



Nytt odlingssystem för grönsaker - höstråg som vintermellangröda

Etablering av frilandsgroönsaker efter höstråg som vintermellangröda - utvärdering av ogräskontroll, potential för kolinbindning och växtnäringshushållning

David Hansson, Oskar Hansson, Jonas Jönsson,
Thomas Prade, Sven-Erik Svensson

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgård och växtproduktionsvetenskap
Landskapsarkitektur, trädgård, växtproduktionsvetenskap: rapportserie
Rapport 2026:5
Alnarp 2026



Nytt odlingssystem för grönsaker - höstråg som vintermellangröda
Etablering av frilandsgroönsaker efter höstråg som vintermellangröda -
utvärdering av ogräskontroll, potential för kolinbindning och
växtnäringshushållning

New cropping system for vegetables – winter rye as a winter cover crop
Establishment of field-grown vegetables following winter rye as a winter
cover crop – evaluation of weed control, carbon sequestration potential
and nutrient management

David Hansson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biosystem och teknologi,
<https://orcid.org/0000-0003-1266-6996>

Oskar Hansson, HIR Skåne, Borgeby

Jonas Jönsson, HIR Skåne, Borgeby

Thomas Prade, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biosystem och teknologi,
<https://orcid.org/0000-0002-2379-1306>

Sven-Erik Svensson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biosystem och teknologi,
<https://orcid.org/0000-0002-7648-6823>

Utgivare:	Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet
Utgivningsår:	2026
Utgivningsort:	Alnarp
Omslagsbild:	David Hansson
Serietitel:	Landskapsarkitektur, trädgård, växtproduktionsvetenskap: rapportserie
Delnummer i serien:	2026:5
ISBN (elektroniskt):	978-91-8046-961-6
DOI:	https://doi.org/10.54612/a.sn74m9hvso
Nyckelord:	Direktsådd, frilandsgroönsaker, höstråg, kolinlagring, ogräskontroll, plantering, rågmulch, vintermellangröda

Förord

Denna rapport är redovisningen av SLU Partnerskap Alnarp projekt 1460, ”Utvärdering av nytt robust odlingssystem för frilandsgrönsaker - Etablering av grönsaker i övervintrande mellangrödor för studier av kolinlagring, kvävehushållning och ogräsförekomst”. Projektet har motfinansierats av LRF Trädgårds projekt ”Ökad konkurrenskraft vid extremväder”, som bekostat etablering och skötsel av ett demoförsök på Borgeby, samt HIR Skånes kostnader för visning av demoförsöket vid Hortofältdagen i augusti 2023.

I det motfinansierade projektet har Jonas Jönsson, HIR Skåne, ansvarat för utvärdering av det robusta odlingssystemets effekt på vattenhushållning i frilandsgrönsaker och Oskar Hansson, HIR Skåne, har ansvarat för utvärdering av frilandsgrönsakernas kvalitet och skörd i odlingssystemet.

Med finansiering från SLU Partnerskap Alnarp har vi kunnat fördjupa studierna i två olika odlingssystem för etablering av frilandsgrönsaker; vårplöjd svart jord resp. höstråg som vintermellangröda under 2022 till 2023. Här har vi speciellt inriktat oss på skillnader i ogräsförekomst, växtnäringsleverans, potential för kolinlagring och klimateffekten om höstrågen skördas i maj, som grönråg, och om den då används som råvara i biogasproduktion. Utöver de fördjupade studierna har vi även kunnat medverka vid planering och genomförandet av Hortofältdagen på Borgeby, i samarbete med HIR Skåne.

Alnarp, mars 2026

David Hansson, Thomas Prade och Sven-Erik Svensson,
Inst. för biosystem och teknologi, SLU Alnarp.

Oskar Hansson och Jonas Jönsson, HIR Skåne, Borgeby.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
Summary	7
Inledning	9
Bakgrund	10
Kort litteraturgenomgång	10
Slutsatser från demonstrationsodlingarna på Borgeby 2022–2024	12
Demonstrationsodlingens upplägg med höstråg som vintermellangröda	12
Markfukt före etablering av grönsakerna	12
Bevattning av vitkålen	12
Skördenivåer i vitkålen	13
Bevattning och skördenivåer i konserverter och rödbetor	13
Övriga observationer i demoodlingarna under 2023	13
Material och metod	15
Resultat	16
Odlingssystemens ogräskontrollerande egenskaper	16
Höstrågens potential för kolinbindning på försommaren	20
Höstrågens växtnärlingsleverans, maj till september 2023	22
Kolbalans och klimateffekt vid skörd av grönråg i maj - förfrukt till nästa huvudgröda	24
Referenser	27
Bilaga 1 – Ogräsförekomst i demoförsöket den 14 juni 2023	29

Sammanfattning

Höstrågens ogräskontrollerande egenskaper inför odling av frilandsgrönsaker

Resultaten från demonstrationsodlingen på Borgeby 2022–2023 visar att odlingssystem med reducerad jordbearbetning, i kombination med höstråg som vintermellangröda, ger betydligt bättre ogräskontroll än ett system där höstrågen vårplöjs och frilandsgrönsakerna etableras i bar jord. I systemen med rågmulch respektive grönrågstubbs så minskade ogräsförekomsten tydligt i vitkål, konservärt och rödbeta. Effekten av glyfosat var begränsad i system med ”rågrester”, men tydligare i det plöjda systemet med bar jord, särskilt i rödbeta. Detta visar att planterad vitkål i täckodling med rågmulch och sådd av rödbeta resp. konservärt efter reducerad jordbearbetning, i kombination med grönrågstubbs, kan bidra till effektiv ogräskontroll.

Ogrässituationen före etablering av frilandsgrönsaker

Före etableringen av frilandsgrönsakerna var ogräsförekomsten mycket låg i den växande höstrågen, med ca 0,3 % marktäckningsgrad. Den täta höstrågen konkurrerade effektivt och hämmade ogräsens utveckling. På den vårplöjda marken fanns många små ogräsplantor i tidigt utvecklingsstadium, men marktäckningen var ändå relativt låg, ca 1,5 %. Där två falska såbäddar hade anlagts var ogräsförekomsten mycket låg.

Ogräsförekomst i vitkål i augusti

Den lägsta ogräsförekomsten i vitkål uppmättes i försöksledet med ett 8 cm tjockt lager rågmulch, där var ogräsets marktäckningsgrad 0,1–0,2 %. Tunnare mulch i kombination med glyfosat gav något högre nivåer. I det plöjda systemet ökade ogräsets marktäckning till 3–5 %, medan högst nivåer fanns i det plöjda ledet i kombination med två falska såbäddar. Bevattnings av vitkål under högsommaren minskade generellt ogräsförekomsten.

Ogräsförekomst i konservärt och rödbeta i augusti

I konservärt var ogräsförekomsten betydligt lägre när grödan såddes via mullsådd i grönrågstubbs (ca 14 %) jämfört med vårplöjd bar jord (ca 54 %). Kemisk bekämpning minskade ogräset något i både konservärt och rödbeta. I rödbeta gav etablering med strip-till i grönrågstubbs betydligt lägre ogräsnivåer än i plöjd bar jord, både med och utan kemisk bekämpning. Resultaten visar att system med grönrågstubbs ger bättre ogräskontroll än vårplöjt system för dessa två grödor.

Höstrågens biomassaavkastning, kväueupptag och potential för kolinbindning

Demoodlingen på Borgeby syftade även till att undersöka höstrågens biomassaavkastning, kväueupptag samt effekter på kolinbindning när frilandsgrönsaker etableras i rågmulch respektive i grönrågstubbs, dvs efter vårskörd av höstrågen som grönråg i slutet av maj.

På Borgeby ökade biomassaavkastningen för sorten Tayo från ca 7 till 8 ton torrsbstans per hektar, mellan den 14 och 24 maj 2023. I ett motsvarande försök med sorten Turbo Green på SITES Lönnstorp vid SLU Alnarp, ökade biomassaavkastningen från ca 10 till 11 ton torrsbstans per hektar mellan den 15 och 22 maj.

Höstrågens totala kväueinnehåll i rötter, stubbs och skördbar biomassa ökade under samma period från ca 100 till 130 kg kväue per hektar för Tayo på Borgeby. Här fanns ca 60 % av kväuet i den ovanjordiska biomassan. För Turbo Green på Lönnstorp ökade kväueinnehållet

från ca 165 till 180 kg per hektar, varav ca 75 % fanns ovan jord. Detta visar att rågen tagit upp betydligt mer kväve, än de 80 kg per hektar som tillfördes genom gödsling med mineralkväve tidig vår.

Höstrågens potential för inbindning av stabilt kol uppskattades till 500–650 kg per hektar för Tayo på Borgeby och till ca 200 kg per hektar för Turbo Green på Lönnstorp. På de sandiga jordarna (<10 % lera), på de båda försöksplatserna, bidrar främst rötter och rotutsöndringar (exudater) till kolinlagringen, vilket bör innebära att den ovanjordiska biomassan kan skördas som foder eller som biogassubstrat utan att markkolsupbyggnaden äventyras.

Höstrågens växtnäringsleverans under odlingssäsongen

Demoodlingen på Borgeby undersökte även höstrågens växtnäringsleverans till frilandsgrönsakerna. Höstrågen jämfördes i två system: antingen plöjdes den ner tidigt på våren (20 april) eller så gödslades den med 80 kg N per hektar och fick växa till slutet av maj, då den antingen putsades ner till rågmulch eller skördades som grönråg, där endast stubben lämnades kvar. Vid skörd av grönrågen kunde upp till ca 80 kg kväve per hektar bortföras, vilket ungefär motsvarar den mängd kväve som tillförts genom gödsling tidig vår.

Analyser av markens växttillgängliga kväve (N-min) visade att det i slutet av maj fanns ca 50 kg mer kväve per hektar i marken efter vårplöjning än i systemet med växande höstråg. Under sommaren påverkades kvävenivåerna främst av mineralgödslingen till grödorna. Trots betydligt lägre N-min i marken, så gav mullsådd av ärt i grönrågsstubb ca 45 % högre skörd än det vårplöjda systemet med bar jord.

Även kaliuminnehållet var högre efter vårplöjningen, med ca 100 kg mer kalium per hektar än i växande råg. Senare under säsongen påverkades kaliumhalterna främst av tillförd mängd mineralgödsel, särskilt i vitkål där en tydlig topp uppstod efter kompletteringsgödsling i slutet av juni.

Kolbalans och klimateffekt vid skörd av grönråg som vintermellangröda

Vintermellangrödan höstråg kan antingen myllas ner för att maximera kolinlagringen eller skördas, som grönråg för foder, biogas eller växtproteinextraktion, innan en ny huvudgröda etableras. Försök i Skåne visar skördar av grönråg på 8–11 ton torrsbstans per hektar i slutet av maj månad. Om 8 ton används för biogasproduktion kan ca 1500 m³ biometan produceras, motsvarande energiinnehållet i ca 1500 liter diesel, vilket kan driva fält-maskinerna på 10–15 hektar sydsvensk växtodling under en växtodlingssäsong.

