



Bæredygtighedsvurdering af sribedyrking som biodiversitetstiltag i økologisk planteavl

Af Sven Hermansen, Betina Zacher Jensen, Nynne Louise Bach Steincke, Lene Sigsgaard, Stine Kramer Jacobsen og Mogens Nicolaisen



Foto: Otto Nielsen, Nordic Beet Research.

Kontakt



Sven Hermansen
sher@icoel.dk
29314643



Betina Zacher Jensen
bezj@icoel.dk
21367908



STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Sammendrag

Rapporten belyser og vurderer det fremtidige potentiale for sribedyrkning og dyrkningssystemets bæredygtighed under danske forhold. Det sker ud fra resultater og erfaringer fra Organic RDD 6-projektet StripCrop, som gennemføres i perioden 2021 – 2024 på forskningsplatforme og hos økologiske landmænd i et samarbejde mellem Innovationscenter for Økologisk Landbrug, Aarhus Universitet, Københavns Universitet, Nordic Beet Research (NBR) og Agriointelli/BenFarm. I rapporten er der fokus på både funktional biodiversitet, agronomiske aspekter samt praktiske erfaringer i forbindelse med brugen af landbrugsmaskiner og autonome robotter, og sribedyrkningssystemets fordele og udfordringer. Projektets resultater sammenlignes med forskning fra sammenlignelige klimazoner.

Introduktion

Gennem årtier er arealet af danske marker vokset sig større. Nutidens monokulturer nedsætter biodiversitet på alle niveauer og gør det let for skadevolderne som insekter og svampe at sprede sig i marken. Det er en udfordring, særligt i økologisk jordbrug, hvor pesticider ikke er tilladt og hvor omfattende angreb af skadevoldere kan forårsage alvorlige udbyttetab og forringe afgrødekvaliteten. Selvom biodiversiteten generelt er noget højere på økologiske jordbrug end i konventionel produktion (Sigsgaard, et al., 2014, Jacobsen, et al., 2019), er der et stort behov for at udvikle nye dyrkningsmetoder for at fremme biodiversitet i landskabet og samtidig sikre stabile udbytter.

Ved at bryde dyrkningsfladen op i smalle striber med forskellige afgrøder, der kan dyrkes uafhængigt af hinanden, dannes der fysiske- og biologiske barrierer mellem afgrøderne og diversiteten på dyrkningsfladen øges. Det skaber en mosaik af levesteder for nyttedyr, som bestøvere og rovinsekter, og skjuler samtidig den enkelte afgrøde for skadedyr. Sribedyrkningssystemet bidrager også med forskellige typer afgrøderester til jordens mikroorganismer. Gevinsten ved sribedyrkning er ifølge forskellig forskningslitteratur positive effekter som mindre eller forsinket sygdomsspredning, færre skadedyrsangreb, og øgede populationer af naturlige fjender og anden fauna, der knyttet til agerlandet (Cuperus et al. 2023, Ditzler et al. 2021, Juventia et al. 2021, Bouws and Finckh 2008). Forventningen er, at en større diversitet i dyrkningsfladen vil fremme synergieffekter og gøre produktionssystemet mere robust, så udbytterne bliver mere stabile.

Omlægning til sribedyrkning kræver en nytænkning af, hvordan vi dyrker og forvalter vores marker. Mindre og smalle markarealer vil øge kompleksiteten af dyrkningssystemet og fordrer omhyggelig planlægning og nye tekniske løsninger. Samtidig kan sribedyrkning være metoden, der bidrager til et mere bæredygtigt produktionssystem. Hvis produktionen bliver mere stabil og robust, vil den økonomiske risiko falde og der vil skabes en bedre balance mellem benyttelse og beskyttelsen af markens biologiske ressourcer. Samtidig vil afgrødestribernes visuelle mangfoldighed kunne bidrage til større arbejdsglæde hos landmændene og øge landskabsværdien for både landmænd og offentligheden.

I Danmark er sribedyrkning et sjældent syn i landskabet, men dyrkningssystemet har et potentiale, hvis diversiteten kan øges og gøres til medspiller i den økologiske planteavl. Derfor bliver sribedyrkning afprøvet under danske forhold i perioden 2021 – 2024 hos både landmænd og på forskningsplatforme. Formålet er at undersøge de potentielle fordele ved sribedyrkning under danske forhold. Det sker ved at teste og registrere agronomiske aspekter (etablering, gødsning, mekanisk ukrudtsbekæmpelse og høst), forekomsten af nytte- og skadedyr (funktional biodiversitet), sygdomme og udbytter i økologiske sribebaserede sædskifter, samt undersøge anvendeligheden af tilgængelige landbrugsmaskiner og robotstyrede alternativer i sribesystemer.

Hypotesen er, at dyrkning i striber med forskellige afgrødetyper vil kunne etablere en balance mellem skadevoldere og nyttedyr, og derved stabilisere udbytterne til et tilfredsstillende niveau.

Materialer og metoder

Forsøgsplatforme og design i StripCrop

Forsøget blev etableret i 2021 på to platforme; henholdsvis på lerjord nær Holeby på Lolland (Nordic Beet Research) og på sandjord nær Ringkøbing i Vestjylland (BenFarm). I 2021 var der også en pilotplatform på Højbakkegaard, Københavns Universitet. Forud for forsøget blev marken nær Holeby dyrket konventionelt, mens marken nær Ringkøbing har fulgt økologisk pløjefri praksis. Begge forsøg følger i dette projekt de økologiske dyrkningsregler.

Holeby

Her etablerede Nordic Beet Research i 2021 stribedyrkning i et blokforsøg med fire gentagelser. Stribebredderne blev valgt på baggrund af erfaringer i litteraturen (van Oort et al., 2020), mens sædskifterne som udgangspunkt blev udarbejdet under hensyntagen til lokale erfaringer og traditioner og et ønske om at producere flere afgrøder til konsum. I forsøget blev to niveauer af afgrødediversitet sammenlignet: 1) 6 m striber med hvede, sukkerroer, byg og hestebønne, og 2) 3 m striber med hvede, sukkerroer, byg, hestebønner, rug, havre, ærter og quinoa.

Ringkøbing

På platformen nær Ringkøbing etablerede Benfarm/Agrointelli i 2021 et forsøg med seks gentagelser. I forsøget blev afgrøder i 3 og 6 meter striber mellem permanente rækker af bærbuske undersøgt. Bærbuskene bestod skiftevis af stikkelsbær, ribs og solbær, og var etableret med 9 meters mellemrum. Sædskiftet i 2021 var hestebønner, havre og rug og i 2022 indgik hestebønner, kløvergræs, vårbyg og havre. I 2023 bestod sædskiftet af vinterraps, vinterrug, 2-årig blomsterstribet og kartofler.

Generelt for begge forsøgsplatforme

Undervejs i forsøget er sædskifterne på begge forsøgsplatforme løbende blevet justeret i takt med de indhøstede erfaringer om, hvilke afgrøder der er praktisk mulige at integrere i dyrkningssystemerne.

Sædskifterne til de to forsøgsplatforme ses i Appendiks 1.

Reference-arealer (monokultur) er blevet fravalgt at integrere i forsøget, da det ikke var muligt at finde arealer der levede op til kriterier for et retvisende sammenligningsgrundlag. I stedet blev der fokuseret på randeffekternes udstrækning og på at sammenligne sædskifter.

