av odlingen. Innan sockerärtorna planterades gödslades marken med kogödsel (750 L/100 m²) för att öka andelen organiskt material i marken. År 1, i samband med plantering av gurka, användes höns gödsel (2,5 dl/m²) samt patentkali (7 kg/100 m²) som gödning. Efter 2, 4 och 6 veckor tilläggsgödslades gurkplantorna med ytterligare 2,5 dl höns gödsel per m². Även år 2 gödslades marken med kogödsel i början av säsongen, och sen gödslades gurkplantorna med DCM ECOR 12-0-3 (15 kg/m²) samt patentkali (7 kg/100 m²) vid plantering. Efter 3 veckor tilläggsgödslades gurkan med DCM VIVIKALI NK 2-20 (8 kg/100 m²).

Automatisk droppbevattning användes från starten av sockerärtsodlingen till slutet av odlingen av japansk rättika respektive vinruta. Förutom en bevattning vid utplantering av bladgrönsakerna, användes i övrigt ingen bevattning till bladgrönsakerna. Dels för att undvika en för hög luftfuktighet i odlingstunneln vilket kan leda till svampangrepp och förstörd skörd, och dels för att undvika risken att bevattningsslangarna skulle frysa sönder under vintermånaderna.

Odlingsytorna i tunnarna var uppdelade i totalt 18 block (8,5 m²/block); 9 block per tunnel. De tre växtföljderna upprepades i båda tunnarna, med tre block per växtföljd och tunnel, vilket sammanlagt gav sex biologiska upprepningar per växtföljd.

2.2 Jordprovstagning

Jordprover togs innan växtföljden startades, samt vid varje byte av kultur, förutom efter rättika och vinruta år 2 på grund av tjäle i marken. Proverna togs med jordborr på 0-30 centimeters djup. Från varje block togs totalt åtta jordborrningar fördelade över blockytan. Dessa homogeniserades i en hink och sedan fylldes tre stycken 50 ml centrifugrör med jord och sparades i -20°C i väntan på vidare analys. Från samma hink togs 500 g jord som skickades till LMI AB (Helsingborg) för näringsanalys.

2.3 Analyser

2.3.1 Avkastning

Skördemängder från respektive kultur mättes som vikt per kvadratmeter.

2.3.2 Mikrobiell diversitetsanalys

Mikrobiell diversitet mättes med metagenomik, vilket innebär en sekvensering av alla bakterier och svampar i jorden. DNA extraherades först ur jorden med hjälp av ZymoBIOMICS DNA Miniprep kit enligt tillverkarens instruktioner. Extraherat DNA skickades sedan till LGC Genomics i Berlin för sekvensering. Den initiala hanteringen av datan gjordes av LGC Genomics (BLAST och kvalitetskontroll) som sedan skickade data tillbaka i form av BIOM-filer. All statistik utfördes sedan i R Studio med statistikpaketen *'Phyloseq'*, *'Vegan'*, och *'ggplot2'*.

2.3.3 Mikrobiell aktivitetsanalys

Mikrobiell aktivitetsanalys utfördes med hjälp av fluorescein di-acetats analys (FDA). Fluorescein diacetat hydrolyseras av ett flertal enzymer som utsöndras av svampar och bakterier, och bildar då fluorescein. Fluorescein är starkt guldfärgat och nivån av fluorescein går därför att läsa av med hjälp av en spektrofotometer. En hög mikrobiell aktivitet karakteriseras av en hög utsöndring av enzymer som i sin tur medför att mycket fluorescein di-acetat hydrolyseras vilket ger en stark färgreaktion i form av fluorescein. Mängden fluorescein uppmätt som absorbans, räknas sedan ut med hjälp av en standardkurva, gjord med kända koncentrationer av fluorescein, till mg fluorescein/kg jord.

2.3.4 Näringsanalyser

Spurwayanalys på näringsinnehåll i jorden gjordes av LMI AB (Helsingborg, Sverige). Jordprover för näringsanalys togs vid varje byte av kultur, förutom efter japansk rättika och vinruta år 2 då det var tjäle i marken.

3. Resultat och diskussion

3.1 Odlingserfarenheter och avkastning

Första året var etableringen av sockerärt dålig, vilket resulterade i att de inte skördades alls utan nyttjades enbart som grüngödsling. År två började skördandet den 11 maj, och skördades sedan vid fyra tillfällen fram till och med den 31 maj. Gällande huvudgrödan gurka började skörden den 14 juli och slutade den 7 september år ett, och den 5 juli till och med den 14 juli år två; alltså ca 9 veckors skörd. Skördemässigt var det inga signifikanta skillnader mellan de ympade gurkplantorna och de äkta gurkplantorna något av åren. Det var heller inga signifikanta skillnader i skördemängd mellan de olika växtföljderna för någon av grödorna. År två var det år som resulterade i de högsta skördenivåerna där sockerärt i snitt gav ca 0,3 kg/m², gurka ca 3,6 kg/m², rättika 0,6 kg/m², tatsoi 0,2 kg/m², bladsenap 0,045 kg/m², och mizuna 0,16 kg/m².

Vinruta, som odlades för att potentiellt ha en påverkan på sjukdomsalstrare i marken, var svår att etablera på hösten då groningen tog lång tid. Det resulterade i väldigt svag tillväxt och, även om det togs prover även efter vinruta, så kan eventuella effekter inte tillskrivas vinrutan i sig. Inför den andra säsongen odlades den istället i uppvärmt växthus. I samband med skörd av japansk rättika, hackades vinrutan och myllades ner i marken i de block som var avsedda för odling av vinruta. Temperaturen vid denna tidpunkt var dock inte fördelaktig för att nedbrytning skulle kunna ske i nämnvärd hastighet.

Från ett tidigare projekt med vinterodling av bladgrönsaker gjordes erfarenheter att direktsådd ledde till sämre etablering. I det här projektet försåddes därför bladgrönsakerna i uppvärmt växthus och planterades ut som pluggar. Detta ledde till en god etablering och skörd kunde ske vid flera tillfällen under vintern/tidig vår.

Första säsongen med odling av gurka användes hönsgödsel vid ett flertal tillfällen under säsongen. Då vi i andra projekt såg att användning av hönsgödsel minskade diversiteten av mikroorganismer, bestämde vi att byta gödslingsstrategi. I det här projektet verkar det dock som att förändringen inte påverkade diversiteten nämnvärt (avsnitt 3.3.2).

3.2 Dynamik av näringsämnen

Som förväntad ökade halterna av kväve (Tabell 1), men också av fosfor efter odling av sockerärt. Den svagare etablering av kulturen under försökets första år (2021) ledde till lägre kvävehalten i marken efter odling av sockerärt i växtföljd 1 och 2. Kvävehalten i jordprover tagna efter vinterodlade bladgrönsaker var avsevärt lägre efter vinterodling av bladgrönsaker. Skillnaden var större under andra jämfört med första försöksåret. Detta kan bero på den högre biomassan och avkastning av bladgrönsaker år 2. Det skulle också kunna förklaras med kväveläckage till lägre markskikt i och med att de odlade bladgrönsakerna enbart utvecklar ett mycket grunt rotsystem. Inom ramen för föreliggande projekt togs markprover enbart i 0-30 cm djup. Frågan om kväveläckage är viktigt för hållbarhetsbedömningen och behöver beaktas i kommande projekt.