Studier visar att användning av grönrågens biomassa till biogas ger betydligt större klimatnytta än nedmyllning, eftersom biogasen ersätter fossil energi och biogödseln levererar mer växttillgängligt kväve till den nya huvudgrödan än höstråg som nermyllad mellangröda. Klimatpåverkan kan minska med en faktor ca 4, om grönrågen används som biogassubstrat jämfört med om den myllas ner för maximal kolinlagring. Dessutom bidrar kvarvarande rötter och stubb från rågen till markbördighet och kolinlagring, vilket bör göra skörd av grönråg för biogas eller som foder förenlig med hållbar intensifiering av odlingssystemet.

Nyckelord: direktsådd, frilandsgrönsaker, höstråg, kolinlagring, ogräskontroll, plantering, rågmulch, vintermellangröda

Summary

Winter Rye Weed-Suppressing Properties Prior to Field Vegetable Production

Results from demonstration trials in Borgeby, Skåne, Sweden, during 2022-2023, show that cropping systems with reduced tillage combined with winter rye as a winter cover crop provide considerably better weed control than a system in which the winter rye is spring-ploughed and field vegetables are established in bare soil. In systems with rye mulch and green-rye stubble respectively, weed occurrence decreased clearly in white cabbage, vining peas and beetroot. The effect of glyphosate was limited in systems containing rye residues but more pronounced in the ploughed system, particularly in beetroot. This indicates that mulching with winter rye together with reduced tillage and green-rye stubble can contribute to effective weed control.

Weed Situation Before Establishment of Field Vegetables

Before the establishment of the field vegetables, weed occurrence was very low in the growing winter rye, with around 0.3% ground cover. The dense rye stand competed effectively and suppressed weed development. In the spring-ploughed sandy soil, many small weed seedlings were present at an early growth stage, but ground cover was still relatively low, about 1.5%. After two false seedbeds, weed occurrence was very low.

Weed Occurrence in White Cabbage in August

The lowest weed occurrence in white cabbage was recorded in the treatment with an 8 cm layer of rye mulch, where weed ground cover was only 0.1–0.2%. Thinner mulch combined with glyphosate resulted in slightly higher weed levels. In the ploughed system, weed ground cover increased to 3–5%, while the highest levels occurred in the ploughed treatment combined with two false seedbeds. Irrigation of white cabbage during its growth period in the summer generally reduced weed occurrence.

Weed Occurrence in Vining Peas and Beetroot in August

In vining peas, weed occurrence was much lower when the crop was established by “mulch drilling” into green-rye stubble (about 14%) compared with spring-ploughed bare soil (about 54%). Chemical weed control reduced weed levels slightly in both peas and beetroot. In beetroot, establishment using strip-till in green-rye stubble resulted in substantially lower weed levels than in ploughed bare soil, both with and without chemical control. The results indicate that green-rye stubble systems provide better weed control than spring-ploughed systems with bare soils for these two crops.

Winter Rye Biomass Yield, Nitrogen Uptake and Carbon Sequestration Potential

The Borgeby demonstration trial also investigated winter rye biomass production, nitrogen uptake and potential effects on carbon sequestration when field vegetables are established in rye mulch or in green-rye stubble following the spring harvest of rye at the end of May.

At Borgeby, biomass yield of the variety Tayo increased from approx. 7 to 8 tonnes of dry matter per hectare between 14 and 24 May 2023. In a corresponding trial with the variety Turbo Green at SITES Lönnstorp, SLU Alnarp, biomass yield increased from about 10 to 11 tonnes of dry matter per hectare between 15 and 22 May. The total nitrogen content of winter rye in roots, stubble and harvestable biomass increased during the same period from approx. 100 to 130 kg N per hectare for Tayo at Borgeby. Around 60% of the nitrogen was present in the above-ground biomass. For Turbo Green at Lönnstorp, nitrogen content increased from

about 165 to 180 kg per hectare, of which approx. 75% was found in above ground biomass. This shows that the rye absorbed considerably more nitrogen than the 80 kg N per hectare supplied through fertilisation.

The potential for stable carbon sequestration was estimated at 500–650 kg per hectare for Tayo at Borgeby and around 200 kg per hectare for Turbo Green at Lönnstorp. On the sandy soils (<10% clay) at both sites, carbon sequestration is mainly driven by roots and root exudates, suggesting that the above-ground biomass can be harvested without jeopardising long-term soil carbon build-up.

Nutrient Supply from Winter Rye During the Cropping Season

The trials also examined the nutrient supply from winter rye to the field vegetables. Two systems were compared: either the winter rye was ploughed down early in spring (20 April), or it was fertilised with 80 kg N per hectare and allowed to grow until the end of May, when it was either cut and used as rye mulch or harvested as green rye, leaving only the green-rye stubble. Harvesting green rye could remove up to about 80 kg N per hectare, roughly equivalent to the amount applied as nitrogen fertiliser in the early spring.

Analyses of plant-available soil nitrogen (N-mineralised) showed that by the end of May approximately 50 kg more nitrogen per hectare was available in the soil after spring ploughing than in the system with growing winter rye. During summer, nitrogen levels were mainly influenced by mineral fertilisation of the crops. Despite considerably lower N-min levels in the soil, “mulch drilling” of peas into shallow tilled green-rye stubble produced about 45% higher yields than the spring-ploughed system. Potassium availability in the end of May was also higher after spring ploughing, with approximately 100 kg more potassium per hectare than in the system with growing rye. Later in the season, potassium levels were mainly determined by fertiliser inputs, particularly in white cabbage, where a clear peak occurred after supplementary fertilisation in late June.

Carbon Balance and Climate Effects of Harvesting Green Rye as a Winter Cover Crop

Winter rye used as a winter cover crop can either be incorporated into the soil to maximise carbon sequestration or harvested as green rye at the end of May for feed, biogas production or plant protein extraction before establishing the main crop. Trials in southern Sweden have shown green-rye yields of 8–11 tonnes of dry matter per hectare at the end of May.

If 8 tonnes are used for biogas production, around 1500 m³ of biomethane can be produced, corresponding to roughly 1500 litres of diesel. This amount of energy can power “field machinery” on approx. 10–15 hectares of arable land under a growing season in southern Sweden. Studies indicate that using green-rye biomass for biogas provides substantially greater climate benefits than incorporating it into the soil, since biogas replaces fossil fuels and bio-digestate supplies more plant-available nitrogen to the following crop than the cover crop itself. The climate impact may be reduced by a factor of about four when green rye is used as a biogas substrate compared with incorporation in the soil for maximum carbon sequestration. At the same time, the remaining roots and stubble contribute to soil fertility and carbon sequestration, suggesting that harvesting green rye for biogas or fodder can be compatible with sustainable intensification of cropping systems.

Keywords: carbon sequestration, direct sowing, open field vegetables, rye mulch, transplanting, weed control, winter cover crop, winter rye

Inledning

På Borgeby gård jämfördes i en demoodling, under 2022–2023, två olika odlingssystem inför etablering av grönsaker på friland; svart jord efter vårplöjning resp. efter höstråg som vintermellangröda. Målet med demoodlingen var bland annat att undersöka hur markfukten i tre olika ”modellgrödor”: vitkål, konservärter och rödbetor påverkades av de två odlingssystemen.

Att bevara fukten som finns i marken på våren är speciellt viktigt för sent etablerade frilandsgrönsaker. Planterad vitkål i rågmulch jämföres med normal plantering i svart jord. Av två sådda grödor etablerades rödbetor via direktsådd (strip-till) i rågstubb (skördad grönråg) i jämförelse med konventionell sådd i svart jord. Konservärter såddes i grunt bearbetad grönrågstubb, i ett mullsåddskoncept, och i jämförelse med sådd i svart jord.

Utöver att bevara fukten i marken är det intressant att odla en övervintrande mellangröda, som höstråg, med syfte att minska kväveläckaget och lustgasavgången under vintern, binda in kol i marken innan huvudgrödan etableras på försommaren samt att producera biogas och biogödsel från grönrågen. Allt för att minska klimatavtrycket från odlingssystem med sent etablerade grönsaker på friland.

SLU:s roll i demoodlingen var att studera de två odlingssystemens effekter på: ogräs, växtnärlingsleverans, kolinlagring och klimatet, när huvudgrödorna vitkål, rödbeta och konsevärt etableras i rågmulch resp. i vårskördad grönråg. Detta i jämförelse med när de odlas i ett vårplöjt system med svart jord, och när två olika metoder för ogräsbekämpning (falska såbäddar resp. glyfosat) tillämpas.

I bakgrunden nedan, ger vi en liten ”historisk återblick” till tidigare demoodlingar hos HIR/HS Skåne, med höstråg som förfrukt till grönsaker på friland, och en kort litteraturgenomgång över odlingssystem med bland annat höstsäd som förfrukt inför odling av grönsaker.

Vidare sammanfattar vi i bakgrunden kort de delar som HIR/HS Skåne ansvarade för inom demoodlingarna på Borgeby 2022–2023. Här finns en [Länk](#) till den redovisningen: ”Demonstrationsodling – Fuktbevarande åtgärder i grönsaksodling” som inrapporterats till LRF Extremväder av Jönsson (2023).

Fördjupade försök genomfördes på Borgeby under 2023–2024 med finansiering från LRF Trädgårds projekt *”Ökad konkurrenskraft vid extremväder”* samt från SLU Partnerskap Alnarp genom projektet PA 1501 *”Etablering av sådda och planterade frilandsgrönsaker i vintermellangrödan höstråg – studier av kolinbindning, växtnärlingshushållning och ogräsförekomst”* på Borgeby 2024. I försöken studerades etablering av vitkål genom plantering och rödbetor genom sådd i odlingssystem med reducerad jordbearbetning och rågmulch. Resultaten från studien redovisas i rapporten (Jönsson m.fl., 2024). [Länk till rapporten](#).

Bakgrund

Under hösten 2022 lanserades Hortofältdagen, på Hellegården, Skepparslöv, vid Kristianstad, i samarbete med bland annat SLU Partnerskap Alnarp, HIR/HS Skåne och LRF. Avsikten var att samla trädgårdsbranschen för att nå ut med det senaste inom trädgårdsområdet med hjälp av demo- och försöksvisningar, utställare och diskussionsforum. Dagen blev mycket lyckad med ett stort antal besökare.

Vid Hortofältdagen på Hellegården 2022 visades nya praktiska lösningar för etablering av grönsaker i system med reducerad jordbearbetning. Här presenterades plantering av kål direkt i rågmulch samt direktsådd av rödbetor i stubb från vårskördad höstråg, så kallad grönråg. Odlingssystemet med etablering av grönsaker i rågmulch resp. grönrågstubb har potential att ge mer robusta och hållbara odlingsförutsättningar med minskad risk för vind- och vattenerosion under höst, vinter och vår, bättre vattenhushållning, högre växtnärlingsleverans, färre ogräsproblem och förbättrad jordhälsa.

Mot bakgrund av de positiva erfarenheterna från odlingssystemet med etablering av grönsaker i rågmulch resp. grönrågstubb på Hellegården, så etablerade HIR Skåne en demonstrationsodling med liknande upplägg på Borgeby. Dessa odlingar visades vid Potatis- och Hortofältdagen den 31 augusti 2023.