Management

De agronomiske aspekter (etablering, gødskning, mekanisk ukrudtsbekæmpelse, høst) var tilrettelagt ud fra forholdene på hver lokalitet. På Holeby-platformen blev arealet passet pløjefrit med markrobotten Robotti, undtagen dybdeharvning. Robotti trak redskaber til såning og mekanisk ukrudtsbekæmpelse, mens en anden markrobot, Farmdroid, klarede ukrudtskontrollen i sukkerroerne. Den primære jordbearbejdning bestod af harvning i 25 cm dybde.

På platformen nær Ringkøbing blev arealet også passet pløjefrit, men med brug af forsøgsværtens egne maskiner - herunder Robotti-redskabsbæreren – og egne redskaber.

Dataindsamling

Der blev udført omfattende registreringer af funktionel og biologisk mangfoldighed af insekter, med fokus på skadedyr og deres naturlige fjender på platformen nær Holeby. Registreringer blev foretaget efter en protokol kvalitetssikret af Københavns Universitet (KU). I 2022 og 2023 lavede KU visuelle



opgørelser af bladlus, bladlusmumier (som er bladlus der er blevet parasiteret af en snyltehveps) og deres naturlige fjender i striber med hestebønne og byg. De tog også ketcher-prøver i korn, og brugte faldgrubefælder til at monitorere edderkopper og løbebiller og "pantraps" (en slags vandfælde) til at monitorere bestøvere. Dette blev gjort i faste tidsintervaller i vækstsæsonen fra midt maj til midt juli. Bladlus og naturlige fjender blev opgjort på fem tilfældigt udvalgte planter i seks plots i hver behandling (hhv. hestebønne og byg i 3 m stribe, 6 m stribe og kant af 6 m stribe) i hver af de 4 blokke (i alt 96 observationer per behandling).

Aarhus Universitet (AU) lavede registreringer af sygdomsforekomst og mikrobiel diversitet ved hjælp af 'metabarcoding', som giver et overblik over den totale artsrigdom af svampe og bakterier i en given prøve. AU foretog også visuelle bedømmelser af udvalgte sygdomme i striberne. Første reelle dataindsamling blev udført i 2022.

I 2022 blev der ligeledes registreret forekomster af skade- og nyttedyr på platformen nær Ringkøbing. Desværre var det svært at holde bærbuskene fri for flerårigt ukrudt som kvikgræs og agertidsler, hvilket påvirkede randeffekten ind i de dyrkede striber og forringede udbyttet og afgrøde kvalitet. Dataindsamling fra platformen måtte derfor opgives. I stedet er platformen blevet brugt til indsamling af praktiske erfaringer.

Demonstrationsdyrkninger hos økologiske landmænd

Vi har sideløbende haft demonstrationsdyrkninger hos to planteavlere, henholdsvis nær Billund og Gram i Jylland, hvis primære afgrøder er kartofler. Designet hos de to økologiske landmænd var bestemt af kartoflerne, da stenstrenslægning, læggebredde og mulighed for vanding er nødvendig at tænke ind i systemet. Formålet var at undersøge hvordan dyrkning i striber praktisk kan gennemføres med de maskiner, der findes på den enkelte ejendom, samt systemet effekt på udvikling af kartoffelskimmel.

I demonstrationsdyrkningen ved Billund var striberne var 9 m brede, tilpasset 3 x 4 rækker kartofler. Der blev brugt en mejetærsker på 30 fod og en gyllenedfælder på 9 meter. I 2022 bestod sædskiftet af kartofler, ærter, 2-årige blomster og vårbyg, og i 2023 indgik vinterraps, vinterrug, blomster, og kartofler.

Dyknigen ved Gram var centreret om maksimal kartoffelproduktion Derfor bestod sædskiftet af kartofler etableret i 550 meter lange striber, i seks meters bredde (8 rækker), omkranset af tre meter brede blomsterstriber.

På begge lokaliteter blev der ikke målt præcise udbyttet. Der blev indsamlet observationer af kartoffelskimmel og praktiske erfaringer i 2022 og 2023.

Resultater og diskussion

Ukrudt

Af Betina Zacher Jensen, Innovationscenter for Økologisk Landbrug.

Der er ikke lavet registreringer af ukrudtsdækket og -arterne i forsøgsplatformene, men kun lavet observationer af tilstedeværende ukrudtsarter.

Forsøgene viser, at en ren mark uden rodukudt er afgørende for at sribedyrkning lykkedes. De smalle striber og forskellige så- og høsttidspunkter gør det nemlig svært at styre rodukudt, som kvik, tidsler osv. Blandt andet fordi pløjning bliver en udfordring, når man gerne vil undgå at ploven flytter jorden en fure over i en anden afgrøde. Dyrkning i striber er derfor mest oplagt i et pløjefrit system, og så bliver etableringen i en ren mark vigtig. Det har været tydeligt i forsøgsmarken ved Ringkøbing i Vestjylland. Her blev forsøget anlagt på en mark, som var holdt økologisk pløjefri i mere end fem år ved forsøgsstart. Marken måtte opgives efter første sæson (2021) på grund af meget rodukudt. Ved Holeby blev forsøget anlagt på en hidtil konventionelt renholdt forsøgsmark, som fra projektets første år blev dyrket efter økologisk praksis. Her gjorde den autonome Robotti en forskel i grøntsagerne og andre specialafgrøder, mens striglen og radrenseren hjalp mod ukrudt i landbrugsafgrøderne. Erfaringerne fra Holeby er, at pløjefri økologisk dyrkning som forventet øger ukrudtstrykket i marken, men at det trods alt er på et dyrkningsmæssigt acceptabelt niveau. Forskellen i de to forsøgsmarker viser, at markens dyrkningshistorik spiller en væsentlig rolle i forhold til at få succes med selve etableringen af sribedyrkningssystemet og driften i de første år.

Rodukrudtet er en udfordring i sribedyrkning - også økonomisk, da ukrudtet koster flere gennemkørsler og kan være svært at bekæmpe i et pløjefrit system. Det er derfor nødvendigt at finde en robust strategi med harvninger til gennemskæring og udtørring af rodukrudtet. Fx blev der på Holeby-plattformen i 2023 observeret tidsler i kanten af markerne, som ikke var til stede de første år af forsøget. Så på trods af indsatser med at renholde marken, vil der med tiden opstå udfordringer med ukrudt, som skal løses, hvis sribedyrkningsystemet skal fastholdes og blive økonomisk bæredygtigt.

Hollandske forsøg viser at stigende diversitet i dyrkningsfladen kan have en positiv effekt på diversiteten af ukrudtsindikatorarter og densiteten af aktive naturlige nyttedyr. Samtidig indikerer forsøget at udsigterne for sribedyrkning er gode, når det kommer til at balancere målet med mere funktionel biodiversitet og gennemførlig dyrkningspraksis (Ditzler et. al.2023). Ukrudtet kan altså være gavnligt i systemet, hvis det tilhører en ukrudtsindikatorart og ukrudtsdækket ikke er for dominant.