I samtliga studerade växtföljder steg halten växttillgängligt fosfor i marken successivt under den tvååriga observationsperioden. Ökningen var något lägre i växtföljd 2 som omfattade odling av gurka på egen rot och japansk rättika som ASC, jämfört med de övriga två växtföljder (växtföljd 1: gurka på egen rot följd av vinruta; växtföljd 3: ympad gurka följd av japansk rättika). Skillnaden kan inte förklaras utifrån föreliggande data. Den observerade ökningen har redovisats tidigare i ett flertal undersökningar. Wang et al. (2016) rapporterade att fosforhalten var högre i mark från ekologisk tunnelodling jämfört med frilandsodling. Zikeli et al. (2017) konstaterade en påtaglig obalans i växttillgängligt kväve, fosfor och svavel i marken vid ekologisk odling av grönsaker i tunnel eller växthus i Tyskland oavsett certifieringsorgan (Bioland, Demeter). Under den tvååriga försöksperioden steg markens pH stadigt i alla tre växtföljder från pH 5,7 till 6,4-6,5 (Tabell 1). Även om pH-värdena efter två år med korta intensiva grönsakskulturer inte är alarmerande så bör trenden uppmärksammas i och med att pH är en viktig faktor för mikrobiell aktivitet och omsättning i marken, men också styr växttillgängligheten av mikronäringsämnen. Zikeli et al. (2017) noterade pH-värden mellan 7.2-7.8 i jord från kommersiella eko-växthus som odlade grönsaker.

Inga markanta skillnader i halten makronäringsämnen noterades efter odling av äkta gurka jämfört med ympad gurka.

Tabell 1. Spurwayanalys av nitratkväve (N), svavel (S), fosfor (P), kalium (K) samt pH. Jordprover togs efter respektive gröda och innan gödsling gjordes

Växtföljd 1							
	Sockerärt	Gurka	Vinruta	Bladgrönt	Sockerärt	Gurka	Bladgrönt
	2021	2021	2021	2022	2022	2022	2023
N	71,7	72,3	106,3	61,7	100,0	88,3	26,7
S	24,0	39,7	54,0	33,7	15,7	41,7	25,5
P	1,0	1,0	29,5	2,3	16,5	11,0	14,5
K	81,7	80,0	85,0	76,8	70,0	71,7	45,0
pH	5,7	5,8	5,7	6,0	6,4	6,4	6,5

Växtföljd 2							
	Sockerärt	Gurka	Rättika	Bladgrönt	Sockerärt	Gurka	Bladgrönt
	2021	2021	2021	2022	2022	2022	2023
N	87,3	64,7	90,0	76,5	111,7	100,0	23,3
S	31,0	37,0	40,7	38,2	17,8	46,7	23,2
P	1,5	1,4	1,6	2,4	18,3	9,2	9,7
K	59,7	40,7	36,3	70,8	58,3	65,0	23,3
pH	5,7	5,8	5,9	5,8	6,2	6,2	6,4

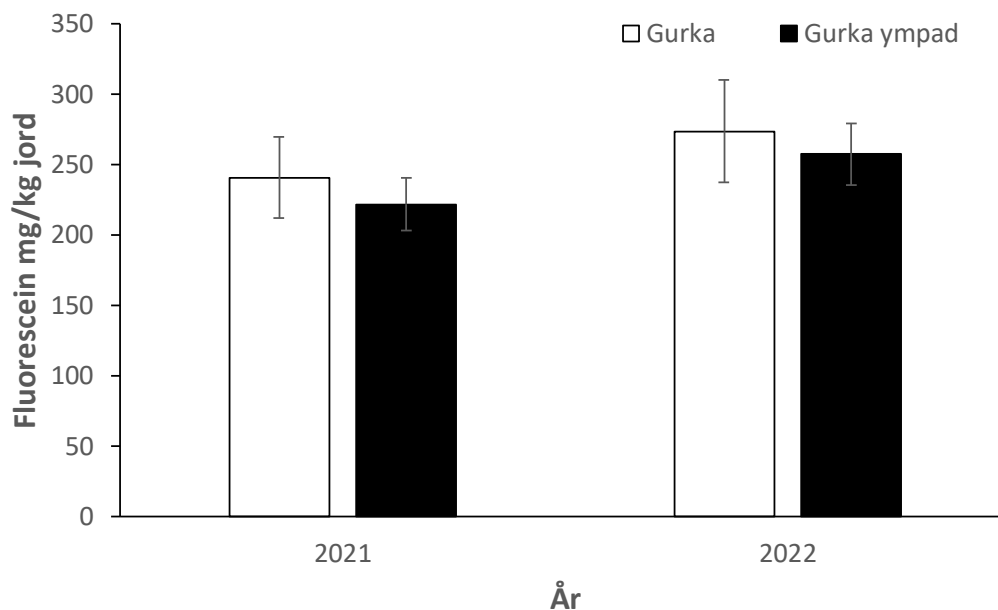
Växtföljd 3							
	Sockerärt	Ympad	Rättika	Bladgrönt	Sockerärt	Ympad	Bladgrönt
	2021	gurka	2021	2022	2022	gurka	2023
		2021				2022	
N	171,0	63,7	91,3	68,0	98,3	88,3	23,3
S	50,3	41,7	51,3	32,2	14,2	61,7	35,0
P	2,5	2,0	1,8	2,6	18,3	14,2	13,2
K	70,7	29,0	31,7	61,8	60,0	61,7	26,7
pH	5,7	5,9	5,9	5,7	6,3	6,3	6,4

3.3 Mikrobiell aktivitet och diversitet

3.3.1 Mikrobiell aktivitet

Markens mikrobiella aktivitet låg förhållandevis jämt i alla tre växtföljder över den två-åriga observationsperioden. Den låg som lägst på 204 mg fluorescein/kg jord (växtföljd 2 år 1: vinruta) och som högst på 335 mg fluorescein/kg jord (växtföljd 2 år 2: bladsenap) (Bilaga Fig. A1). Inga skillnader i mikrobiell aktivitet observerades mellan växtföljderna, dock mellan de två försöksåren ($p=0.002$) med en högre mikrobiell aktivitet år 2. Figur 2 illustrerar skillnaderna för huvudkulturen. En intressant observation är att den mikrobiella aktiviteten efter

ASC (både sockerärt och vinruta resp. japansk rättika) låg under medianvärdet, medan de för huvudkulturen och bladgrönsaker låg över. Det fanns generella signifikanta skillnader enligt Fisher-test mellan kulturerna (mg fluorescein/kg jord för bladgrönsaker: 280,5; gurka: 252,5; sockerärt: 229,2; ASC: 226,5 där ASC omfattar både vinruta och japansk rättika); $p < 0.001$). I samma analys noterades inga skillnader mellan sockerärt och ASC. Generellt sett var den mikrobiella aktiviteten på jämförbara nivåer som i EU-projektet GreenResilient, där försök genomfördes i Belgien, Danmark, Frankrike, Italien och Schweiz (Rosberg et al., 2021).



Figur 2. Jordens mikrobiella aktivitet (mg fluorescein/kg jord) efter avslutad gurkkultur. Gurka odlades på egen rot i växtföljd 1 och 2 och var ympad på den Fusarium-resistent grundstammen "Routpower" i växtföljd 3. Den mikrobiella aktiviteten var signifikant högre år 2 jämfört med år 1.