Kort litteraturgenomgång

Etablering av grönsaker genom reducerad jordbearbetning i no-till system och i mulch har utvärderats av Junge *et al.* (2020) och ses som ett sätt att förbättra markstrukturen och jordhälsan. Odlingssystem med huvudgrödor etablerade i mulch av råg och råg-luddvicker samt i skördad stubb från vårskördad vintermellangröda (höstråg och höstrågvete) tillämpas i USA. Detta har undersökts bland annat av Wells *et al.* (2015); Mirsky *et al.* (2011); Mochizuki *et al.* (2008). I en studie av Hansson *et al.* (2026), som genomförts i södra Sverige, visas hur reducerad jordbearbetning, fång- och mellangrödor samt tillförsel av mer organiskt material till åkermarken, kan tillämpas för att långsiktigt förbättra jordhälsan och skapa robusta, hållbara odlingssystem.

Vidare har Horta *et al.* (2022) lyft fram möjligheten att etablera grödor på friland i en mulch bestående av fiberfraktionen från avvattnad biogasgödsel. I södra Sverige finns sådan fiberfraktion (fasseparerad biogödsel) redan på marknaden och kan bland annat levereras från Gasum Jordberga av Biototal.

Etablering av tidigt sådda grönsaker utan föregående jordbearbetning har börjat praktiserats bland annat av lökodlare i Sverige. Avsikten har varit att minska risken för vinderosion på mycket lätta jordar genom att via direktsådd (strimsådd eller stip-till) etablera löken i utvintrad sommarmellangröda (ofta oljerättika) eller eventuellt i föregående års spannmålsstubb (LRF Trädgård, 2023) ([Länk till film](#)).

Genom att i stället för sommarmellangrödan oljerättika, odla en vintermellangröda, tex höstråg, i odlingsystem för frilandsgrönsaker, så erhålls grön mark under vintern, vilket är positivt ur miljösynpunkt. Flertalet grönsaker, t.ex. vitkål, rödbeta, konservärt och sötpotatis, kan etableras sent på säsongen, från mitten av maj till mitten av juni. Detta möjliggör effektivt användande av övervintrande mellangrödor, så kallade vintermellangrödor. De börjar växa tidigt på våren med mycket kraftig tillväxt under försommaren i södra Sverige. Höstrågen måste dock skördas efter axgång och blomning, som grönråg, eller roller-crimpas,

för att kontrollera rågens tillväxt, så huvudgrödan som etableras på försommaren inte konkurreras ut av höstrågen.

En övervintrande mellangröda, med huvudsaklig tillväxt på våren, bör ha potential till större klimatnytta genom lägre kväveläckage och lägre lustgasavgång under vintern, jämfört med en utvintrande sommarmellangröda (Olofsson & Ernfors 2022). I en norsk studie av Trier Kjær *et al.* (2026), där man vägde samman kolinlagring och lustgasförluster fick engelskt rajgräs och en örtblandning bäst klimateffekt. För oljerättika och vicker blev klimateffekten negativ. Studien visar tydligt att artvalet är avgörande om en mellangröda sådd på sensommaren ska fungera som en effektiv klimatåtgärd i kalla klimat, med återkommande plus- och minusgrader under vintern. Sammanfattningsvis kom man fram till följande:

- vinterhårdiga arter (t.ex. engelskt rajgräs) ger positiv klimateffekt
- frostkänsliga arter (t.ex. oljerättika och vicker) kan ge negativ klimateffekt
- mellangrödans samlade klimateffekt beror på balansen mellan kolinlagring och lustgasförluster

En vintermellangrödans bidrag till kolinlagring är störst när hela biomassan tillförs marken, men ett annat ändamål med att odla höstråg som vintermellangröda kan vara att skörda den som foder (grönråg), i mitten till slutet av maj, och därefter etablera en ny gröda, tex konservärt, rödbeta eller vitkål. Även användning av grönrågen som råvara för biogasproduktion, eller för extraktion av växtproteiner är möjliga alternativ (Muneer m.fl., 2021).

Kolbalanser och systemanalyser visar vad det ur klimatgassynpunkt betyder att nyttja en mellangrödans biomassa, i den biobaserade ekonomin, jämfört med att mylla ner den för att maximera kolinlagringen. I en studie av Prade m.fl. (2022) studerades sommarmellangrödor som såddes tidigt, i slutet av juli, i Skåne, med avseende på klimateffekterna. Det var drygt 3 ggr bättre ur klimatsynpunkt att skörda mellangrödorna som biogassubstrat på senhösten än att mylla ner dem för maximal kolinbindning i marken.

Om vintermellangrödan höstråg inte plöjs ned på våren utan i stället putsas ner som mulch inför plantering, eller skördas som grönråg innan etablering av frilandsgrönsakerna, så kan vintermellangrödan växa ända fram till etableringen av den efterföljande huvudgrödan. Hade istället mellangrödan brukats ner i jorden före etablering av huvudgrödan, hade värdefull tillväxttid för både mellan- och huvudgröda förlorats. Detta eftersom det bör gå en viss tid mellan nedbrukning av mellangrödan och etablering av huvudgrödan. (Aronsson *et al.*, 2023a). Detta är speciellt viktigt för mellangrödor med stor biomassa som är svåra att mylla ner samt om C/N-kvoten är större än ca 20. En inledningsvis hög C/N-kvot immobiliserar kvävet i marken. Med detta nya odlingssystem, rågmulch eller framförallt när höstrågen skördas som grönråg, så undviks denna fördröjning av kväveleverans, samtidigt som vintermellangrödans biomassa kan bidra till en hållbar samhällsutveckling i den biobaserade ekonomin, som foder eller som råvara i växtproteinfabriker alt. i biogasindustrin.

Slutsatser från demonstrationsodlingarna på Borgeby 2022–2024

Under säsongen 2022–2023 genomfördes en demonstrationsodling på Hushållnings-sällskapets försöksgård i Borgeby, med höstråg som vintermellangröda, inom det LRF-finansierade projektet ”Ökad konkurrenskraft för trädgårdsnäringen vid extremväder”.

En vintermellangröda bestående av höstråg som vårskördas grön i maj (grönråg) förbättrar ogräskonkurrens och kolinlagring och kan gynna sådda huvudgrödor vid reducerad jordbearbetning. Däremot medför höstrågen en tydlig ”kostnad” i form av minskad markfukt inför etablering av den nya huvudgrödan, vilket kräver extra bevattning – särskilt i planterade grödor som vitkål.

För att odlingssystemet, höstråg som vintermellangröda inför odling av frilandsgrönsaker, ska vara konkurrenskraftigt krävs anpassad bevattnings- och växtnäringstrategi. År 2023 visade att väderförhållandena är avgörande: vid tillräcklig nederbörd under sommaren kan odlingssystemet fungera likvärdigt eller bättre, men under torra förhållanden utan bevattning ökar risken för skördesänkning i systemet med höstråg som vintermellangröda.

Demonstrationsodlingens upplägg med höstråg som vintermellangröda

Demonstrationsodlingens syfte på Borgeby, med höstråg som vintermellangröda resp. svart jord, var att jämföra de två odlingssystemen med fokus att studera markfukten inför och under etablering av tre olika frilandsgrönsaker. Modellgrödorna var vitkål (planterad), konservärter (mullsådda) och rödbetor (direktsådda via strip-till).

De två odlingssystemen som jämfördes var:

- **Led A:** Vårplöjd mark (svart jord) utan vintermellangröda
- **Led B:** Höstråg som vintermellangröda, som
 - 1) hackades ned och användes som rågmulch till vitkålen (täckodling) eller
 - 2) skördades grön och där rågstubben lämnades kvar inför etablering med reducerad jordbearbetning; direktsådd via strip-till av rödbeta och mullsådd av konservärt.

Markfukt före etablering av grönsakerna

Markfuktsensorer installerades på 20 cm djup i båda försöksleden. Resultaten visade att den växande höstrågen (Led B) förbrukade stora mängder markvatten under våren. I slutet av maj hade markfukten i Led B sjunkit till ca 15 volymprocent, jämfört med ca 26 volymprocent i Led A (vårplöjt), vilket är en mer optimal nivå för jordarten. Slutsatsen var att en kraftig vintermellangröda som höstråg minskar tillgänglig markfukt inför etablering av grönsaker i slutet av maj till mitten av juni.

Bevattning av vitkålen

För att säkerställa en lyckad etablering av vitkålen genomfördes två bevattningar om totalt 50 mm direkt efter planteringen. Därefter förändrades bevattningsstrategin för vitkålen olika försöksled. I en del av vitkålen, som bevattnades optimalt, krävdes ytterligare tre bevattningar (totalt 62 mm) under juli för att motverka uttorkning. Särskilt i Led B där marken torkade ut snabbare efter varje regn eller bevattningsinsats. Totalt tillfördes 77 mm extra under säsongen utöver etableringsbevattningen på 50 mm. I en annan del av vitkålen, som bevattnades mer sparsamt, förändrades markfukten på 20 cm djup, endast efter större regn (30–70 mm), medan mindre mängd nederbörd snabbt förbrukades eller avdunstade. Först efter kraftiga regn i augusti (70 mm) utjämnades markfukten mellan de två bevattningsstrategierna i vitkålen.

Skördenivåer i vitkålen

Skördenivåerna följde markfukten: ju torrare jord, desto lägre skörd av vitkål. Högst skörd erhöles i Led A (vårplöjt) med ”optimal” bevattning (3,49 kg/huvud). Vitkål odlad i rågmulch (Led B) gav en något lägre skörd, även vid ”optimal” bevattning (3,14 kg/huvud). Vid sparsam bevattning av vitkålen var skillnaden större, (2,91 kg i Led A jämfört med 2,41 kg i Led B).

Marken var svalare vid täckodlingen med rågmulchen (ca 2°C lägre), vilket fördröjde den tidiga tillväxten av vitkålen. Det är troligt att både vatten- och näringskonkurrens från rågmulchen påverkade resultatet. Slutsatsen är att vitkål i täckodling kräver anpassad strategi för bevattning och gödsling för att inte sänka skörden.

Bevattning och skördenivåer i konservärter och rödbetor

Inför sådd av ärtor och rödbetor bevattades hela försöket för att säkerställa en god uppkomst i båda odlingssystemen (led A och Led B). Det hade ju noterats en stor uttorkning i Led B med växande höstråg under maj månad. Under resten av odlingssäsongen krävdes ingen ytterligare bevattning, då nederbörden var tillräcklig för ärtorna och rödbetorna.

Intressant nog gav sådd i ”rågrester” (Led B) högre skörd i både ärtor och rödbetor jämfört med Led A (vårplöjt). I led B gav ärtorna 45 % högre skörd och rödbetorna 12 % högre skörd. Orsaken kunde inte tydligt kopplas till markfukt, då mätningarna visade på för små skillnader under säsongen.