Patogener og mikrobiel diversitet

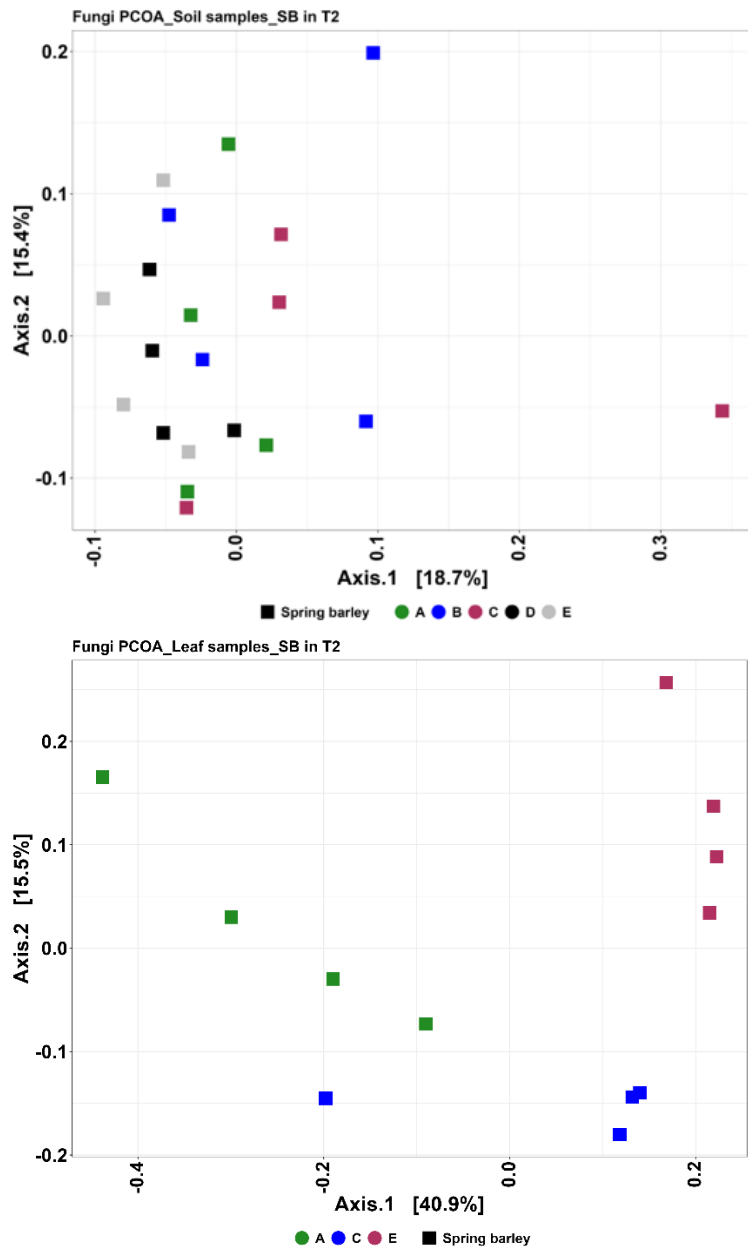
Af Mogens Nicolaisen, Aarhus Universitet, Dept. Agroecology.

Observationer af patogener og mikrobiel diversitet i sribterne er hovedsageligt udført ved hjælp af avancerede molekylære teknikker (metabarcoding) som giver et samlet billede af den mikrobielle diversitet, inklusive patogener, i sribterne. Da det ikke har været muligt at etablere 'kontrolarealer' med monokulturer til sammenligning med sribedyrkning, er der i stedet undersøgt gradienter fra kanten af sribterne (tæt på naboafgrøden) til midten af sriben (**Figur 1**) under den antagelse af effekter af sribedyrkning vil være højest tæt på naboafgrøden og mindst i midten af sriben. Da det ikke har været muligt at tage prøver fra alle afgrødekombinationer, er indsatsen koncentreret i vårbyg/hestebønne-kombinationen, hvor der til gengæld er taget flere prøver fra alle gentagelserne.



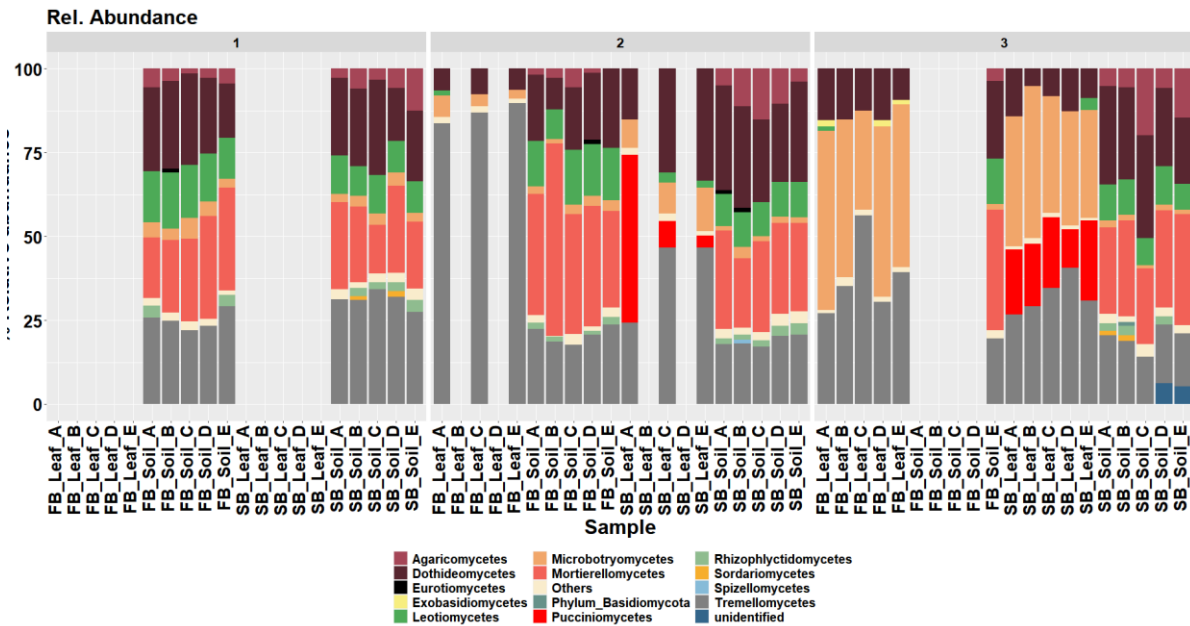
Figur 1. Oversigt over prøveudtagning i overgangen mellem vårbyg og hestebønner. I hver gradient blev der taget 5 prøver (A, B, C, D, E), som hver er en pool af 10 enkeltprøver (røde prikker) af hhv. jord og blade.

De mikrobielle samfund både i jorden og på planterne varierede langs gradienten fra midten af striberne til kanten af striberne, hvilket er en stærk indikation på, at de mikrobielle samfund påvirkes af sribedyrkning. Således kan man se på nedenstående Figur 2, at jordens mikrobielle samfund i kanten af striberne (sorte og grå punkter) er forskellige fra de mikrobielle samfund i midten af striberne (grøn, blå og rød). For de mikrobielle samfund på bladene er der endnu tydeligere forskel mellem de enkelte gradient-punkter (grøn, rød og blå). Der udestår dog stadig at analysere data for variationen af de enkelte mikroorganismer i de mikrobielle samfund. Dog viser Figur 3 at der er forskel på sammensætningen af de mikrobielle samfund, mens der ikke er signifikant forskel på antallet af arter i de enkelte gradienter (data ikke vist).



Figur 2. Første panel viser sammensætningen af bakteriesamfund i de 5 gradienter, mens det andet panel viser sammensætningen af svampesamfund i de 5 gradienter. Hver farve symboliserer en gradient.

Vores hypotese for de luftbårne patogener er, at sribedyrkning vil give en langsommere spredning i marken, da mange sporer vil lande på ikke-værter og der dermed er naturlige barrierer for spredning i marken. I nedenstående 3 ses, at bygrust (*Pucciniomyces*, rød 'bjælke') er fraværende ved første prøveudtagning ("1"), mens der er en skarp gradient af forekomst af bygrust til tidspunktet "2" med den største forekomst i midten af sriben ("A"), mens der er mindst forekomst i kanten af sriben ("E"). Dette tolkes således at der er en naboeffekt af i dette tilfælde hestebønne.