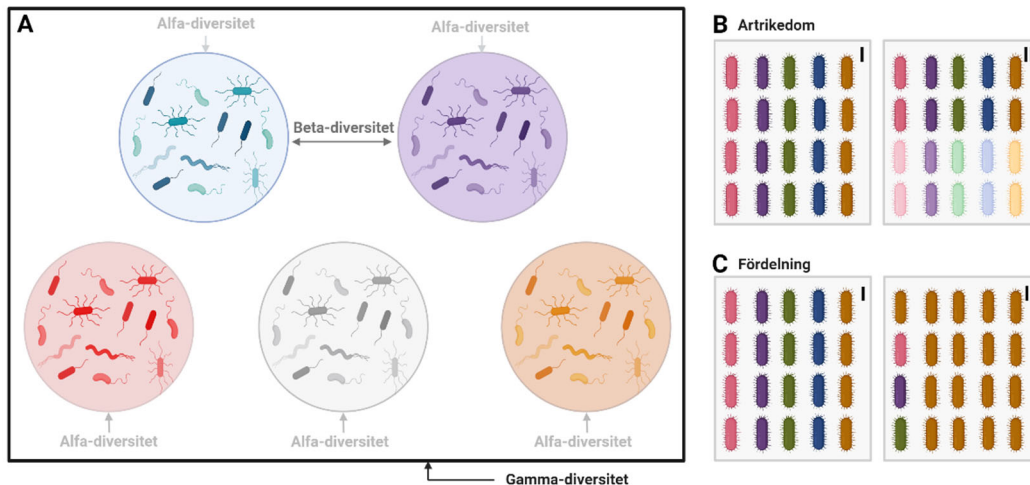
3.3.2 Relativ abundans och mikrobiell diversitet

Mikrolivet i marken jämfördes med hänsyn till relativ abundans och mikrobiell diversitet med tillståndet innan marken lades under de korta växtföljden. Vi kallar det "ursprungliga" tillståndet för "obrukad mark/jord", även om marken förstås brukats ekologiskt sedan tidigare för framför allt stråsäd.

Metagenomik ger information om bland annat förekomst av mikroorganismer och sorteras utifrån taxonomiska nivåer i rike, fylum, klass, ordning, familj, släkte och art. Den relativa förekomsten (*relativ abundans*) beskriver den procentuella andelen av en organism i relation till totalantalet organismer. Relativ abundans kan uttryckas på alla taxonomiska nivåer. Våra resultat på relativ abundans tar hänsyn till organismgrupper som förekommer mer än 2%.

Biodiversitet är en fråga om skala. Vi använde oss av konceptet som utvecklats av Whittaker (1972) som grupperar diversitet utifrån taxonomiska grupper

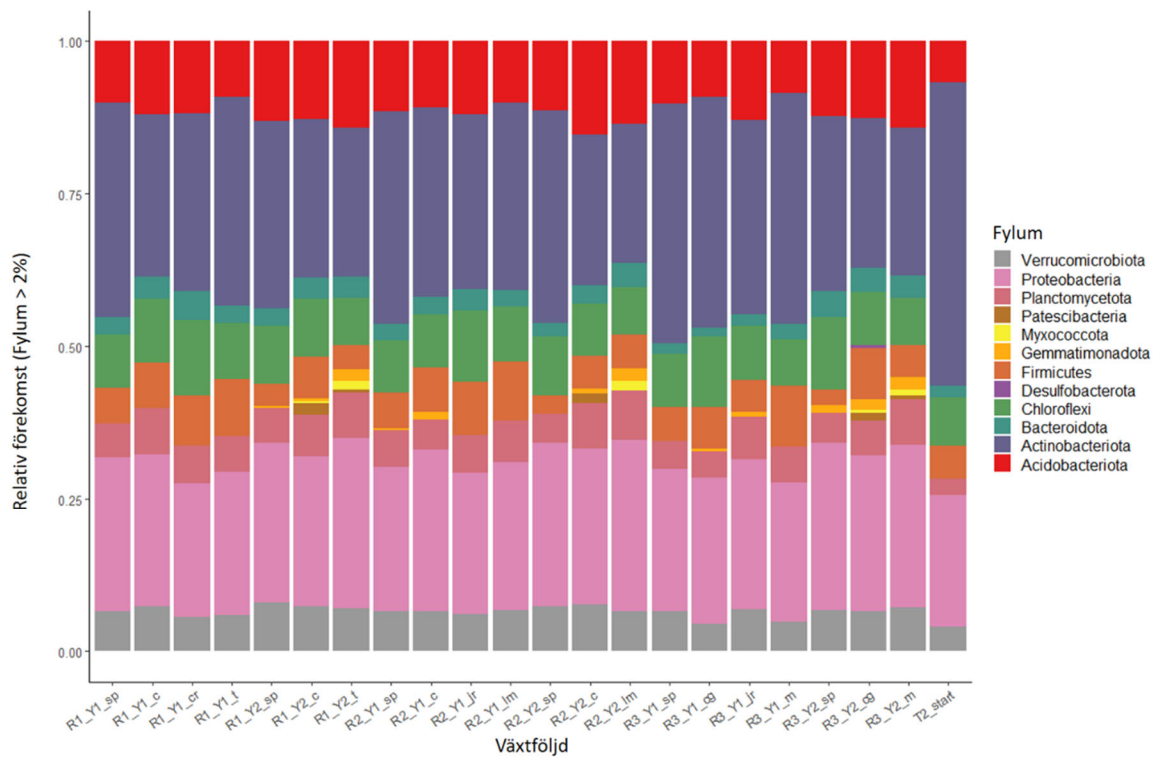
sammansättning inom habitat, mellan habitat resp. på landskapsnivå (alfa-, beta- och gamma-diversitet (Whittaker et al., 2001) (Figur 3; Alsanius & Rosberg, 2024a, Alsanius et al., 2024). Alfa-diversitet kan uttryckas genom olika index, i form av t.ex. dominans, fördelning (Shannon index) och artrikedom (Chao1). I denna undersökning har vi använt både Shannon index och Chao1.



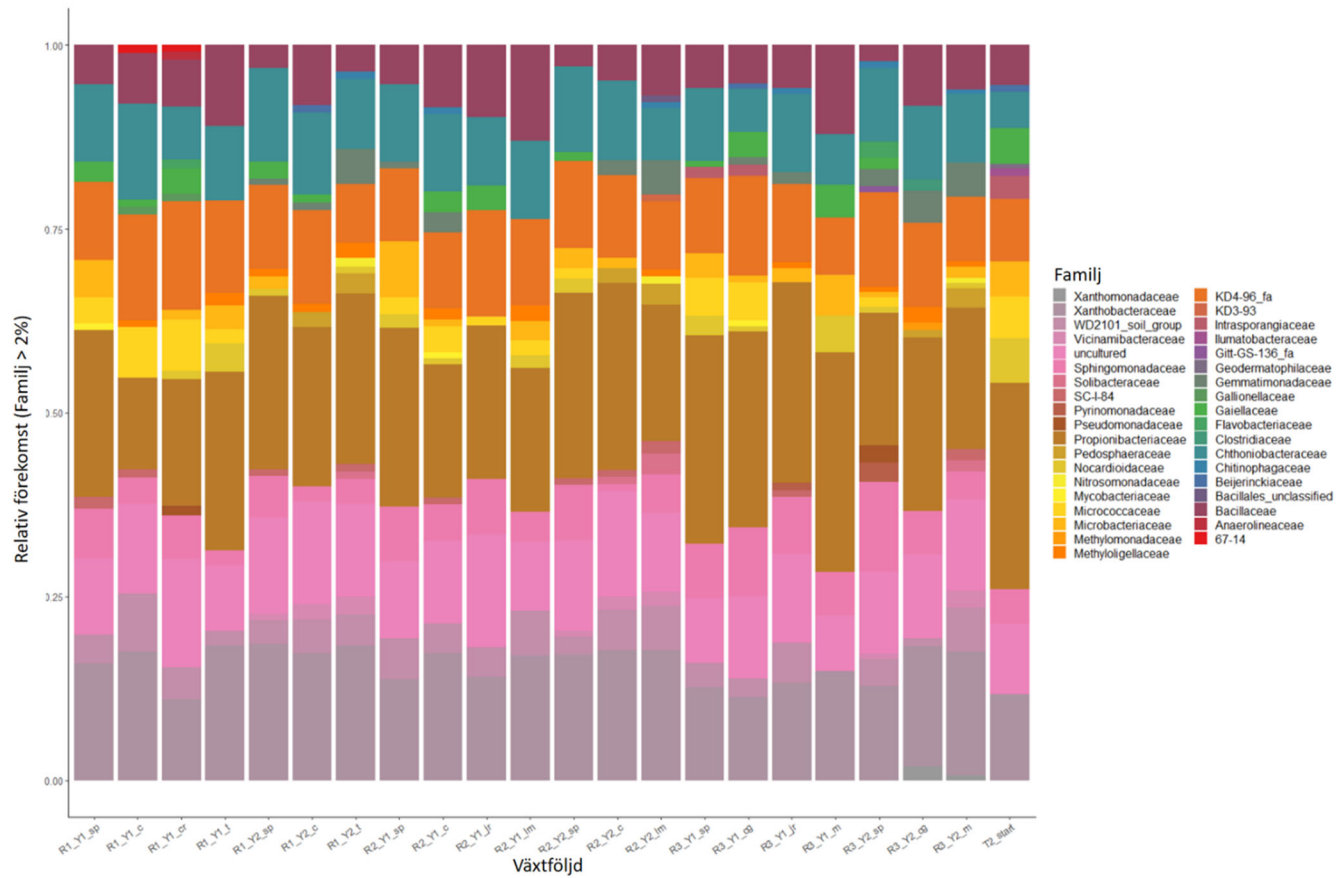
Figur 3. Biodiversitet - fråga om skala. Alfa-diversitet beskriver diversiteten inom ett habitat, medan beta- och gamma-diversitet karakteriserar diversiteten mellan habitat resp. på landskapsnivå (A). För beskrivning av alfa-diversitet används olika index, t.ex. artrikedom (Chao1, B) och fördelning (Shannon-index, C). B: Grafiken visar att artrikedomen är större i delfigur II än delfigur I. C: Fördelningen är jämnare i delfigur I än i delfigur II. (Illustration: B. Alsanius)