Övriga observationer i demoodlingarna under 2023

- För täckodlad vitkål, var ett rågmulch-täcke på 8–10 cm optimalt. Ett tunnare täcke gav ogräsproblem och ett tjockare gav ökad risk för värmeutveckling vid rågens nedbrytning.
- Direktsådd (strip-till) av rödbetor i grönrågsstubb gav en effektiv ogräskontroll och en mindre mängd ogräs mellan rödbetsraderna.
- Konservärt etablerad i grönrågsstubb, i ett mullsåddskoncept, mognade 2–3 dagar tidigare jämfört med sådd i svart jord (plöjt system).
- Mindre insektsangrepp noterades i vitkål som odlats i rågmulch (täckodlad)

När demonstrationsodlingarna med höstråg som vintermellangröda i kombination med reducerad jordbearbetning fortsatte på Borgeby under 2023–2024 så fick vi likande resultat som under de första åren enligt Jönsson m.fl. (2024).

Säsongen 2023–2024 innefattade fältförsök med vitkål och rödbetor som huvudgrödor samt olika bevattningsstrategier. Resultaten visar att höstråg kan producera upp till 12 ton torrsubstans per hektar i slutet av maj månad, vilket räcker för att skapa ett 5–7 cm tjockt rågmulch-täcke per hektar. Ett sådant täcke kan effektivt hämma fröogräs och bidra till att skydda markytan. I vitkålsodlingen gav rågmulchen en tydlig ogräshämmande effekt och

minskade behovet av ogräsbekämpning. För bästa ogräskontroll behövs dock ett något tjockare täcke på 8–10 cm.

Studien visade också detta år att höstrågen förbrukar stora mängder markfukt under försommaren, vilket kan skapa ett stort vattenunderskott i markprofilen inför etableringen av huvudgrödan. Trots att nederbörd i början av sommaren räckte för att grödorna skulle etablera sig, blev vattenbristen tydlig senare under säsongen när grödorna började ta upp mer vatten från djupare jordlager. Bevattning visade sig därför vara avgörande för att upprätthålla god tillväxt och skörd. I försöket halverades skörden av både vitkål och rödbetor i de obevattnade leden jämfört med de bevattnade.

Sammanfattningsvis visar studien på Borgebys sandjord 2023–2024 att odling av höstråg som vintermellangröda inför odling av frilandsgrönsaker är tekniskt möjligt och kan ge fördelar som minskad ogräsförekomst och förbättrad markstruktur. Samtidigt kräver systemet noggrann uppföljning av markfukt samt ett större behov av bevattning, eftersom höstrågen förbrukar stora mängder vatten i maj innan huvudgrödan etableras.

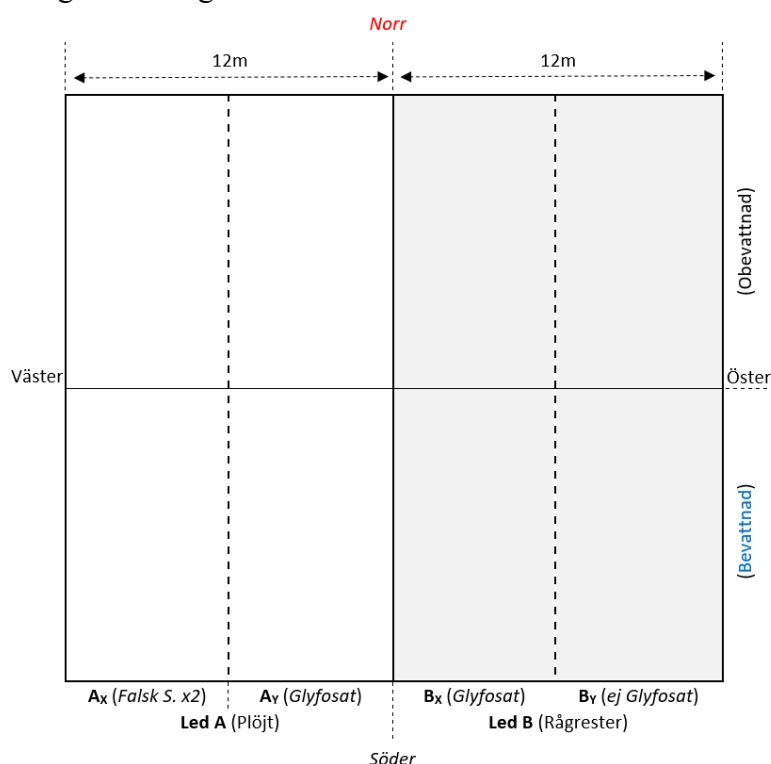
Material och metod

Demonstrationsodlingen på Borgeby etablerades våren 2023 i ett fält med höstråg som var sådd hösten 2022. Försöksrutor för jämförelseledet (Led A) etablerades genom att vårplöja den övervintrade höstrågen 20 april, strax före rågens tillväxt startade. Bredvid lämnades rågrödan (Led B) att växa och utvecklas fram till axgång och blomning i slutet av maj, då rågen enligt (Jönsson, 2023) antingen: 1) hackades ned och användes som rågmulch till den planterade vitkålen (täckodling) eller 2) skördades och där rågstubben lämnades kvar inför etablering med reducerad jordbearbetning; direktsådd via strip-till av rödbeta och via mullsådd av konservärtorna i resterna av råg-stubb. De tre olika frilandsgrönsaker etablerades i första halvan av juni 2023. Utöver etableringen i rågmulch resp. råg-stubb, i jämförelse med det vårplöjda systemet, så ingick även faktorerna bevattnat resp. obevattnat samt glyfosat resp. falsk såbädd i demoodlingen. (Figur 1).

Frilandsgrönsakerna som studerades var:

- Vitkål, planterad direkt i rågmulch (hackad grönmassa från höstrågen)
- Rödbetor som direktsåddes, via strip-till, i grönrågstubb från vårskördad höstråg.
- Konservärt såddes i grunt jordbearbetad grönrågsstubb via mullsådd. Stubben av grönråg bearbetades grunt med ett tallriksredskap, vilket är ett traditionellt bearbetningssätt som skapar en lucker såbädd med finjord och inblandade växtrester, där ärtfröet kan placeras fuktigt på en fast harvbotten (Jönsson 2023). Dvs konservärtorna etablerades i ett mullsåddskoncept.

Skissen i figur 1 visar upplägget med odling av de tre kulturerna vitkål, rödbeta och konservärt. Glyfosat användes som en faktor i försöket och jämfördes mot falska såbäddar resp. rågrester (mulch resp. stubb). Detta betyder att vi har 4 olika ogräsbekämpningsstrategier i odlingen.



Figur 1. Skiss över demo-odlingen för odlingssystemet med höstråg som vintermellangröda före etablering av frilandsgrönsaker. Hösten 2022 såddes höstrågen på fältet och i slutet av april 2023 plöjdes rågen ner (Led A) och i slutet av maj skördades resp. putsades rågen ner (Led B).

Resultat

Odlingssystemens ogräskontrollerande egenskaper

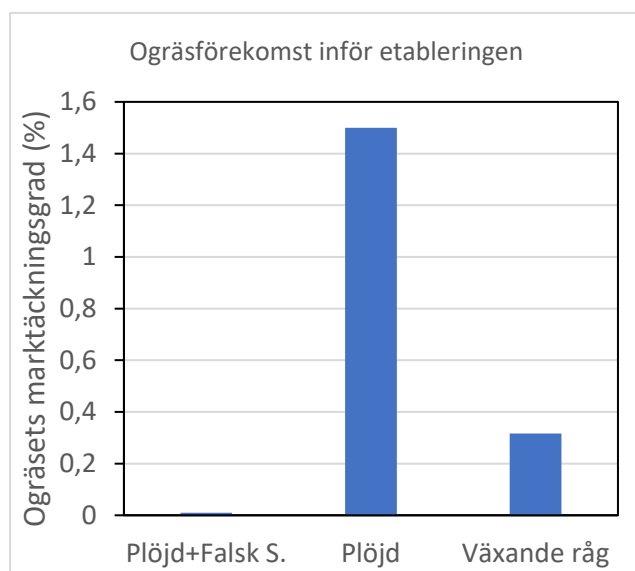
Resultaten från demonstrationsodlingen i Borgeby med vitkål, konservärt och rödbeta, visar att led B, där rågrester lämnas kvar på markytan i form av rågmulch (täckodling) eller rågstubb, ger en avsevärt förbättrad ogräskontroll i grödorna vitkål, konservärt och rödbeta jämfört med led A, där rågen vårplöjts och grödorna etablerats i svart jord.

Vidare indikerar resultaten att behandling med glyfosat i systemen med rågrester har begränsad effekt på ogräsförekomsten. I systemet där rågen vårplöjs (led A) har behandlingen med glyfosat däremot en tydligare positiv effekt, särskilt i odlingen av rödbeta.

Ogrässituationen den 24 maj, strax före etableringen av vitkål, konservärt och rödbeta, kan sammanfattas enligt följande:

I den växande höstrågen (led B) var ogräsets marktäckningsgrad låg (ca 0,3 %). Denna låga ogräsförekomst kan förklaras av höstrågens starka konkurrensförmåga, där den täta vegetationen effektivt hämmade ogräsens etablering och utveckling (Figur 2).

I de två övriga behandlingarna (led A) avdödades rågen med glyfosat den 18 april och plöjdes ner två dagar senare. På denna vårplöjda yta där marken därefter lämnades orörd fram till ogräsavläsningen den 24 maj förekom en relativt stor mängd ogräsplantor i tidigt utvecklingsstadium. Trots detta var marktäckningsgraden begränsad och uppgick till ca 1,5 %. På den del av den plöjda ytan där två falska såbäddar hade anlagts var ogräsförekomsten däremot mycket låg, med endast enstaka ogräsplantor vid avläsningstillfället.



Figur 2. Ogräsförekomst den 24 maj 2023, efter falsk såbädd den 15 maj inför etableringen av de tre kulturerna vitkål, konservärt och rödbeta i ”förfrukterna”;
- plöjd råg (20/4) + falsk såbädd (15/5)
- plöjd råg (20/4)
- växande råg, som den 30 maj skördas resp. putsas ner inför etablering av de tre frilandsgroönsakerna i demoförsöket.

Efter ogräsavläsningen den 24 maj inför etableringen av de tre kulturerna i juni, så gjordes förnyade avläsningar den 14 juni och den 15 augusti. Resultaten från avläsningen den 14 juni visar samma trend i ogräseffekter för de 4 ogräsbekämpningsstrategierna som noterades vid avläsningen den 15 augusti. Resultaten från den 14 juni redovisas i bilaga 1.