Figur 3. Panelet viser forekomsten af svampe i de forskellige prøver (jord, blade; vårbyg, hestebønne; gradient). Opmærksomheden henledes på de 'røde bjælker' i vårbyg (SB) i perioderne "2" og "3", som symboliserer bygrust (*Puccinia*).

Skadedyr - effekter på bladlus og deres naturlige fjender

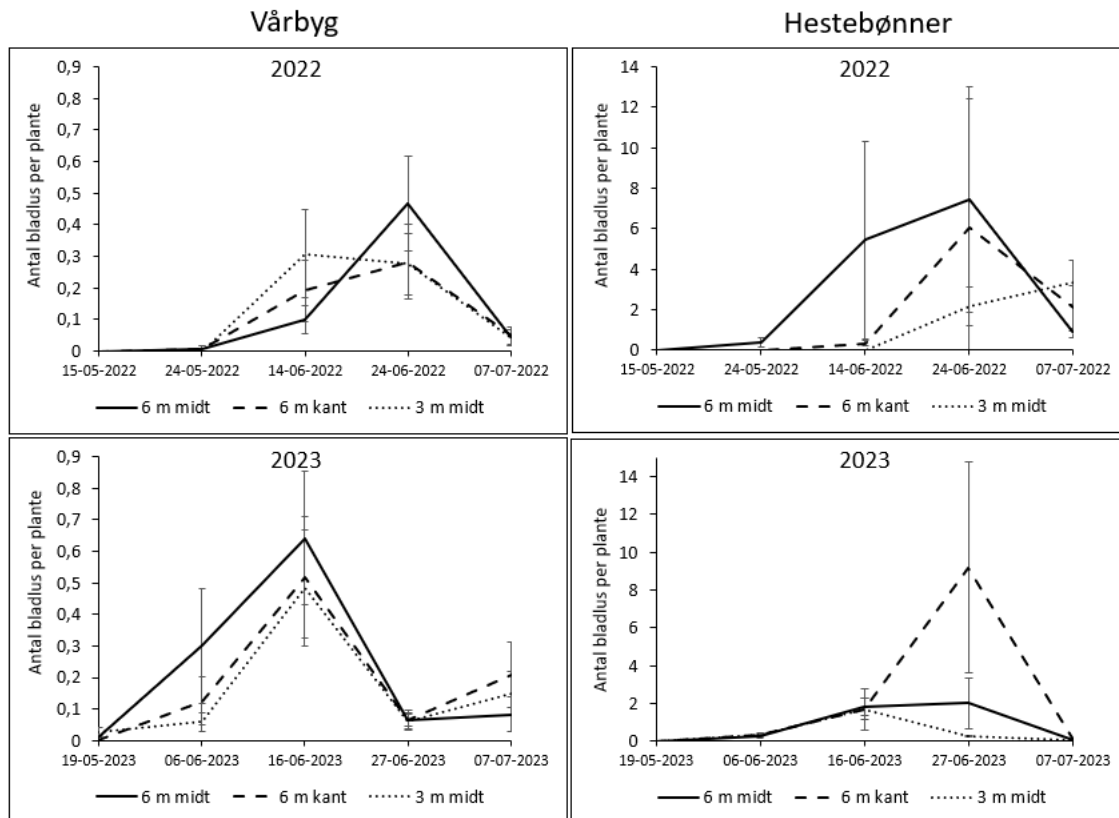
Af Lene Sigsgaard, Københavns Universitet, PLEN og Norges Miljø- og Biovidenskabelige Universitet (NMBU), BIOVIT og Stine Kramer Jacobsen, Københavns Universitet, PLEN.

Med hensyn til insekter og andre leddyr var hypoteserne:

- 1) at de smalle 3 m striber og kanten af 6 m striberne ville give bedre forhold for de naturlige fjender med adgang til mere forskelligt bytte og et bedre mikroklima end i monokultur
- 2) at de smallere striber ville nedsætte og forsinke skadedyrsangreb fordi værtsplante-afgrøden ville være sværere for skadedyrene at finde end dyrket i 6m brede striber.

Forskellige arter af bladlus er vigtige skadedyr på tværs af alle afgrøderne. Ud fra pilotforsøg i 2021, blev valgt at fokusere på hestebønne og byg.

Der blev fundet ærtebladlus, bededbladlus og ferskenbladlus i hestebønne, og havrebladlus, kornbladlus og græsbladlus i byg. Tæthederne af bladlus i korn var relativt lave begge år. De foreløbige resultater fra visuelle opgørelser ser ud til at bekræfte begge hypoteser: Der var færre bladlus i 3 m striber end i 6 m striber, og der var senere angreb i 3 m end i 6 m striber. Undtagelsen er vårbyg i 2022, hvor bladlusangrebet var særligt lavt. Kanten af 6m striberne havde også lavere angreb af bladlus end midten, med undtagelse af sidst på sæsonen i hestebønne i 2023. Se Figur 4 herunder.



Figur 4. Antal bladlus per plante (+/- SE) i 2022 og 2023 i midte og kant af 6m striber og i midten af 3m striber med hestebønne og vårbyg.

Samlet blev der fundet flere mumier af parasiterede bladlus i 3 m striberne (31) end i 6m striberne (17). Der var ikke nogen klar trend med hensyn til mariehøns. Resultater fra fælder og ketcher prøver er ikke færdiganalyseret (indsamlede insekter fra 2023 er ikke bestemt endnu), og de resultater kan give mere information om effekt af stribedyrkning på naturlige fjender og bestøvere.

Erfaringerne med stribedyrkning er positive og vores foreløbige resultater viser, at man opnår en bedre regulering af bladlus i 3 m striber end i 6 m striber. Det skal understreges at sammenlignet med monokultur, så er der allerede fordele ved 6 m og 12 m striber, så meget kan gøres - også med almindelige redskaber.

Udbytter

Af Nynne Louise Bach Steincke, Innovationscenter for Økologisk Landbrug.

I stribedyrkningsforsøget ved Holeby blev der dyrket i både 3 m og 6 m striber med hovedafgrøderne sukkerroer, hestebønne, hvede, byg, rug, havre, ærter og quinoa fordelt i to sædskifte (sædskifte 2 og sædskifte 3), mens kløvergræs var motoren i det tredje sædskifte (sædskifte 1). Udbytterne fra år 2021-2023 fremgår af **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.**

Der var stor variation i udbytterne af samme afgrøde i forsøgsperioden.