Relativ abundans

Metagenomikdata för bakteriesamhällen dominerades på fylumnivå av Actinobacteriota och Proteobacteria i alla tre växtföljder. I den obrukade jorden dominerade Actinobacteriota (Figur 4). Andelen minskade påtagligt i samtliga tre växtföljder redan efter odlingen av den första kulturen. På familjenivå (Figur 5) ökade abundansen av *Bacillaceae* i samband med odling av bladgrönsaker, medan *Gaiellaceae* enbart förekom vid ett tillfälle vid odling av mizuna år ett. Förekomsten av bakterier såg relativt lika ut mellan alla provtagningarna. Trots att inte alla bakterier förekom vid alla provtagningar så var det inte konsekventa, återkommande skillnader som kunde kopplas till en viss kultur. På släktnivå dominerades den obrukade jorden av släktet *Microlunatus*, som också relativt sett var vanligast förekommande i alla provtagningarna. Mönstren för den relativa förekomsten av bakteriesläkten varierade mellan olika växtslag och utifrån kulturens position i växtföljden; förekomsten kunde därför inte kopplas till en specifik trend för en viss kultur eller viss tid på året (Figur 4).



Figur 4. Relativ abundans av bakteriella fyla i tre korta växtföljder odlade i lågintensiv tunnel under skånska betingelser. Prover togs efter varje kultur. R1, R2, respektive R3 representerar växtföljderna. Y1 och Y2 representerar år 1 respektive år 2. sp=sockerärt, c=gurka, cg=ympad gurka, cr=vinnruta, t=tatsoi, m=mizuna, lm=bladsenap.

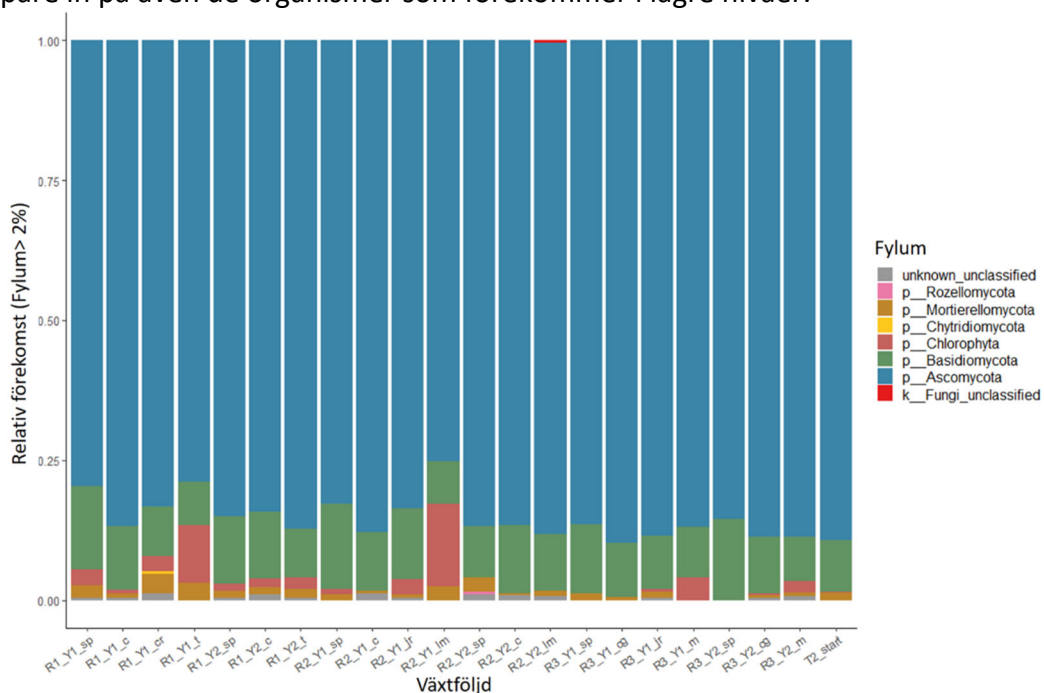


Figur 5. Relativ abundans av bakteriella familjer i tre korta växtföljder odlade i lågintensiv tunnel under skånska betingelser. Prover togs efter varje kultur. R1, R2, respektive R3 representerar växtföljderna. Y1 och Y2 representerar år 1 respektive år 2. sp=sockerärt, c=gurka, cg=ympad gurka, cr=vinruta, t=tatsoi, m=mizuna, lm=bladsenap.