Ogräsförekomst i vitkål

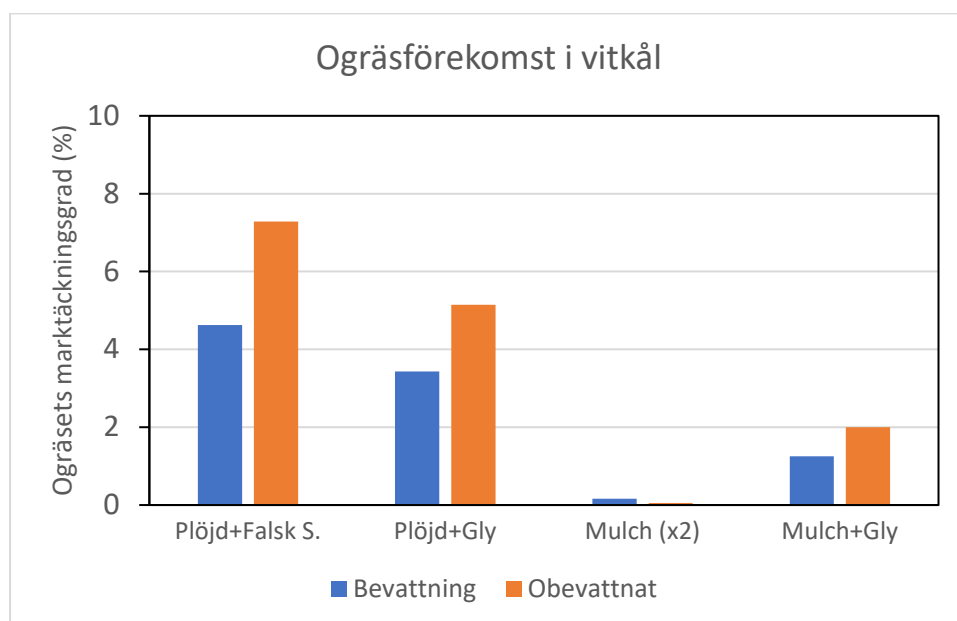
Vid ogräsavläsningen den 15 augusti noterades den lägsta ogräsförekomsten i vitkål (0,1–0,2 % marktäckningsgrad) i ledet med ett 8 cm tjockt lager rågmulch utan glyfosatbehandling (Figur 3).

I ledet med ett 4 cm tjockt lager rågmulch i kombination med glyfosatbehandling före plantering var ogräsförekomsten högre, med en marktäckningsgrad på 1,3 % i det bevattnade ledet, respektive 2,0 % i det obevattnade ledet.

I det plöjda ledet, kompletterat med en efterföljande glyfosatbehandling, uppgick ogräsets marktäckningsgrad till 3,4 % i det bevattnade ledet, och till 5,1 % i det obevattnade ledet.

Den högsta ogräsförekomsten i försöket med vitkål noterades i det plöjda ledet med två falska såbäddar, där marktäckningsgraden uppgick till 4,6 % i det bevattnade ledet, respektive 7,3 % i det obevattnade ledet.

Sammantaget visar resultaten en tydlig rangordning mellan behandlingarna, där ogräsförekomsten ökade i följande ordning: 8 cm rågmulch, <4 cm rågmulch + glyfosat, <plöjt + glyfosat, <plöjt + två falska såbäddar. Effekten av bevattning var genomgående att ogräsförekomsten var generellt lägre i de bevattnade leden jämfört med de obevattnade.



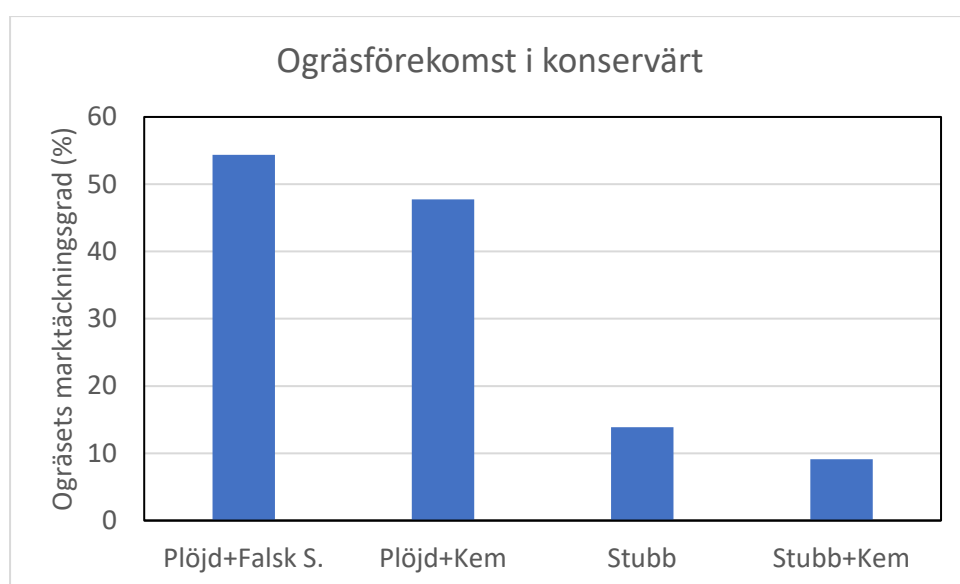
Figur 3. Ogräsförekomst på hela markytan den 15 augusti 2023 i planterad vitkål etablerad i svart jord (vårplöjd höstråg) samt i rågmulch med två olika tjocklekar på mulchlagret (ca 4 cm respektive 8 cm; x2 = dubbelt mulchlagret). I ett av de vårplöjda leden anlades två falska såbäddar (15 maj och 26 maj; Falsk S). I försöket utfördes den 30 maj en kemisk ogräsbekämpning med glyfosat (Gly) på halva försöksytan (se Figur 1), före plantering av vitkål den 2 juni. Handrensning genomfördes den 30 juni i de två plöjda leden.

Ogräsförekomst i konservärt

Till skillnad mot försöken i vitkål så bevattnades konservärt och rödbeta endast före sådden av dessa två grödor, men inte senare under odlingssäsongen. Nederbörden var tillräcklig under sommaren 2023 på Borgeby för att ge en bra skörd.

I leden utan kemisk ogräsbekämpning efter sådden av konservärt var ogräsets marktäckningsgrad betydligt lägre där de mullsåts i rågstubb (ca 14 %) jämfört med där grödan såtts på vårplöjd mark (ca 54 %). (Figur 4).

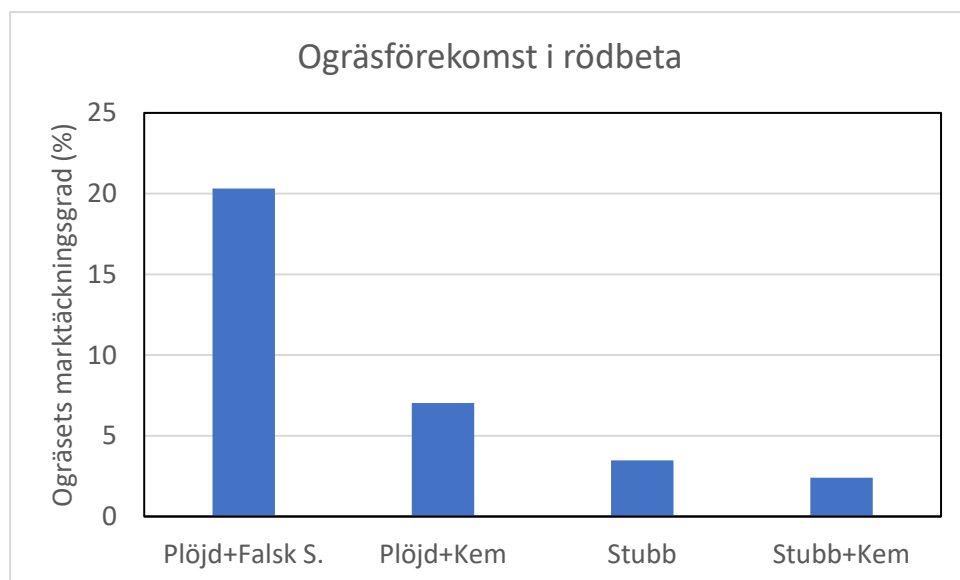
Den kemiska ogräsbekämpning som utfördes i det vårplöjda systemet reducerade ogräsets marktäckningsgrad med ca 7 procentenheter, medan motsvarande behandling i konservärtorna etablerade via mullsådd i rågstubb minskade marktäckningsgraden med ca 5 procentenheter (Figur 4).



Figur 4. Ogräsförekomst på hela markytan den 15 augusti 2023 i konservärt som såddes i vårplöjd höstråg samt i grunt tallrikskultiverad grönrågstubb, i ett mullsådds-koncept. Efter sådden av konservärt utfördes 2 kemiska ogräsbekämpningar i leden med kemisk bekämpning.

Ogräsförekomst i rödbeta

När rödbetor etablerades via strip-till i grönrågstubb, så var ogräsets marktäckningsgrad endast 3,5 % jämfört med ca 20 % i den vårplöjda svartjorden. I kombination med tre kemiska ogräsbekämpningar, så var ogräsets marktäckningsgrad ca 2,5 % i strip-till-konceptet och ca 7 % i det vårplöjda konceptet. (Figur 5).



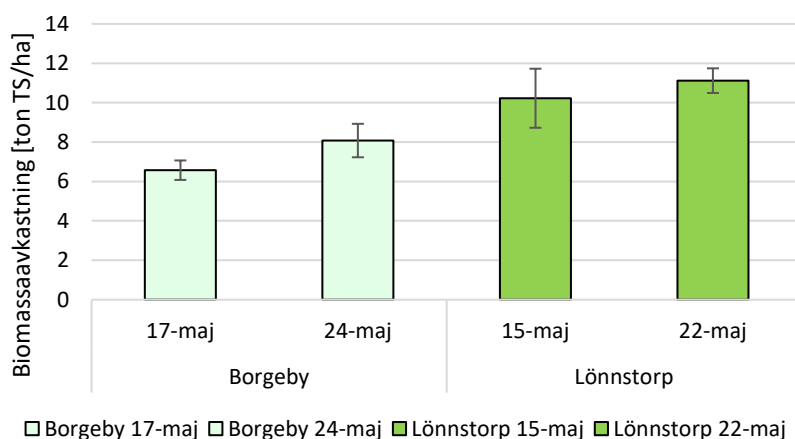
Figur 5. Ogräsförekomst i rödbetor den 15 augusti 2023 (25 cm brett band över såraden). Rödbetorna såddes i svartjord (vårplöjd höstråg) samt via strip-till i grönrågstubb. Efter sådden utfördes 3 kemiska ogräsbekämpningar i leden med kemisk bekämpning.

Höstrågens potential för kolinbindning på försommaren

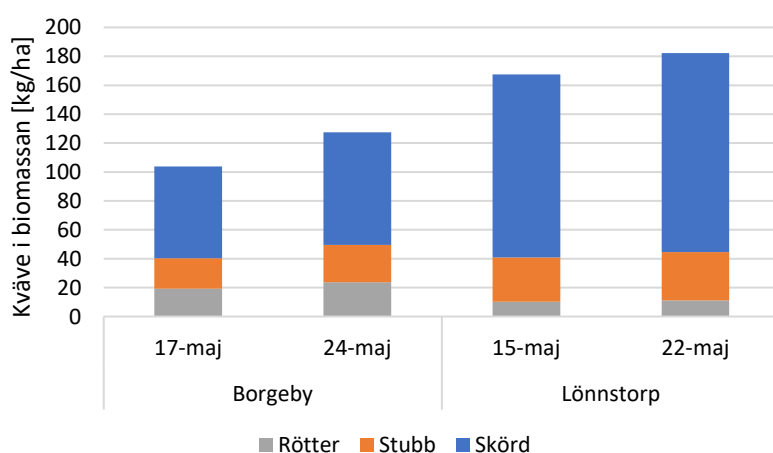
En del i demoodlingen på Borgeby var att undersöka höstrågens biomassa-avkastning, dess kväveupptag, effekterna på kolinbindning samt klimatet, när frilandsgrönsaker etableras i rågmulch resp. i rågstubb efter vårskörd av grönråg i slutet av maj.