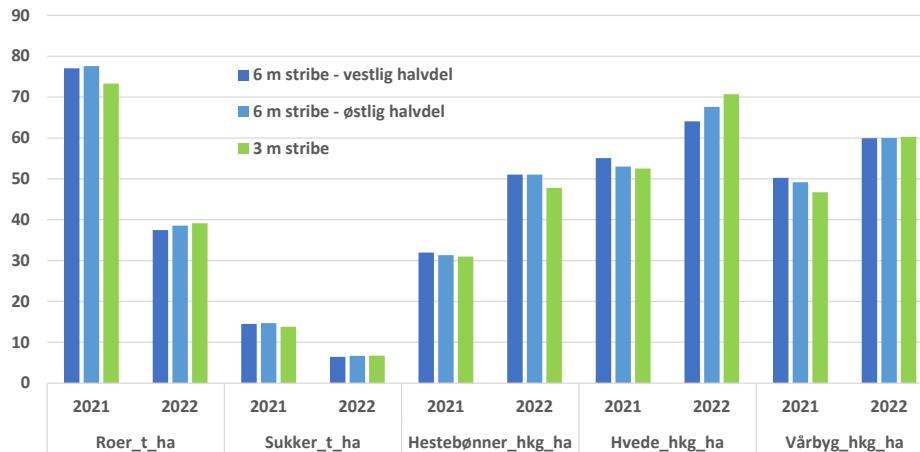


Udbytter kg/ha			
Sædskifte 2			
Afgrøde	2021	2022	2023
Hestebønner	3.164	5.104	3.301
Sukkerroer	77.325	37.994	67.620
Vårhvede	5.405		
Vinterhvede		6.585	3.619
Vårbyg	5.035	5.995	4.505
Sædskifte 3			
Afgrøde	2021	2022	2023
Vårbyg	4.665	6.025	3.368
Havre	4.997	7.128	3.308
Hestebønne	3.095	4.778	3.353
Ærter	1.043	1.325	
Vårhvede	5,253		
Vinterhvede		7.070	4.588
Sukkerroer	73.350	39.125	76,850
Vårrug	3.135		

Tabel 1. Høstudbytter fra Holeby-platformen fordelt på forskellige afgrøder.

Figur 5 viser en sammenligning af udbyttene for hovedafgrøderne for 2021 og 2022 fordelt på stribebredde. Det fremgår heraf, at der ikke var nogen signifikant effekt af stribebredde for hovedafgrøderne. Udbyttet i sukkerroerne er cirka halveret i 2022, som primært skyldes angreb af stankelbenslarver, formentlig afstedkommet af nabo-græsstriberne.

I de øvrige hovedafgrøder var udbytterne væsentligt bedre i 2022 end i 2021, hvilket forklares med en kombination af vejrforhold, såtider samt forbedret robotbaseret dyrkningsteknik (Nielsen, 2022).



Figur 5. Udbyttene i hovedafgrøder i Holeby for 2021 og 2022 og i relation til stribebredde. Der er ikke forskel på udbyttene i de to stribebredder ($p > 0,05$ for alle afgrøder). Kilde: [Template NBR Annual Report \(nordicbeet.nu\)](https://www.nordicbeet.nu).

Et Hollandsk studie fra 2020 beskriver et forsøg med økologisk sribedyrkning på tre forskellige gårde med hhv. sandjord, sandet lerjord og lerjord, som forløb over to-tre år. Fokus lå på udbredte hollandske afgrøder: kartoffel, kål, gulerod, porre, hvede og byg. Det blev undersøgt, hvordan bl.a. stribebredde og kombination af afgrøder påvirker udbyttet.

I forhold til effekt af stribebredde undersøgt for hhv. kartoffel, blomkål, rosenkål og gulerødder, viste forsøget, at forskellige stribebredder (6, 12, 24 og 48 m) ikke havde nogen signifikant betydning for udbyttet for kartoffel, blomkål og rosenkål. For gulerod var der et lidt højere udbytte ved 24 m ift. 6 og 12 m, men ikke af stor betydning.

For kartoffel, gulerod, kål og porre konkluderes det i studiet, at udbyttet hverken bliver bedre eller dårligere jo større diversitet, der er i kombinationerne mellem hovedafgrøde og naboafgrøde. Det påpeges samtidig, at jo større diversitet i afgrødesammensætningen, jo mere komplekst bliver det at vurdere effekterne. Der er ifølge studiet behov for mere forskning i effekter af forskellige afgrødekombinationer samt forskellige planters gensidige påvirkning (Song, 2020).

Kvalitetsparametre

Af Sven Hermansen, Innovationscenter for Økologisk Landbrug.

I de sribedyrkningsssystemer der er afprøvet i forbindelse med de igangværende aktiviteter, er der fokus på dyrkning af afgrøder til konsum. Det samme gør sig helt overvejende gældende i Tyskland og Holland, hvor der er arbejdet med sribedyrkning i en del flere år.

Udbredelse af svampesygdomme, hvor kartoffelskimmel er den bedst belyste, ser ud til at kunne begrænses eller forsinkes i sribedyrkning.

I egne forsøg og i den undersøgte litteratur er der ikke fundet belæg for at proteinprocent og –kvalitet i brødhvede og maltbyg blive påvirket af stribebredden. I et økologisk lavinputs-system må et forventes at varieret sædskifte, gerne med kløvergræs og med marktrafikken reguleret i faste kørespor, vil have sædskifteeffekter, der rækker ud over effekten af dyrkning i striber.

Hestebønneborebilen er en af de væsentligste udfordringer i produktion af hestebønner til konsum. Der er ikke i forsøget registreret forekomster af denne bille i striber eller effekter af stribebredden i hestebønnerne.

Næringsstofbalance

Af Sven Hermansen, Innovationscenter for Økologisk Landbrug.

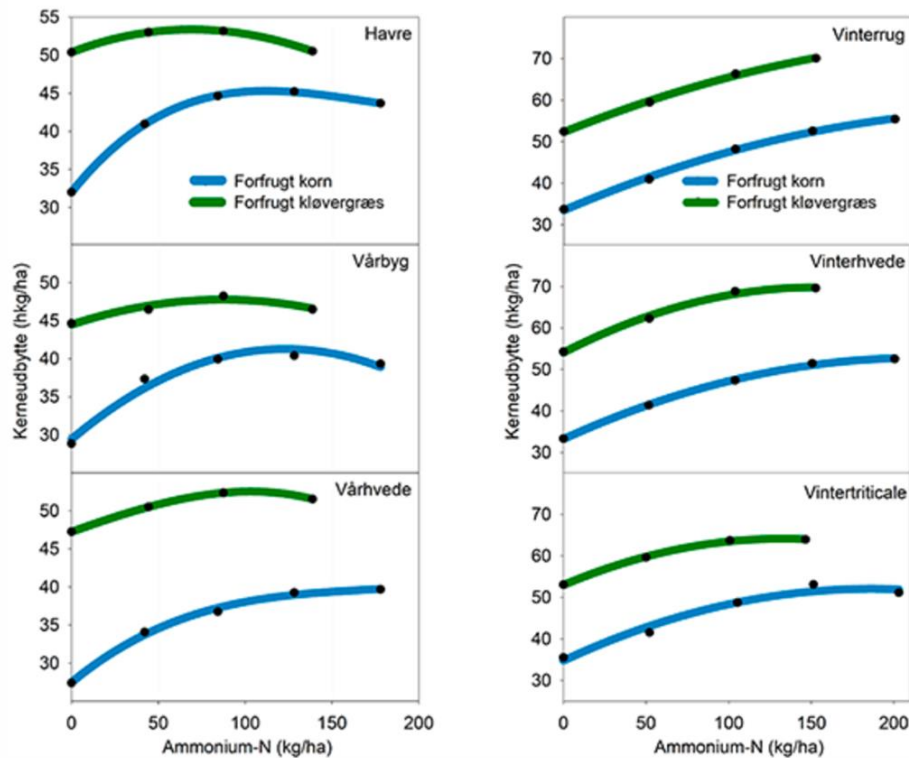
Forsøgsarealerne i Holeby er frem til 2021 drevet konventionelt med handelsgødning gennem mange år. Fra opstart af forsøgene er de økologiske dyrkningsregler overholdt og der er gødet med husdyrgødning: gylle, og med pelleterede gødninger fra Fertikal og Øgro. Der er ingen mangel på grundgødninger P, K og Mg og reaktionstallet er holdt oppe omkring 7,2 - 7,5 som anbefalet til roedyrkning på lerjord.