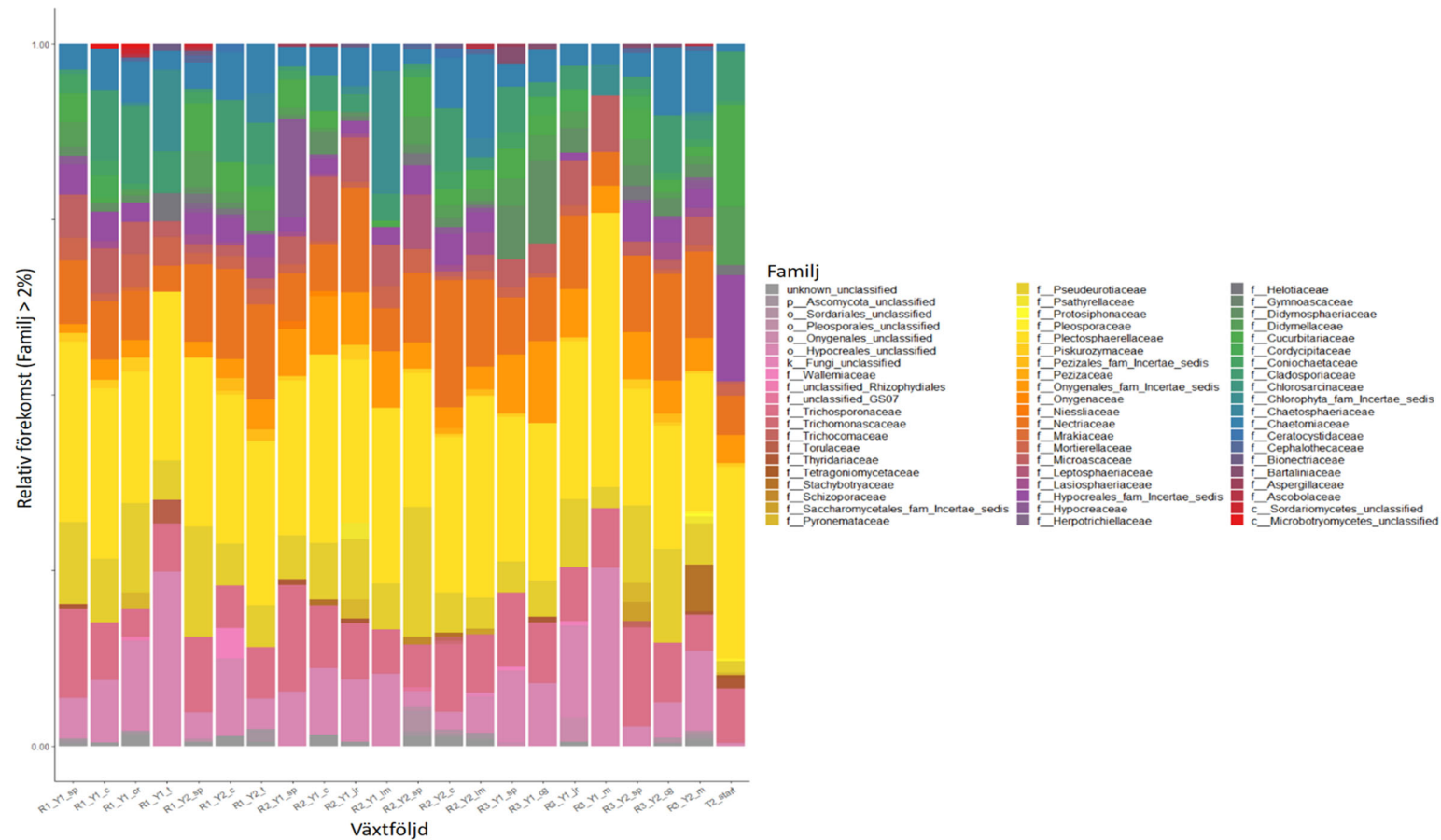
Metagenomikdata för svampsamhällen på fylumnivå dominerades som förväntat av Ascomycota (Figur 6).

På familjenivå (Figur 7) förekom *Plectosphaerellaceae* till stor andel i alla provtagningar. Denna familj innefattar ett flertal sjukdomsalstrare som kan infektera många växtarter. Även familjen *Nectriaceae*, som bland annat innefattar *Fusarium*, förekom i alla provtagningar. Även potentiellt gynnsamma svampar förekom; efter odling av sockerärt i växtföljd 2 år 1 förekom familjen *Hypocreaceae* till relativt stor andel. Inom den familjen var *Trichoderma* den vanligast förekommande arten (Figur 7). *Trichoderma* förekom i alla provtagningar, men var mest framträdande efter sockerärt år 1.

De framtagna resultaten för både bakterie- och svampabundans bör följas upp med kvantitativa analyser i kompletterande projekt med hjälp av qPCR eller ddPCR med hänsyn till enskilda släkten. Det bör hållas i åtanke att resultat på relativ abundans bygger på DNA-extraktion och omfattar både döda och levande mikroorganismer. Utöver detta tar de presenterade resultaten enbart upp organismer som är mer vanligt förekommande än 2%. Möjlighet finns dock att gå djupare in på även de organismer som förekommer i lägre nivåer.



Figur 6. Relativ abundans av svampfyla i tre korta växtföljder odlade i lågintensiv tunnel under skånska betingelser. Prover togs efter varje kultur. R1, R2, respektive R3 representerar växtföljderna. Y1 och Y2 representerar år 1 respektive år 2. sp=sockerärt, c=gurka, cg=ympad gurka, cr=vinruta, t=tatsoi, m=mizuna, lm=bladsenap.



Figur 7. Relativ abundans av svampfamiljer i tre korta växtföljder odlade i lågintensiv tunnel under skånska betingelser. Prover togs efter varje kultur. R1, R2, respektive R3 representerar växtföljderna. Y1 och Y2 representerar år 1 respektive år 2. sp=sockerärt, c=gurka, cg=ympad gurka, cr=vinruta, t=tatsoi, m=mizuna, lm=bladsenap.

Diversitet (Chao1)

Artrikedomen i bakteriella samhällen varierade starkt mellan olika kulturer inom de tre växtföljder. Artrikedomen baserad på indexen Chao1 spände över 3623 (obrukad mark) som lägsta till 5515 (bladsenap år 2) som högsta värde. Chao1 var högst efter odling av gurka (äka sort) och tatsoi år 2 i växtföljd 1 och efter bladsenap odlad under första året i växtföljd 2, medan lägst Chao1 återfanns i den obrukade jorden. Indikatorn för artrikedomen var också förhållandevis låg efter nästintill samtliga (fem av sex) omgångar med sockerärt. Signifikanta skillnader konstaterades för Chao1 mellan den obrukade jorden å ena sidan och bladsenap under första året i växtföljd 2, gurka och tatsoi i växtföljd 1 under andra året å andra sidan. Chao1 beräknad för alla andra tagna prover visade inga signifikanta skillnader mellan obrukad jord och de tre ovannämnda kulturer med högst artrikedom.

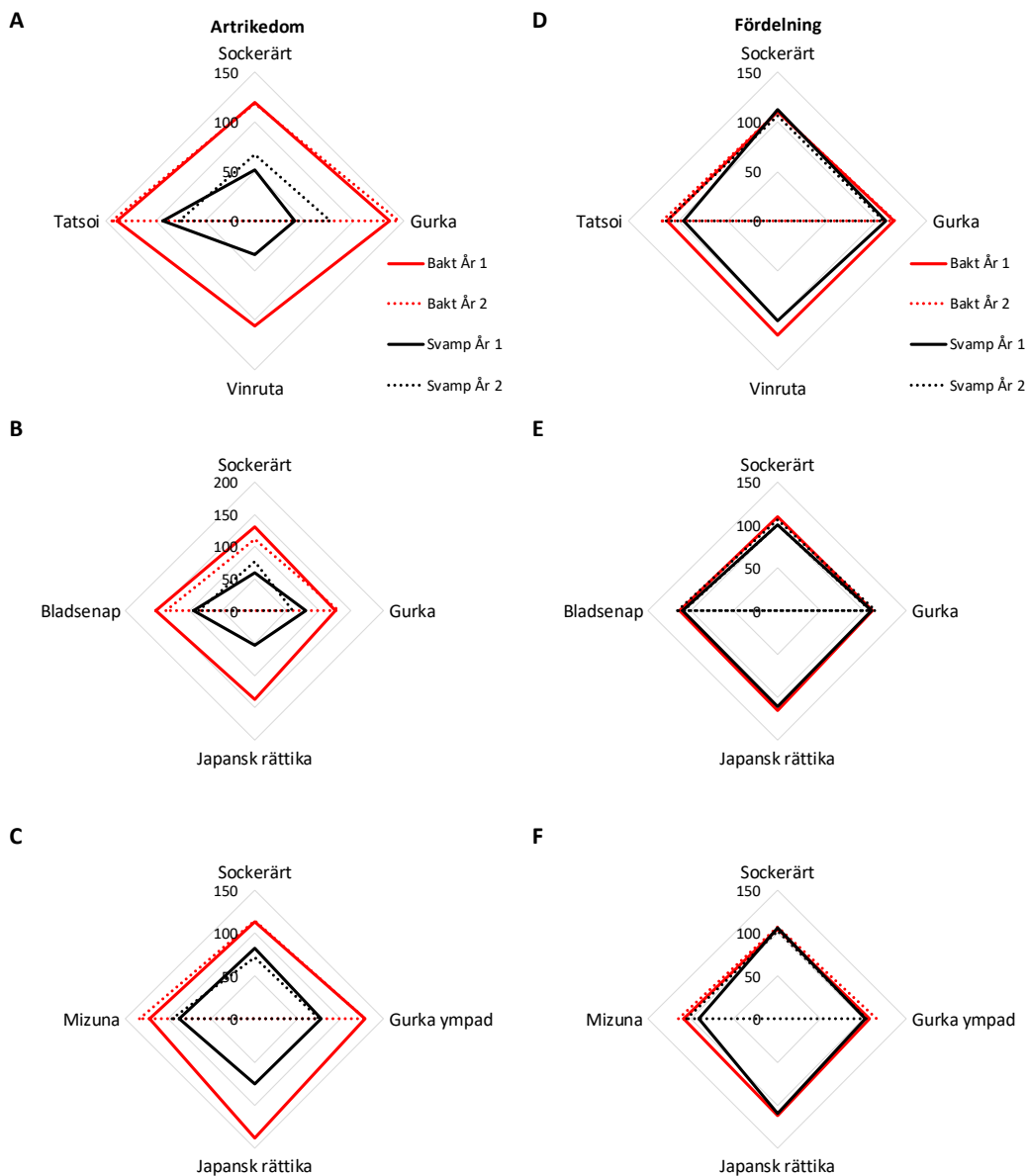
I motsats till bakteriella samhällen, var artrikedomen (baserad på Chao1) högst för den obrukade jorden och avvek signifikant för några kulturer odlade inom växtföljd 1 (vinruta, gurka, sockerärt) samt japansk rättika, odlad i växtföljd 2, under första året. Likt artrikedomen inom bakteriella samhällen kunde en trend till kultureffekt enbart skönjas för sockerärt, även om den var något spretigare än i de bakteriella analyserna.