På Borgeby så ökade höstrågens biomassaavkastning från ca 7 ton ts per ha till ca 8 ton ts per ha, från den 14 maj till den 24 maj 2023, för sorten Tayo. I ett annat försök med grönråg (Turbo Green), på SITES Lönnstorp, SLU Alnarp, så ökade biomassaavkastningen från ca 10 ton ts per ha till ca 11 ton ts per ha, från den 15 till den 22 maj 2023 (Figur 6).

Om grönrågen, tex 8 ton ts, används som biogassubstrat, så kan den energimängd som produceras av grönrågen, i form av biometan, ersätta motsvarande energiinnehållet i 1500 liter diesel. Se beräkningar i Tabell 2 sist i rapporten. Där framgår det också att det ur klimatgassynpunkt, är ca 4 gånger bättre att skörda grönrågen som biogassubstrat, jämfört med att mylla ner den för maximal kolinlagring.



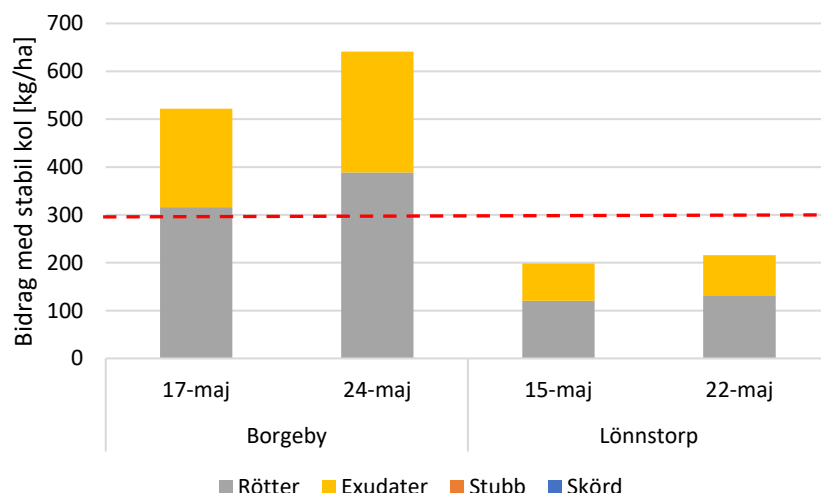
Figur 6. Biomassa-avkastning maj 2023 för rågsorterna Tayo (Borgeby) och Turbo Green (Lönnstorp).



Figur 7. Kväve i höstrågen (rötter, stubb och skörd av ovanjordisk biomassa) i maj 2023.

Höstrågens totala innehåll av kväve i rötter, stubb och skördbar biomassa, ökade från ca 100 till ca 130 kg/ha för sorten Tayo, under perioden 17 till 24 maj 2023, på Borgeby. Ca 60 % av kvävet fanns i den skördbara ovanjordiska biomassan. För sorten Turbo Green, på Lönnstorp, så ökade kväveinnehållet från ca 165 till ca 180 kg/ha på en vecka. Här fanns dock en betydligt större andel av kvävet i den ovanjordiska biomassan, ca 75 %, se figur 7. Detta

betyder att höstrågen tagit upp betydligt mer kväve i sin biomassa än vad som tillförts via mineralkvävegödslingen tidig vår 2023, som var 80 kg per hektar.



Figur 8. Höstrågens potential för inbindning av stabilt kol. Den röda punktade linjen anger den mängd stabilt kol per ha och år, som en sommarmellangröda i snitt kan bidra med. Lerhalten var <10 % på försöksplatserna, och då bidrog endast rötter och exudater till kolinbindningen, men inte stubb och den skördbara ovanjordiska biomassan.

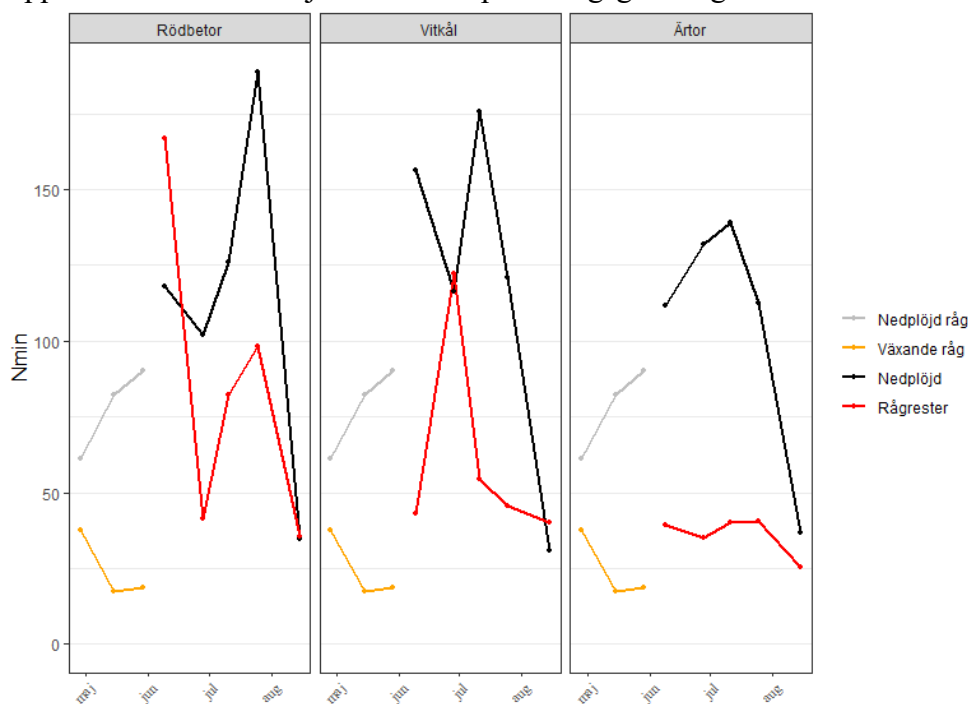
En sommarmellangröda kan, enligt Aronsson *et al.* (2023b), i medeltal binda in ca 300 kg stabilt kol per hektar och år. Enligt Harbo *et al.* (2026) så kan förändringen i markens kolförråd, enligt en omfattande Europeisk studie, variera stort från en minskning med 590 kg stabilt kol per hektar och år, för ettåriga grödor, till en ökning med 520 kg stabilt kol per hektar, för vallodling. När vintermellangrödan höstrågs kolinbindning undersöktes, så varierade höstrågens potential för inbindning av stabilt kol från ca 500 till ca 650 kg per hektar för sorten Tayo på Borgeby, i demoförsöket under 2023 (Figur 8). För sorten Turbo Green på Lönnstorp så var kolinbindningen betydligt lägre, endast ca 200 kg per hektar. Lerhalten var <10 % på de två ”försöksplatserna”, vilket medför att endast rötter och exudater bidrar till kolinbindningen i marken, men inte stubb och den skördbara ovanjordiska biomassan. Detta betyder att på sandjord så kan den ovanjordiska biomassan bortföras som foder eller som biogassubstrat utan att äventyra markkolsuppbyggnaden.

Höstrågens växtnärlingsleverans, maj till september 2023

En annan del i demoodlingen på Borgeby var att undersöka höstrågens växtnärlingsleverans till frilandsgrönsakerna beroende på om höstrågen plöjts ner tidig vår (20 april) eller om den kvävegödslas tidig vår (80 kg/ha) och därefter fått växa till den 30 maj, då den antingen putsas ner och blir till rågmulch resp. skördas som grönråg och endast grönrågens stubb lämnas kvar. I figur 7 framgår att 80 kg N per hektar kan ha bortförts med grönrågen i slutet av maj, dvs ungefär lika mycket kväve som grönrågen gödslades med tidig vår.

I figur 9 visas höstrågens, i kombination med markens, potential för leverans av växttillgängligt kväve (N-min, kg per ha, djup 0–30 cm). N-min har mätts via Spurway-analyser. Kurvorna i figur 9 är uppdelade i två tidsperioder; 1) maj till juni och 2) juni till september. För tidsperiod 1) maj till juni framgår det att det i slutet av maj finns mycket kväve, ca 50 kg mer per ha, som är tillgängligt i marken efter vårplöjningen (grå linje) jämfört med i den växande höstrågen (gul linje), även om den gödslats med ca 80 kg N per hektar tidig vår.

För period 2), juni till augusti, så visar de svarta resp. de röda kurvorna, det växttillgängliga kvävet både från markens mineralisering och det kväve som frilandsgrönsakerna gödslats med. Om vi speciellt studerar N-min i ledet med ärt, som etablerats via mullsådd, i myllad grönrågsstubb, och utan någon kvävegödsling, så framgår det mycket tydligt att det vårplöjda systemet generellt levererar mycket mer kväve än mullsåddskonceptet. Skillnaden ser ut till att kunna vara upp till 100 kg N per ha. Enligt Jönsson (2023) så var ärtskörden ca 45 % högre skörd efter mullsådd jämfört med i det vårplöjda systemet. Detta antyder att det kanske inte är en nackdel att skörda höstrågen som grönråg före sådd av konservärt vid mullsådd. N-min för de två andra grödorna rödbeta resp. vitkål, i denna tidsperiod, påverkas starkt av att de gödslats med mineralgödselkväve vid etableringen samt under växtsäsongen, med tydliga toppar för N-min under juli efter kompletteringsgödsling med kväve.



Figur 9. Höstrågens potential för leverans av lättillgängligt kväve (N-min, kg per ha, djup 0–30 cm) under maj månad till efterföljande kulturer, efter nerplöjning av höstrågen i slutet av april (grå linje). Under perioden juni till augusti visas det växttillgängliga kvävet i marken efter kulturens etablering, gödsling och markens mineralisering i matjordslaget. Spurway-analyser, utförda av LMI AB, Helsingborg.

I figur 10 visas höstrågens, i kombination med markens, potential för leverans av växttillgängligt kalium (kg per ha, djup 0–30 cm). Kaliuminnehållet har mätts via Spurway-analyser som utförts av LMI. Kurvorna i figur 10 är uppdelade i två tidsperioder; 1) maj till juni och 2) juni till september.

För tidsperiod 1) maj till juni framgår det att det i slutet av maj finns ca 100 kg kalium per ha, som är tillgängligt i marken efter vårplöjningen (grå linje) jämfört med försöksledet med växande höstråg (gul linje).

För period 2), juni till augusti, så visar de svarta resp. de röda kurvorna, det växttillgängliga kaliuminnehållet för de tre grödorna rödbeta, vitkål och ärtor. Kaliuminnehållet i markskiktet 0–30 cm påverkas mycket starkt av att de gödslats med olika mängder kalium vid etableringen samt under växtsäsongen. Detta framgår speciellt i vitkål med en tydlig topp under juli efter kompletteringsgödsling den 28 juni med 900 kg NPK 11-5-18 per ha.



Figur 10. Höstrågens potential för leverans av växttillgängligt kalium (kg per ha, djup 0–30 cm) under maj månad till efterföljande kulturer, efter nerplöjning av höstrågen i slutet av april (grå linje). Under perioden juni till augusti visas kaliuminnehållet i marken efter kulturernas etablering, gödsling och markens mineralisering i matjordslagret. Spurway-analyser, utförda av LMI AB, Helsingborg.