Fejl! Henvisningskilde ikke fundet. viser gennemsnitsudbytter på enkelt afgrøder. Der kan ikke beregnes kvælstofbalancer på de enkelte sædskifter, da de er flettet ind i hinanden. I forsøgsperioden 2021-23 har der ikke været et fuldt gennemløb af nogen af de 3 sædskifter som forsøgsarealet rummer.

Gennemsnit kvælstofbalancer pr. Ha, Holeby			
	2021	2022	2023
Vårbyg hkg	49	60	35
Tilført total-N	107	118	141
Høstet total-N	47	57	39
Havre hkg	50	71	33
Tilført total-N	60	73	85
Høstet total-N	51	54	34
Vårhvede hkg	54	-	-
Tilført total-N	107	-	-
Høstet total-N	51	-	-
Vinterhvede hkg	-	68	45
Tilført total-N	-	106	92
Høstet total-N	-	60	45
Hestebønner hkg	31	50	33
Tilført total-N	0	0	0
Høstet total-N	81	138	92
Sukkerroer hkg	76	38	71
Tilført total-N	107	118	151
Høstet total-N	158	80	147

Tabel 2. Opgørelse baseret på data fra Stribedyrkning i NBR, Holeby.

De beregnede kvælstofbalancer er gennemsnitsværdier baseret på et datasæt med stor variation. Til sammenligning viser Figur 6 kvælstofrespons i kornafgrøder i en økologisk forsøgsrække på blandede jordtyper 2008-2009.



Figur 6. N-respons i kornafgrøder ved forfrugt korn og forfrugt kløvergræs. Kilde: Landsforsøgene 2009. <https://www.landbrugsinfo.dk/public/b/1/7/landsforsogene>.

Der er sammenlignet kvælstofrespons, kg kerne pr kg tilført $\text{NH}_4\text{-N}$, i kornafgrøderne i sribedyrkningsforsøgene på Holeby med udtræk fra de traditionelle gødningsforsøg, illustreret i Figur 6. Tallene, se **Tabel 3** viser, at på den svære lerjord i Holeby, har kvælstofresponsen været markant højere, på nær i vårbyg og havre i 2023. Sammenligningen er påvirket af, at de landsforsøg, der ligger bag Figur 6, er fordelt over hele landet, på forskellige jordtyper.

Sammenlignet med landsforsøgene er der i sribedyrkningsforsøget realistiske kvælstofeffekter for JB 6-7 jorde.

Kg kerne/kg $\text{NH}_4\text{-N}$	Holeby Striber			Responskurve
	2021	2022	2023	
Vårbyg hkg	49	60	35	42
Kg kerne/kg $\text{NH}_4\text{-N}$	63	70	34	42
Havre hkg	50	71	33	44
Kg kerne/kg $\text{NH}_4\text{-N}$	114	133	53	49
Vårhvede hkg	54	-	-	39
Kg kerne/kg $\text{NH}_4\text{-N}$	69	-	-	26
Vinterhvede hkg	-	68	45	53
Kg kerne/kg $\text{NH}_4\text{-N}$	-	88	67	27

Tabel 3. Sammenligning af N-respons i økologiske kornafgrøder (Holeby gylle analyseret til 73% $\text{NH}_4\text{-N}$).

Klima

Af Betina Zacher Jensen, Innovationscenter for Økologisk Landbrug.

Der er beregnet en klimapåvirkning af sribedyrkningsystemet som tager udgangspunkt i sædskifte 2 fra Holeby-plattformen (se **Tabel 4**). Beregningen er lavet med et klimaværktøj (ESGreen Tool) der benytter standardtal, samt de høstede udbytter, kalk- og gødningstildeling i forsøgsperioden 2021 – 2023. Klimapåvirkningen er beregnet for hver enkelt afgrøde i sribesystemet for hvert år og

gennemsnittet efterfølgende beregnet. Outputtet fra beregningen er udledning af ton CO₂e/ha (bedriftsaftryk, inkl. import og kulstof). Der er ligeledes lavet en tilsvarende klimaberegning for en standard økologisk monokultur på lerjord (JB 5-6) ud fra afgrødens kvælstofdeling og udbytte som angivet i afgrødens bidragskalkule i [Farmtal Online](#) (Tabel 5). I tabel 5 er klimapåvirkningen sammenlignet mellem beregningerne for StripCrop-forsøget og beregningerne for standard-afgrøder.

Klimaberegning for sribedyrkning				
År	Afgrøde	Udbytte, kg/ha	Tilført N kg/ha	Udledning kg CO ₂ e/ha*
2021	Hestebønner	3.164	0	1.219
	Sukkerroer	77.325	107	1.427
	Vårhvede	5.405	107	789
	Vårbyg	4.971	107	1.239
	Gennemsnit			1.168
2022	Hestebønner	5.104	0	895
	Sukkerroer	37.994	118	1.732
	Vinterhvede	6.585	106	762
	Vårbyg	5.995	118	1.107
	Gennemsnit			1.124
2023	Hestebønner	3.301	0	1.196
	Sukkerroer	67.620	151	1.574
	Vinterhvede	3.619	92	1.133
	Vårbyg	4.505	142	1.496
	Gennemsnit			1.350
Gennemsnit for 2021-2023				
2021 - 2023	Hestebønner	3.857	0	1.103
	Sukkerroer	60.979	126	1.578
	Vår-/vinterhvede	5.498	102	895
	Vårbyg	4.862	122	1.280

Tabel 4. Udbytter og resultater af klimaberegning for sribedyrkning (sædskifte 2 på Holeby-platformen). *Udledning, kg CO₂e/ha (bedriftsaftryk, inkl. import og kulstof).

Klimaberegning for økologiske monokulturer Standardtal fra bidragskalkuler				Gns. StripCrop
Afgrøde	Udbytte, kg/ha	Tilført N kg/ha	Udledning kg CO ₂ e/ha	Udledning kg CO ₂ e/ha
Hestebønner	3.700	0	1.130	1.103
Sukkerroer	50.000	158**	1.714	1.578
Vinterhvede	5.000	118*	894	895
Vårbyg	4.000	118*	1.399	1.280

Table 5. Klimaberegninger for fire eksempler på monokultur, som er beregnet ud fra bidragskalkuler fra Farmtal Online. *) Svarende til 20 ton gylle med N-% på 0,59. **) Svarer til 20 ton gylle og 400 kg Øgro med 10% N.

Det ses, at klimapåvirkningen (udledninger) er meget sammenlignelige mellem resultaterne fra standard-afgrøderne og StripCrop-afgrøderne dog med en tendens til, at udledningerne i StripCrop-afgrøderne ligger lavere end for standardafgrøderne.

Det er vigtigt at understrege, at klimaberegningerne er baseret på udbytter og input af gødning og ikke faktiske målinger af f.eks. lattergasudledning. Det skal analyseres nærmere hvilke faktorer, der især påvirker, at udledningerne i StripCrop-afgrøderne ligger lavere end for standardafgrøderne.

Jord

Af Sven Hermansen, Innovationscenter for Økologisk Landbrug.

Værdien af at organisere trafikken på marken, Controlled Traffic Farming, CTF, er vel beskrevet i litteraturen. Miljøpåvirkningen er det ene aspekt, hvor der fokuseres på lattergas- og metanemissioner, på udvaskningstab og på vandholdningsevne (Gasso et al. 2013). CTF reducerer gødnings-, pesticid- og brændstofforbrug, konkluderer metastudiet.