Då artrikedomen efter de olika kulturerna uttrycktes relativ till värdena i den obrukade marken blev en avsevärd ökning av artrikedomen inom bakteriella samhällen tydlig för flera kulturer i samtliga tre växtföljder. Ökningen var störst för de vinterodlade bladgrönsakerna (bladsenap, mizuna, tatsoi), huvudkulturen (gurka äka sort eller ympad) samt japansk rättika. För vinruta och sockerärt observerades inga eller enbart en marginell ökning jämfört med den obrukade marken (Figur 8). Artrikedomen bland svampsamhällen var lägre efter samtliga kulturer relativt till den i den obrukade marken. I växtföljd 1 ökade artrikedomen inom svampsamhällen efter den andra gurkkulturen avsevärt. Denna trend kunde inte bekräftas efter huvudkulturen i växtföljd 2.

Fördelning

Fördelningen av bakteriella släkten varierade inte i växtföljd 1 och 2 oberoende av kultur och år relativt till värdena uppmätta i den obrukade marken. Det fanns en marginellt ökad fördelning av svampsläkten efter den andra odlingsomgången av mizuna i växtföljd tre, men värdena översteg inte fördelningen för svampsläkten i den obrukade marken (Figur 8).

I en jämförelse av biodiversitet mellan växtföljderna (beta-diversitet), kunde inga skillnader identifieras varken för bakterie- eller svampsamhällen.



Figur 8. Dynamik av alfa-diversitetsindikatorer för bakteriella och svampsamhällen i marken i korta växtföljder vid ekologisk odling i tunnel. Indikatorerna uttrycks för växtföljderna beskrivna i figur 1 för varje kultur och år relativ till värdena från den obrukade marken. Värdena från den obrukade marken sattes som 100. A-C: Artrikedom baserad på Chao1-index. D-F: Fördelning baserad på Shannon-index. Växtföljd 1: A, D; Växtföljd 2: B, E; Växtföljd 3: C, F.

Sammanfattningsvis – ur ett odlingsperspektiv och utifrån resultaten från en två-årig växtföljd - går det att framgångsrikt bedriva ekologisk odling i tunnel med en diversifierad växtföljd året runt under sydsvenska betingelser. Avkastningen av både huvudkulturen och sekundära kulturer var dock mycket lägre jämfört med siffror rapporterade från kommersiella odlingar i exempelvis Sydtyskland (Zikeli et al., 2017). Detta kan delvis förklaras med att kulturtiden förmodligen är mycket kortare i det föreliggande försöket jämfört med villkoren

redovisade av Zikeli et al. (2017). Att avkastningen för vinterodlade bladgrönsaker enbart utgör 10% av skördar under sydtyska förhållanden är förväntat. Detta faktum sätter dock samtidigt fokus på att korta växtföljder i lågintensiva växthus måste utvärderas utifrån ett ekonomiskt perspektiv. Det finns andra tillvägagångssätt för ekologisk växthusproduktion att förhålla sig till den nya lagstiftningen (Alsanius & Rosberg, 2024b); alternativa scenarier kräver dock samtidigt påtagliga investeringar.

Utifrån den föreliggande undersökningen kan effekten av vinrutan inte avgöras, varken ur ett växtpatologiskt perspektiv eller utifrån biomassaproduktionen av nästföljande kulturen. Den svaga etableringen år 1 och den tidiga tjälen år 2 ger inte tillräckligt bedömningsunderlag. Ett antal studier understryker vinrutans antimikrobiella verkan och den mikrobiella aktiviteten var låg efter odling av vinruta år 1, dock i paritet med kulturen (japansk rättika) odlad i de två andra växtföljderna. I fall att den påverkats av vinrutan så återhämtade den sig i samband med den nästföljande kulturen (tatsoi).

Ökningen av pH och anrikningen av växttillgänglig fosfor i marken under en förhållandevis kort observationsperiod är anmärkningsvärd och behöver studeras speciellt i framtida försök. Dessa bör ta speciell hänsyn till den totala fosforhalten samt kvoten mellan halten växttillgänglig och totalhalten fosfor, men också effekten på tillgänglighet av mikronäringsämnen och den mikrobiella aktiviteten samt läckagerisken. Kortsiktigt bör alternativa gödslingsstrategier och val av gödselmedel övervägas (Möller, 2018).

Mikrobiell aktivitet ökade över de två försöksåren; observationstiden var dock mycket kort och tendensen behöver verifieras i mer långsiktiga studier. Skillnaden kan bero på årsmån, men skulle också kunna förklaras med dynamiken i organisk substans. Det är dock anmärkningsvärt att kulturerna som odlades för att tillföra ekosystemtjänster till växtföljderna var de som visade en konsistent lägre mikrobiell aktivitet.

Utifrån ett biodiversitetsperspektiv konstaterades att alfa-diversiteten var jämförbar med liknande försök i mellan- och södra Europa. Det fanns inga systematiska skillnader mellan växtföljder, kulturer eller år (beta-diversitet), detta till skillnad av andra europeiska försök, där skillnader i svampdiversiteten förekom i ett tidigt stadium.

Metagenomik som metod ger en bra överblick över dynamiken och diversiteten av mikroorganismer i marken. Det bör dock hållas i åtanke att de framtagna resultaten på relativ abundans bygger på DNA-extraktion och omfattar både döda och levande mikroorganismer. Utöver detta tar de presenterade resultaten enbart upp organismer som är mer vanligt förekommande än 2%. Val av primer vid sekvensering kan också leda till en viss snedvridning av resultat. Det är därför speciellt viktigt att följa upp enskilda intressanta släkter och arter som kan ha påverkan på odlingen.