Kolbalans och klimateffekt vid skörd av grönråg i maj - förfrukt till nästa huvudgröda

En mellangrödas bidrag till kolinlagring är störst när hela biomassan tillförs jorden, men ett annat ändamål med att odla höstråg som vintermellangröda kan vara att skörda den som foder (grönråg), i mitten av maj, och därefter snabbt etablera en ny kultur, tex konservärt, rödbeta, vitkål, sötpotatis, industrihampa, ensilagemajs, etc.

Även användning av mellangrödan höstråg som råvara för energiutvinning, t.ex. via biogasproduktion (Larsson & Svensson, 2026), eller för extraktion av växtproteiner är möjliga alternativ (Muneer m.fl., 2021). För mellangrödan höstråg, som växer under vintern och som snabbt tillväxer på våren, har höstrågen genererat en biomassaskörd av 8 – 11 ton ts per ha, vid skörd i mitten till slutet av maj 2023, enligt mätningar utförda på Borgeby och Lönnstorp. Om 8 ton grönråg används för produktion av biogas, så produceras en nettoenergimängd i form av 1500 m³ biometan, vilket motsvarar ca 1500 liter diesel. Denna energimängd skulle täcka maskindriften under ett år för 10–15 ha sydsvensk växtodling, se beräkningar i tabell 2.

Kolbalanser och systemanalyser kan visa vad det ur klimatgassynpunkt betyder att nyttja en mellangrödas biomassa, i den biobaserade ekonomin, jämfört med att mylla ner biomassan för att maximera kolinlagringen. I en studie av Prade m.fl. (2022) studerades sommar-mellangrödor som såddes tidigt, i slutet av juli, i Skåne, med avseende på klimateffekterna, vilket presenterats i Aronsson m.fl. (2023a). I olika scenarier undersöktes där mellangrödorna antingen tillfördes marken i sin helhet eller där skörden användes för biogas, med användning av biogödseln som gödselmedel.

Kolbalansen (inlagrat kol + minskade utsläpp av kol) för en ogödslad mellangröda av bovete talade till det skördade systemets fördel, med drygt 3 ggr mindre klimatpåverkan, uttryckt i form av kol, se tabell 1. När samma beräkning rörande klimatpåverkan görs för myllad resp. vårskördad höstråg som biogassubstrat så minskar klimatpåverkan med ca en faktor 4, se tabell 2). Även Nilsson *et al.* (2024) menar att det ur klimatsynpunkt är betydligt effektivare att nyttja mellangrödors biomassa för biogasproduktion, än att enbart mylla ner den för maximal kolinlagring. Enligt Nilsson *et al.* (2024) kan det vara upp till 10 gånger bättre om oljerättikans rötter skördas som biogassubstrat på senhösten, om den producerade biogasen ersätter fossila drivmedel, jämfört med att låta rättikan lämnas i fält för maximal kolinbindning under vintern.

De bakomliggande orsakerna till dessa positiva klimateffekter är att biogasen som produceras ersätter fossil energi, att biogödsel har ett högre kvävegödselvärde än nedplöjd mellangröda samt att marken är en mycket osäker lagringsplats för kväve under vintern. Nyttjandegraden av den växtnäring som finns i mellangrödornas biomassa kan alltså öka om dess biomassa skördas på hösten och därefter rötas för att ge en biogödsel med stor andel växttillgängligt ammoniumkväve.

Biogödseln bidrar med stabilt kol till marken efter det att de lättnedbrytbara beståndsdelarna överförts till metan i biogasprocessen. Den mängd organiskt material som blir kvar i stubb och rötter när en sommarmellangröda skördas med ca 10 cm stubbhöjd kommer i sig att bidra till att bevara markens bördighet, enligt Blanco-Canqui m.fl. (2020). De menar att mellangrödor för skörd är exempel på nya ekosystemtjänster som är förenligt med begreppet hållbar intensifiering av odlingssystemen.

En studie av Levavasseur m.fl. (2022) visade att gödslade sommarmellangrödor som skördas, till och med kan ge större kolinlagring än mellangrödor utan skörd.

Tabell 1. Kolbalansberäkning (kg C per ha) över ogödslat bovete när sådden gjordes i slutet av juli för två scenarier; antingen nedmyllning av hela biomassan eller skörd under september-oktober för biogasproduktion (Prade m.fl., 2022). Kväve och stabilt kol förs tillbaka med biogödseln och kan då ersätta fossilbaserad framställning av mineralgödsel

Bovete ogödslat	Nedmyllning av hela biomassan	Skörd av ovanjordisk biomassa
Ovanjordisk biomassa [kg ts/ha]	1231	1231
Biometanpotential [m ³ /ha]	0	365
Kolbalansberäkning		
Markkolsbidrag från skördbar biomassa	63	0
Återfört stabilt kol med biogödseln ^{a)}	0	31
Markkolsbidrag från rötter och stubb	23	23
Undviken fossil kol via växttillgängligt kväve till nästa gröda ^{b)}	13	38
Kol till atmosfären - gödsling 0 kg N	0	0
Biometan som ersätter fossil diesel ^{c)}	0	227
Summa klimateffekt [kg C per ha]	98	319
Klimateffektskvot skördat / myllat ^{d)}	3,25 ^{d)}	

^{a)} Hälften av det stabila kolet i mellangrödan återförs med biogödseln: 50 % * 63 kg C = 31 kg C/ha.

^{b)} 1,8 kg C per kg tillverkat N är beräknad via faktorn 12/44 (andelen C i CO₂) från 6.6 kg CO₂-eq per kg N (Börjesson m.fl. 2010). 7 kg N/ha * 1,8 kg C/kg N = 13 kg C/ha. 20 kg N/ha * 1,8 kg C/kg N = 38 kg C/ha.

^{c)} 1 liter diesel MK1 = 2,69 kg CO₂-eq enligt Energimyndigheten (2021) "Växthusgasutsläpp".

365 m³ CH₄ * (100 % - 15 %) = 310 m³ CH₄ = 310 l diesel * 2,69 kg CO₂ per l diesel = 835 kg CO₂ * 12/44 = 227 kg C/ha. (15 % av energin i producerad metan till skörd och transport av grödan)

^{d)} Klimateffektskvoten för de två systemen, myllad respektive skördad mellangröda till biogas, beräknas som: 319 (kg C per ha) / 98 (kg C per ha) = ca 3,25 i kvot.

I tabell 2 visas en kolbalansberäkning för vintermellangrödan höstråg, med avseende på klimateffekterna, när hela rågens biomassa myllas ner i slutet av maj, för maximal kolinlagring, jämfört med när den skördas som biogassubstrat i slutet av maj och ersätter det fossila drivmedlet diesel.

Tabell 2. Kolbalansberäkning (kg C per ha) över gödslad höstråg på Borgeby 2023; antingen nedmyllning av hela biomassan eller skörd av rågen i slutet av maj för biogasproduktion. Stabilt kol och kväve förs tillbaka med biogödseln och ersätter mineralgödselkväve

Höstråg gödslad	Nedmyllning av hela biomassan	Skörd av ovanjordisk biomassa
Ovanjordisk biomassa [kg ts/ha]	8000	8000
Biometanpotential [m ³ /ha]	0	2400
Kolbalansberäkning		
Markkolsbidrag från skördbar biomassa*	0	0
Återfört stabilt kol med biogödseln ^{a)}	0	200
Markkolsbidrag från rötter och stubb	640	640
Undviken fossil kol via växttillgängligt kväve till nästa gröda ^{b)}	90	180
Kol till atmosfären - gödsling 80 kg N	-144	-144
Biometan som ersätter fossil diesel ^{c)}	0	1500 ^{e)}
Summa klimateffekt [kg C per ha]	586	2376
Klimateffektskvot skördat / myllat ^{d)}		4,0 ^{d)}

* Lerhalt ca 10 % på Borgeby medför att kolinbindningen är försumbar

^{a)} Stabilt kol från mellangrödan återförs med biogödseln ca 200 kg C/ha.

^{b)} 1,8 kg C per kg tillverkat N är beräknad via faktorn 12/44 (andelen C i CO₂) från 6.6 kg CO₂-eq per kg N (Börjesson m.fl. 2010). 100 kg N/ha * 1,8 kg C/kg N = 180 kg C/ha.

^{c)} 1 liter diesel MK1 = 2,69 kg CO₂-eq enligt Energimyndigheten (2021) "Växthusgasutsläpp".

2400 m³ CH₄ * (100 % - 15 %) = 2040 m³ CH₄ = 2040 l diesel * 2,69 kg CO₂ per l diesel =

5500 kg CO₂ * 12/44 = 1500 kg C/ha. (15 % av energin i producerad metan till skörd och transport av grödan)

^{d)} Klimateffektskvoten för de två systemen, myllad respektive skördad mellangröda till biogas, beräknas som:

2376 (kg C per ha) / 586 (kg C per ha) = ca 4,0 i kvot.

^{e)} Nettoenergi mängden i biometanet motsvarar ca 1500 liter diesel räcker till maskindriften för 10–15 ha sydsvensk växtodling.