Markudbytterne er på samme måde positivt påvirkede af faste kørespor frem for mere tilfældig trafik. I litteraturen findes der langvarige forsøg, der viser udbytteforskelle på ca. 30% i kerneafgrøder (Hussein et al. 2021). Generelt er motivationen for at interessere sig for CTF dobbelt i den forstand at landmanden forventer højere udbytter, bedre dækningsbidrag og mindre miljøpåvirkning. Det viser et studie med dansk deltagelse (Tamirat et al. 2022).

Stribedyrkning er en form for CTF, næsten uanset hvilke maskiner der anvendes, og hvilken stribebredde der vælges. I de systemer der er afprøvet i dette projekt, har robotsystemerne klart den mest konsekvente tilgang til faste kørespor. De systemer der drives med traditionelle landbrugsmaskiner, har ikke den samme entydige tilgang, da der f.eks. skal køres flere gange med en såmaskine i en stribe, der passer til en 30 fods mejetærsker.

Økonomi

Af Sven Hermansen, Innovationscenter for Økologisk Landbrug.

Kolleger i Holland vurderer, at stribedyrkning generelt vil give et lavere, men mere stabilt udbytte. Om stabiliteten opvejer det lavere udbytte, kan ikke afgøres generelt, men skal være en individuel vurdering hos den enkelte landmand.

I Holland er sribedyrkning en bio-ordning i EU-arealstøtteprogrammet. Det betyder, at der ligger et tilskud på toppen af grundtilskuddene, og det betyder, at sribedyrkning tillægges en økonomisk værdi i forbindelse med forbedring af biodiversiteten på dyrkningsjorden.

Der er indsamlet for lidt data hos værterne i projektet til at kunne lave en egentlig beregning af omkostningsniveauet ved sribedyrkning. Af interviews med demoværterne fremgår det, at når først planen er lagt, er der ikke særlige forhold ved tidsforbrug, der ødelægger det for sribedyrkingen.

I spisekartofler er det vurderet, at en forsinkelse af betydende skimmelangreb vil have en marginal betydning for udbyttet, da de sorter, der er i dyrkning i dag, har så god en generel resistens, at den ønskede størrelse er opnået, når toppen visner ned, i et normalt år. I stivelseskartofler, som pt. Ikke findes som økologisk afgrøde, er potentialet væsentligt større, da vækstsæsonens længde bestemmer det endelige udbytte.

Gennemførlighed i praktisk håndtering

Af Sven Hermansen, Innovationscenter for Økologisk Landbrug.

Planlægning af afgrødekombinationer og sribefordeling er den væsentligste hurdle og en afgørende forudsætning for et godt og praktisk gennemførligt setup.

De praktiske erfaringer, der er indsamlet i projektet, er først og fremmest hentet hos to planteavlere ved Billund og Gram i Jylland der begge har kartofler som en vigtig afgrøde. Kartofler er en af de afgrøder, der i de kontrollerede forsøg, har reageret mest positivt på at ligge i sribes mellem andre afgrøder. Årsagen til det er først og fremmest, at kartoffelskimmel spredes sig langsommere i marken, når der er fysiske barrierer. Designet hos de to økologiske landmænd er derfor bestemt af kartoflerne, da stenstrenglægning, læggebredde og mulighed for vanding er nødvendig at tænke ind i systemet. Formålet har været at undersøge, hvordan dyrkning i sribes praktisk kan gennemføres med de maskiner, der findes på den enkelte ejendom, samt metodens effekt på udvikling af kartoffelskimmel.

Sædskiftet ved Billund bestod af afgrøderne kartofler, vårbyg, ærter og blomsterstriber. Striberne blev 9 meter brede, da det passer til 3 x 4 rækker kartofler, en mejetærsker på 30 fod og en 9 meter bred gyllenedfælder. Vandingsmaskinen kunne trækkes ud i blomsterstriberne, uden afgrødeskade og tilsyneladende uden blivende skader på væksten i blomsterstriben. Erfaringerne fra dyrkningsårene 2022 og 2023 er, at tidsforbruget ved sribedyrkning er marginalt større, da der skal køres flere meter på forageren, når der f.eks. skal hyppes kartofler i en ud af fire sribes. Der er ikke målt præcise udbytter i demoerne, men heller ikke registreret markant anderledes udbytter eller kvaliteter i de høstede afgrøder.

En væsentlig bekymring hos kartoffelavlerne er naboeffekt af spildkartofler, der spirer i kartoffelstriberne fra 2022 i høståret 2023. Det kan give en tidlig eksponering for kartoffelskimmel fra de smittede kartofler, der ligger i jorden og vokser op i den næste afgrøde, og det kan gøre det sværere at kontrollere spredning af jordbårne sygdomme. Vandingskapacitet er en anden praktisk udfordring. Kartoflerne har større vandingsbehov end kornafgrøderne. Da kartoffelstriberne fylder 1/4-del af arealet, skal der vandes 4 ha mark for at vande 1 ha kartofler. Det presser kapaciteten på markvanding i de tørre perioder i vækstsæsonen.

Robotterne er oplagt at have med i udviklingen af sribedyrkning i smalle sribes på grund af deres arbejdsbredde på tre meter, deres relative lave vægt og mulighed for (i teorien) at køre døgnet rundt.

De to robottyper vi kender mest til her i landet, er redskabsbæreren Robotti og Farmdroid, som er en så- og lugerobot.

Begge maskiner er med i vores sribedyrkningsforsøg ved Holeby på Lolland. Teknologien er dog stadig relativt ny og robotterne mangler intelligens til at opdage, når noget ændrer sig, der kræver handling. Det kunne f.eks. være når en sten kiler sig fast i maskineriet. Teknologien er derfor ikke moden

nok til at køre alene i marken. Alligevel er der et potentiale for robotterne i sribedyrkning, særligt i de smalle striber. Det kræver dog tilvænning at arbejde på en ny måde i marken og at opbygge tillid til robotternes evner. Derudover er det nødvendigt, at robotterne udvikles til at registrere, hvad der foregår, når robot og redskab er koblet sammen, så opsyn og mennesketimer i marken kan reduceres. Men potentialet er der, og robotterne kan være med til at bevæge økologisk planteavl i en ny retning.

Sociale og æstetiske aspekter

Af Nynne Louise Bach Steincke, Innovationscenter for Økologisk Landbrug.

I litteraturen omkring sribedyrkning synes fokus primært at ligge på effekten af ift. emner som biodiversitet, erosion, udbytter, sygdomme og skadedyr. Det har derfor ikke været muligt at finde litteratur, der beskriver sociale og æstetiske aspekter ved sribedyrkning.

Ved Holeby var der i projektets første år opsat en stander med en QR-kode, som forbipasserende kunne scanne og derved blive ledt videre til en spørgeskemaundersøgelse. Spørgsmålene omhandlede, hvordan den pågældende person oplevede marken med sribedyrkning. Der er desværre ikke indgivet nogen svar på spørgeskemaundersøgelsen.

Erfaringer med sribedyrkning i Holland tyder på, at flere landmænd finder større arbejdsglæde i at arbejde med den øgede diversitet, og at både landmænd og offentligheden påpeger, at sribedyrkning bidrager til en øget landskabsværdi. Dermed har sribedyrkning også potentiale til at bidrage til offentlige goder til gavn for både turister og lokale i landområderne.