4. Slutsatser

- 1) En två-årig försöksperiod ger visserligen vissa indikationer, men är alldeles för kort för att kunna dra generella slutsatser. Liknande undersökningar på friland avser en observationsfas på 20 år (DOK-försöket; Mäder et al. 2002). Vi rekommenderar starkt att beakta ett 5-10-årsperspektiv.
- 2) Varje kultur i de tre korta, diversifierade växtföljderna fick en relativ kort kulturtid, och odlingen skedde delvis under sämre klimatiska förhållanden. Detta bidrog till en relativ låg avkastning. För bedömning av de testade växtföljdernas värde rekommenderar vi robusta ekonomiska analyser.
- 3) I ett två-årigt perspektiv kan inga slutsatser dras på växtföljdernas effekt på diversitet. Den mikrobiella aktiviteten steg från år 1 till 2; det kan dock inte uteslutas att förändringen beror på årsmån. Signifikanta skillnader i mikrobiell aktivitet konstaterades mellan huvudkulturerna och respektive ASC.
- 4) Det finns ett antagande att en ökad biodiversitet ovan mark leder till en ökad biodiversitet i marken. Detta kunde inte styrkas gällande bakterier och svampar i föreliggande projekt.
- 5) Ökande pH och halt växttillgänglig fosfor behöver följas upp noggrant, gödselstrategier optimeras och effekterna utvärderas också med hänsyn till effekten på ekosystemet för en hållbar odling.
- 6) De initiala problemen med att etablera vinruta och ofördelaktig väderlek år 2 antyder att odling av vinruta som ASC vid den valda tidpunkten på året (höst) inte är lämpligt. Inga konsekvenser av vinruta på nästföljande kultur konstaterades, men observationsfönstret är för snävt för generella slutsatser.
- 7) Inget nämnvärt sjukdomsangrepp observerades makroskopiskt. Svampsläkten som omfattar sjukdomsalstrare observerades i alla växtföljder; detta behöver följas upp i kompletterande undersökningar där dessa svamparter kvantifieras enskilt.
- 8) För fortsatta försök rekommenderar vi att markhälsa utvärderas även utifrån funktionella analyser.

Referenser

- AGRIOS, G. N. (2005). *Plant Pathology*, Burlington, San Diego, London, Elsevier.
- AKKARI, H., EZZINE, O., DHARI, S., B'chir, F., REKIK, M. HAJAJJ, S., DARGHOUGH, M. A., BEN JAMÂA, M. L., GARBI, M. (2015). Chemical composition, insecticidal and in vitro antihelmentic activities of *Ruta chalepensis* essential oil. *Industrial crops and products*, 74: 745-751. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.06.008.
- ALSANIUS, B. W., HULTBERG, M. & ROSBERG, A. K. (2024). Bedömning av markens mikroliv. *LTV-fakultetens faktablad* 2024:1. DOI: 10.54612/a.3rp3se0f2f.
- ALSANIUS, B. W. & ROSBERG, A. K. (2024a). The riddle of soil microbial assessments in organic greenhouse horticulture. *Acta Horticulturae*, in press.
- ALSANIUS, B. W. & ROSBERG, A. K. (2024b). Scenarier för växtföljd i ekologisk växthusproduktion. *LTV-fakultetens faktablad* 2024:2. DOI: 10.54612/a.2t3d30sss1.
- CHOI, Y., BEAKES, G. & GLOCKLING, S. (2015). Towards a universal barcode of oomycetes– a comparison of the *cox1* and *cox2* loci. *Mol. Ecol. Resour.*, 15, 1275–1288. DOI: 10.1111/1755-0998.12398.
- EU Parliament, och EU Council (2018). REGULATION (EU) 2018/848 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 30 May 2018 on organic production and labelling of organic products and repealing Council Regulation (EC) No 834/2007. *Official Journal of the European Union*. L150, 1-96.
- FORSBERG, A.-S., SAHLSTRÖM, K. & ÖGREN, E. (1999). Röteproblem i ekologisk tomatodling. *Jordbruksverkets rapport*, 12.
- FROSTEGARD, A., TUNLID, A. & BAATH, E. (1991). Microbial biomass measured as total lipid phosphate in soils of different organic content. *Journal of Microbiological Methods*, 14, 151-163. DOI: 10.1016/0167-7012(91)90018-L
- GREEN, V. S., STOTT, D. E. & DIACK, M. (2006). Assay for fluorescein diacetate hydrolytic activity: Optimization for soil samples. *Soil Biology & Biochemistry*, 38 (4), 693-701. DOI: 10.1016/j.soilbio.2005.06.020.
- HASNA, M. K. (2007). *Corky root disease management in organic tomato production*. PhD, Swedish University of Agricultural Sciences. Acta