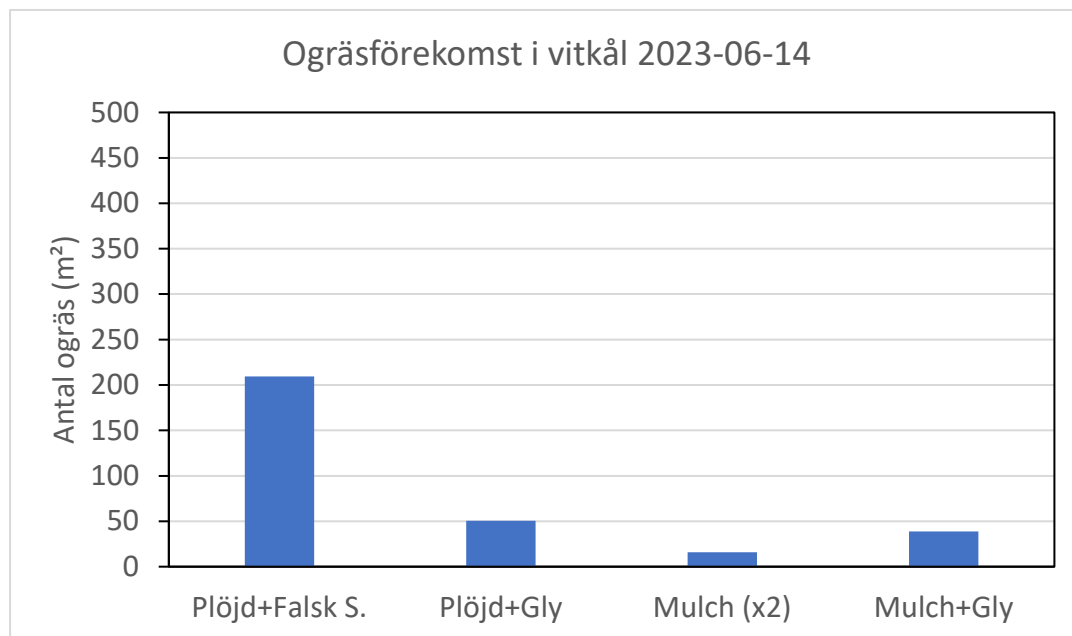
Referenser

- Aronsson H, Ernfors M, Kätterer T, Bolinder M, Svensson SE, Hansson D, Prade T & Bergkvist G (2023a) Mellangrödor i växtföljden – för kolinlagring och effektivt kväveutnyttjande. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. (Ekohydrologi, 179)
- Aronsson H, Ernfors M, Kätterer T, Bolinder M, Svensson SE, Hansson D, Prade T & Bergkvist G (2023b) Mellangrödor i växtföljden - För kolinlagring och effektivt kväveutnyttjande. [Mellangrödor i växtföljden Greppa](#)
- Blanco-Canqui H, Ruis SJ, Proctor CA, Creech CF, Drewnoski ME, Redfearn DD (2020) Harvesting cover crops for biofuel and livestock production: Another ecosystem service? *Agronomy Journal* 112(4): 2373-2400.
- Hansson D, Olsson Nyström Å, Servin D & Svensson S-E (2026) Lantbrukares erfarenheter av odlingssystem som främjar markens jordhälsa, kolinlagring och produktionsförmåga. LTV Rapport 2026:4. Institutionen för biosystem och teknologi. SLU Alnarp.
- Harbo L S, Pihlap E, Barančíková G, Don A, Schneider F & Poeplau C (2026) [Soil Organic Carbon Changes in Agricultural Areas of Europe—Synthesis of Repeated Regional Soil Surveys - Harbo - 2026 - European Journal of Soil Science - Wiley Online Library](#)
- Horta C & Carneiro JP (2022) Use of Digestate as Organic Amendment and Source of Nitrogen to Vegetable Crops. *Applied Science*. 12, 248. 1-13. <https://doi.org/10.3390/app12010248>
- Junge SM, Storch J, Finckh MR & Jan H. Schmidt JH (2020) Developing Organic Minimum Tillage Farming Systems for Central and Northern European Conditions. In: Dang, Y., Dalal, R., Menzies, N. (eds) *No-till Farming Systems for Sustainable Agriculture*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46409-7_11
- Jönsson (2023) Demonstrationsodling – Fuktbevarande åtgärder i grönsaksodling [Länk](#)
- Jönsson J, Hansson D, Hansson O, Prade T, Svensson S-E (2024) Plantering och sådd av grönsaker i odlingssystem med reducerad jordbearbetning och rågmulch. Ökad konkurrenskraft vid extremväder. LRF. [Link](#)
- Larsson A & Svensson S-E (2026) Potentialer för kolinlagring inom jordbruket: delrapport från projektet ”Klimatneutrala Lund och Lomma 2030” (Viable cities). LTV-fakultetens faktablad, SLU Alnarp. [larsson-a-et-al-20260225.pdf](#)
- Levavasseur F, Kouakou PK, Constantin J, Cresson R, Ferchaud F, Girault R, Jean-Baptiste V, Lagrange H, Marsac S, Pellerin S & Houot S (2022) Energy cover crops for biogas production increase soil organic carbon stocks: A modeling approach. *GCB Bioenergy*, 2022;00:1–15. DOI: 10.1111/gcbb.13018
- LRF Trädgård (2023) Strimsådd av lök hindrar erosion. Ökad konkurrenskraft vid extremväder. ([Länk till film](#))
- Mirsky SB, Curran WS, Mortensen DM, Ryany MR, & Shumway DL (2011) Timing of Cover-Crop Management Effects on Weed Suppression in No-Till Planted Soybean using a Roller-Crimper. *Weed Science*, 59(3):380-389. DOI: <http://dx.doi.org/10.1614/WS-D-10-00101.1>

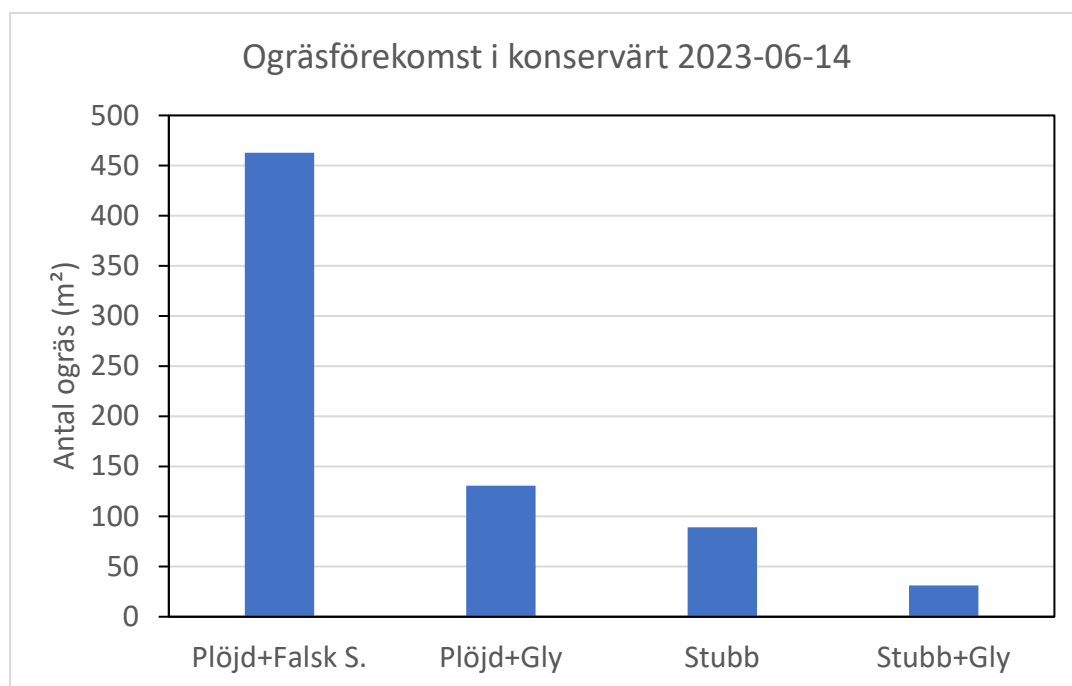
- Mochizuki MJ, Rangarajan A, Bellinder RR, Van Es & HM & Björkman T (2008) Rye Mulch Management Affects Short-term Indicators of Soil Quality in the Transition to Conservation Tillage for Cabbage. *Hortscience* 43(3): 862–867.
- Muneer F, Hovmalm HP, Svensson S-E, Newson WR, Johansson E, Prade T (2021) Economic viability of protein concentrate production from green biomass of intermediate crops: A pre-feasibility study. *Journal of Cleaner Production* (294): 126304. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126304>
- Nilsson J, Ernfors M, Prade T, Hansson P-A (2024) Cover crop cultivation strategies in a Scandinavian context for climate change mitigation and biogas production – insights from a life cycle perspective. *Sci. Total Environ.* Article 170629, [10.1016/j.scitotenv.2024.170629](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170629)
- Olofsson F & Ernfors M (2022) Frost killed cover crops induced high emissions of nitrous oxide. *Science of The Total Environment*. Vol 837. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155634>
- Prade T, Hansson D & Svensson S-E (2022) Etableringstidpunktens inverkan på sommar-mellangrödors markkolsbidrag och ogräsbekämpande egenskaper – fältförsök på Helgegården 2019. Sveriges lantbruksuniversitet, SLU Alnarp, Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap. Rapportserie 2022:1
- Trier Kjær S, Lang R, Kätterer T & Dörsch P (2026) Species specific effects of cover crops on nitrous oxide emissions in hemiboreal cereal production: The importance of freeze-thaw driven emissions. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 397. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.110061>
- Wells MW, Brinton CM & Reberg-Horton SC (2015) Weed suppression and soybean yield in a no-till cover-crop mulched system as influenced by six rye cultivars. *Renewable Agriculture and Food Systems*: pp 1-12. <https://doi.org/10.1017/S1742170515000344>

Bilaga 1 – Ogräsförekomst i demoförsöket den 14 juni 2023

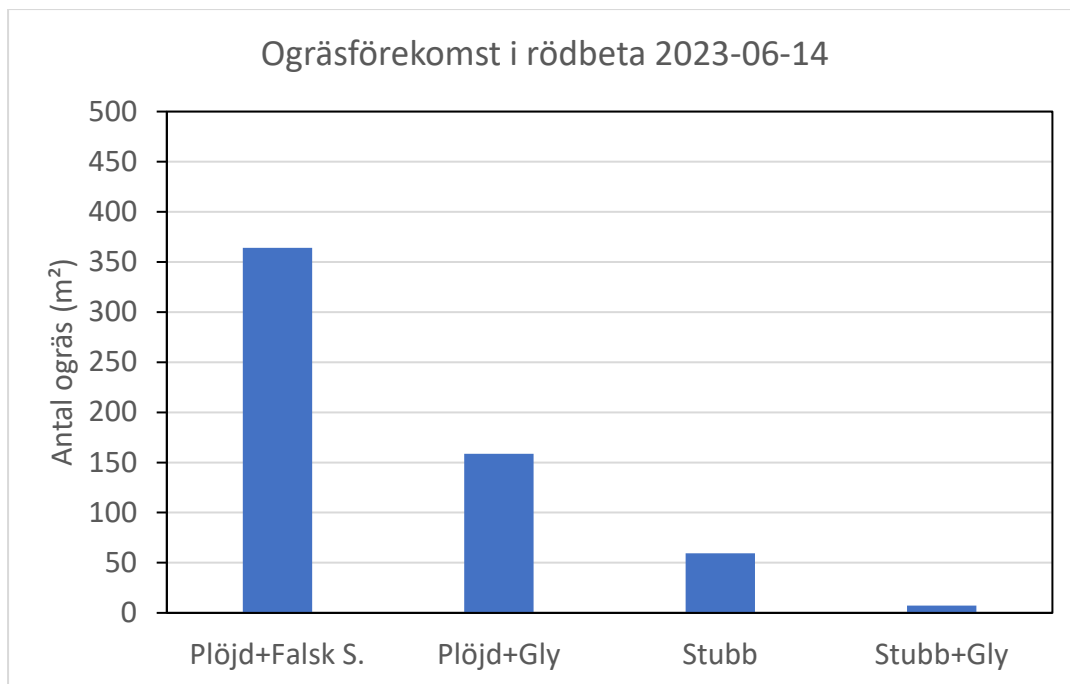
Vid avläsningstillfället den 14 juni hade alla försöksleden fått samma bevattning.



Figur 1. Ogräsförekomst i den planterade raden av vitkål (10 cm brett band) den 14 juni 2023 som etablerats i svart jord (nerplöjd råg) samt i rågmulch med två olika tjocklekar på mulch-lagret (ca 4 cm och 8 cm) (x2 = dubbelt lager av mulch).



Figur 2. Ogräsförekomst den 14 juni inför etablering av konservärt den 16 juni 2023. Ärt såddes i vårplöjd höstråg resp. i grunt tallrikskultiverad grönrågstubb.



Figur 3. Ogräsförekomst i såraden av rödbeta (10 cm brett band) den 14 juni 2023. Rödbetorna etablerades i nerplöjd råg samt via strip-till i rågstubb. Sådd av rödbetor 16 juni.