Konklusion

Erfaringerne med sribedyrkning under danske forhold er positive. Resultaterne fra projektet indikerer at sribedyrkingen både påvirker de mikrobielle samfund i jorden og på planterne positivt, og at der opnås en bedre regulering af bladlus i 3 m striber end i 6 m striber. Det kan på sigt skabe en balance i systemet der stabiliserer udbytterne, og dermed bidrager til et mere robust og bæredygtigt produktionssystem. Dog har sæsonvariationen de tre første år af forsøget været stor, hvilket gør det svært at isolere resultaterne fra projektet til en effekt af sribedyrkning. Det tager nemlig tid at opnå en balance i et dyrkningssystem, hvilket understreger vigtigheden i at have forsøg der kører en hel sædskifteperiode eller længere. Samtidig har der manglet et solidt sammenligningsgrundlag i form af reference-arealer med monokultur.

Det har også gjort det vanskeligt at bedømme, om der er en klimaeffekt ved sribedyrkning. En beregning med værktøjet ESGreen Tool på afgrøderne i forsøget er søgt sammenlignet med tilsvarende beregninger ud fra tal for økologiske standardafgrøder i Farmtal Online. Der ser ud til at være en tendens til lidt mindre udledning af drivhusgasser fra afgrøderne i forsøget; men det skal vurderes nærmere om det kan tilskrives sribedyrkingen eller f.eks. jordbunds- og klimaforhold.

De praktiske erfaringer viser at god planlægning af sædskiftet, ukrudtsstrategi og tilpasning af arbejdsbredde er essentiel for at få succes med sribedyrkning. Erfaringerne fra forsøgene viser en interessant tilgang til pløjefri økologi, som bør udforskes nærmere. Erfaringerne viser også, at der skal være styr på især rod ukrudt; men så viser forsøgene også, at det er muligt at finde løsninger til ukrudtsbekæmpelse i pløjefri økologisk praksis, så det ikke spænder ben for sribedyrkingens udrulning og gavnlige effekter. Robotterne Robotti og Farmdroid er med deres smalle arbejdsbredde og relative lave vægt brugbare og effektive mod ukrudt i specialeafgrøder, men mangler intelligens til at registrere hvad der foregår, når robot og redskab er koblet sammen. Alligevel er det tydeligt at se et potentiale for robotterne i især de smalle afgrødestriber.

Referencer

- [1] Bouws, H.; Finckh, M. R (2008): Effects of strip intercropping of potatoes with non-hosts on late blight severity and tuber yield in organic production, *Plant Pathol*, 57, 916-927.
- [2] Cuperus, F., Ozinga, A. W., Bianchi, F.J.J.A., Croijmans, L., Rossing, W.A.H., van Apeldoorn, D. F. (2023): Effects of field-level strip and mixed cropping on aerial arthropod and arable flora communities, 354, 108568. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108568>
- [3] Ditzler L.; Apeldoorn, D. F., Schulte, R. P. O.; Tittonell, P.; Rossing, W. A. H. (2021): Redefining the field to mobilize three-dimensional diversity and ecosystem services on the arable farm, 122, article 126197.
- [4] Ditzler, L., Rossing, A. H., Schulte, R., P., O., Hageman, J., Apeldoorn, D., F., (2023): Prospects for increasing the resolution of crop diversity for agroecosystem service delivery in a dutch arable system, 351, 108472.
- [5] Gasso, V; Sørensen, A.G., Oudshoorn, F.W.; Green, O.: (2013): Controlled traffic farming: A review of the environmental impacts. *European Journal of Agronomy*, Volume 48, July 2013, Pages 66-73.
- [6] Hussein, M. A. et al.: (2021) Controlled traffic farming effects on grain sorghum, rainfall and fertilizer nitrogen use efficiency. *Journal of Agriculture and Food Research*, Volume 3, March 2021, 100111.
- [7] Jacobsen, SK, Moraes, GJ, Sørensen, H, Sigsgaard, L. 2019. Organic cropping practice decreases pest abundance and positively influences predator-prey interactions. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 272, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.11.004>
- [8] Juventia, S. D; Rossing, W. A. H.; Ditzler, L.; Apeldoorn, D. F. (2021): Spatial and genetic crop diversity support ecosystem service delivery: A case of yield and biocontrol in Dutch organic cabbage production, 261, pp. 215-236.
- [9] Nielsen, O. 2022. Dyrkning af sukkerroer i et sribebaseret sædskifte. 711-2022 Annual Report, Nordic Beet Research.
- [10] Sigsgaard, L., Haukeland, S., Naulin, C., Kristensen, K., Enkegaard, A., Jensen, NL, Eilenberg J. 2014. Strawberry cropping practice effects on pests and their natural enemies. *J. Insect Science*, 14(122). <http://dx.doi.org/10.1673/031.014.122>
- [11] Song, Y. 2020. Exploring the effect of strip diversification and crop combination on yield in strip cropping system. IOP Publishing. *European Journal of Agronomy*.
- [12] Tamirat W. T et al.: (2022) Controlled traffic farming and field traffic management: Perceptions of farmers groups from Northern and Western European countries. *Soil and tillage research*, Volume 217, March 2022, 105288.
- [13] van Oort, P.A.J., Gou, F., Stomph, T.J., van der Werf, W. 2020. Effects of strip width on yields in relay-strip intercropping: A simulation study, *European Journal of Agronomy* 112, 125936, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.125936>.



Appendiks 1

Sædskifter ved Holeby, Lolland, i årene 2021 – 2023.

1) Sædskifte 1 (S1), Holeby i 2021 – 2023.

År	Gentagelse			
	1	6	11	16
2021	Vårbyg/udlæg	Havre	Vårbyg/udlæg	Vårbyg/udlæg
2022	Kløvergræs udlæg 1. år	Vårbyg/udlæg	Havre	Kløvergræs udlæg 2. år
2023	Kløvergræs udlæg 2. år	Kløvergræs udlæg 1. år	Vårbyg/udlæg	Havre
2024	Havre	Kløvergræs udlæg 2. år	Kløvergræs udlæg 1. år	Vårbyg/udlæg

2) Sædskifte 2 (S2), Holeby i 2021 – 2023.

År	Gentagelse							
	2	3	7	8	4	5	9	10
2021	Hestebønner	Hestebønner	Sukkerroer	Sukkerroer	Vårbyg	Vårbyg	Vårhvede	Vårhvede
2022	Vinterhvede	Vinterhvede	Hestebønner	Hestebønner	Sukkerroer	Sukkerroer	Vårbyg	Vårbyg
2023	Vårbyg	Vårbyg	Vinterhvede	Vinterhvede	Hestebønner	Hestebønner	Sukkerroer	Sukkerroer
2024	Sukkerroer	Sukkerroer	Vårbyg	Vårbyg	Vinterhvede	Vinterhvede	Hestebønner	Hestebønner

3) Sædskifte 3 (S3), Holeby i 2021 – 2023.

År	Gentagelse							
	12	13	17	18	14	15	19	20
2021	Hestebønner	Ærter	Sukkerroer	Havre	Vårbyg	Quinoa	Vårhvede	Vårrug
2022	Vinterhvede	Vinterrug	Hestebønner	Ærter	Sukkerroer	Gul sennep	Vårbyg	Havre
2023	Vårbyg	Havre	Vinterhvede	Vinterrug	Hestebønner	Ærter	Sukkerroer	Grøntsag
2024	Sukkerroer	Grøntsag	Vårbyg	Havre	Vinterhvede	Vinterrug	Hestebønner	Ærter