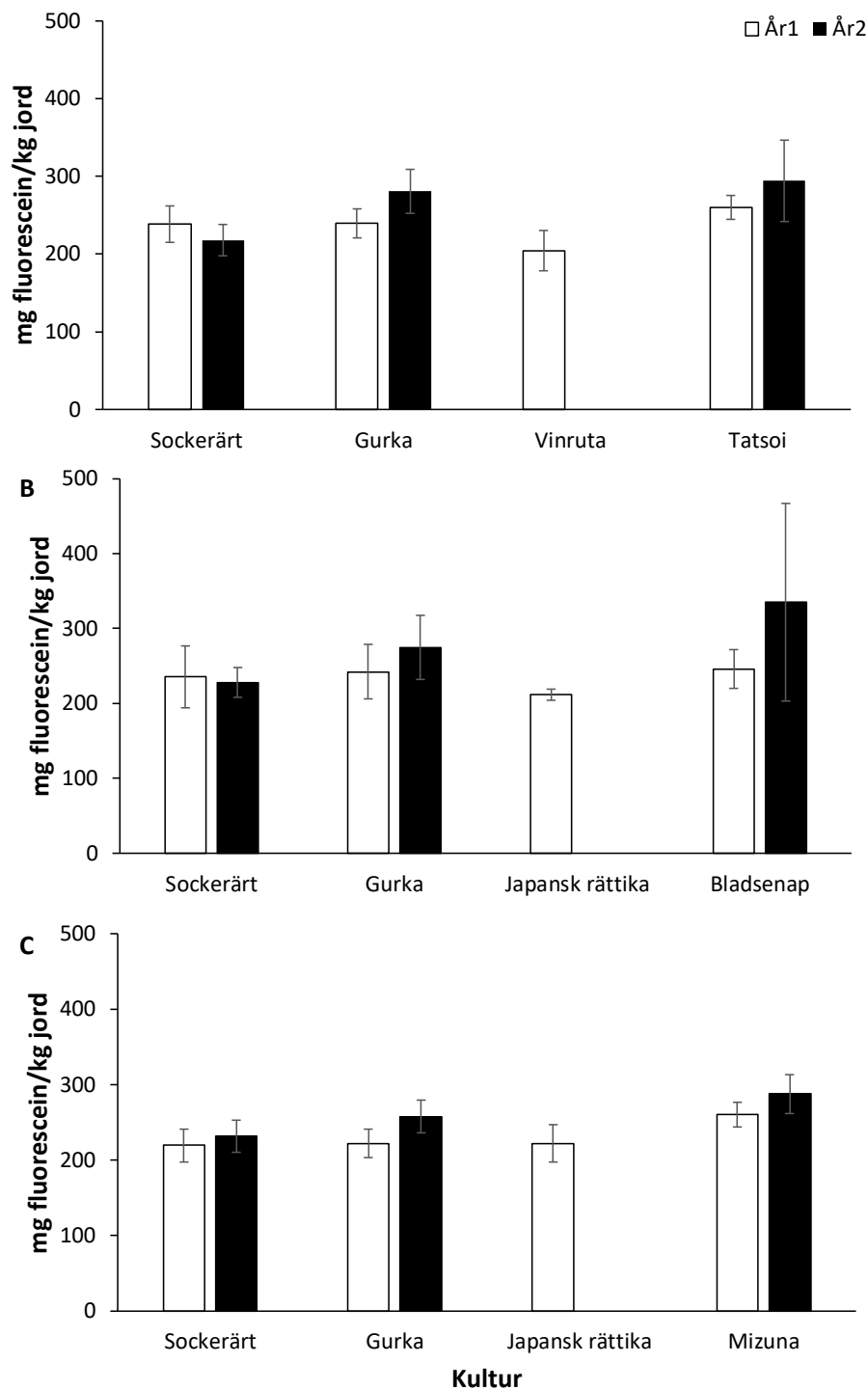
- Universitatis Agriculturae Sueciae 2007:114.
https://pub.epsilon.slu.se/1642/1/HASNA_Thesis_title_text.pdf
- HASNA, M. K., ÖGREN, E., PERSSON, P., MÅRTENSSON, A. & RÄMERT, B. (2009). Management of corky root disease of tomato in participation with organic tomato growers. *Crop Protection*, 28, 155-161. DOI: 10.1016/j.cropro.2008.09.011
- HOWLETT, B. J., BROWNLEE, A. G. & GUEST, D. J. (1992). The 5S ribosomal RNA gene is linked to large and small subunit ribosomal RNA genes in the oomycetes, *Phytophthora vignae*, *P. cinnamomi*, *P. megasperma* sp. *glycinea* and *Saprolegnia ferax*. *Curr. Genet.*, 22, 455-461. DOI: 10.1007/BF00326410.
- HUDSPETH, D. S., NADLER, S. & HUDSPETH, M. E. S. (2000). A COX2 molecular phylogeny of the peronosporomycetes. *Mycologia*, 92(4), 674-684. DOI: 10.2307/3761425.
- IOANNOU, N. (2001). Integrating soil solarization with grafting on resistant rootstocks for management of soil-borne pathogens of eggplant. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76, 396-401. DOI: 10.1080/14620316.2001.11511383
- KOLLER, M., RAYNS, F., CUBISON, S. & SCHMUTZ, U. (2016). *Guidelines for experimental practice in organic greenhouse horticulture*, Wageningen, BioGreenhouse COST Action FA 1105. DOI: 10.18174/373581.
- LEVENFORS, J. (2003). *Soil-borne pathogens in intensive legume cropping - Aphanomyces spp. and root rots*. PhD, Swedish University of Agricultural Sciences. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Agraria 393. https://pub.epsilon.slu.se/277/1/Agraria_393.pdf.
- MÄDER, P., FLIESSBACH, A., DUBOIS, D., GUNST, L., FRIED, P. & NIGGU, U. 2002. The ins and outs of organic farming. *Science*, 298 (5600), 1889-1890. DOI: 10.1126/science.298.5600.1889b.
- MÖLLER, K. (2018). Soil fertility status and nutrient input-output flow of specialized organic cropping systems: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 112, 147-164. DOI: 10.1007/s10705-018-9946-2.
- OLIVA, A., LAHOZ, E., CONTILLO, R. & ALIOTTA, G. (1999). Fungistatic activity of *Ruta graveolens* extract and its allelochemicals. *Journal of Chemical Ecology*, 25, 519-526.
- PANTH, M., HASSLER, S. C. & BAYSAL-GUREL, F. (2020). Methods for management of soilborne diseases in crop production. *Agriculture*, 10, 16. DOI: 10.3390/agriculture10010016.
- PANDEY, A. K., SAIN, S. K. & SINGH, P. (2016). A perspective on integrated disease management in agriculture. *Bio Bulletin*, 2 (2), 13-29.

- PANDEY, P., MEHTA, A. & HAJRA, S. (2011). Evaluation of antimicrobial activity of *Ruta graveolens* stem extracts by disc diffusion method. *Journal of Phytology*, 3 (3), 92-95.
- PERKON, U. (2018). Alternative Frischgemüseulturen für den ökologischen Gemüsebau durch den Einsatz von Folientunneln mit Schwerpunkt auf dem Winterhalbjahr. In: BÖLN (ed.) *Project report*. Bonn: BÖLN.
- ROSBURG, A. K., WILL, L. & ALSANIUS, B. W. (2021). Insights in interaction between soil biodiversity and root disease suppression in organic production systems. *Reports from Landscape Architecture, Horticulture and Crop Production Science*, 2021:6. https://pub.epsilon.slu.se/26107/1/rosburg_ak_et_al_211115.pdf
- SASANELLI, N. (1992). Nematicidal activity of aqueous extracts from leaves of *Ruta graveolens* on *Xiphinema index*. *Nematologia mediterranea*, 20 (1), 53-55.
- SASANELLI, N. & D'ADDABBO, T. (1993). Effect of *Cineraria maritima*, *Ruta graveolens* and *Tagetes erecta* leaf and root extracts on Italian populations of *Meloidogyne* species. *Nematologia mediterranea*, 21 (1), 21-25.
- SÖDERQVIST, K. (2017). *Is your salad safe to eat? Aspects of foodborne zoonotic bacteria in ready-to-eat leafy vegetables and mix-ingredient salads*. Swedish University of Agricultural Sciences. PhD avhandling. Acta Universitatis agriculturae Sueciae 2017:5. https://pub.epsilon.slu.se/13987/19/soderqvist_k_170119.pdf
- VAN ELSAS, J. D., CHIRRUZZI, M., MALLON, C. A., ELHOTTOVA, D., KRISTUFEK, V. & SALLES, J. F. (2012). Microbial diversity determines the invasion of soil by a bacterial pathogen. *PNAS*, 109, 1159-1164. DOI: 10.1073/pnas.1109326109.
- VARELA, R., ELFSTRAND, S., HASNA, M. K., MÅRTENSSON, A. & RÄMERT, B. (2009). Biologisk bekämpning av korkrot i ekologisk tomatodling. *Faktablad Växtskydd*. <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/ekoforsk/resultat-2007/korkrot-faktablad-reviderat-061109-1.pdf>
- WHITTAKER, R. J. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21, 213-251. DOI: 10.2307/1218190.
- WHITTAKER, R. J., WILLIS, K. J. & FIELD, R. (2001). Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography*, 28, 453-470. DOI: 10.1046/j.1365-2699.2001.00563.x.
- ZIKELI, S., DEIL, L. & MÖLLER, K. (2017). The challenge of imbalanced nutrient flows in organic farming systems: A study of organic greenhouses in Southern Germany. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 244, 1-13. DOI: 10.1016/j.agee.2017.04.017.

Tack

Projektet har finansierats med hjälp av medel från Jordbruksverket inom ramen för den svenska livsmedelsstrategin. Vi tackar våra samarbetspartner vid Trädgårdslabbet, speciellt Fredrik Alfsson och Joakim Tigerschiöld för deras insatser. Denna studie möjliggjordes av den svenska infrastrukturen för ekosystemforskning (SITES), i detta fall SITES Lönnstorp vid SLU.

Bilaga 1



Figur A1. Jordens mikrobiella aktivitet (mg fluorescein/kg jord) uppmätta i tre korta växtföljder vid ekologisk odling i tunnel under en två-årig försöksperiod. Jordprover togs efter avslutad kultur. Tre växtföljder testades, där gurka var huvudkultur, sockerärt användes som kvävefixerande och vinruta resp. Japansk rättika som agroekologisk servicegröda (ASC), samt bladgrönsaker odlades under vintermånaderna (tatsoi, bladsenap, mizuna). Gurkaplantor ympades på en Fusarium-resistent grundstam i växtföljd 3. På grund av tjäle i marken utgick provtagningen efter ASC år 2 i samtliga växtföljder. A: Växtföljd 1 (sockerärt, gurka, vinruta, tatsoi); B: Växtföljd 2 (sockerärt, gurka, japansk rättika, bladsenap); C: Växtföljd 3 (sockerärt, ympad gurka, japansk rättika, mizuna). (N=6).

