



Strimsådd av ekologiska specialgrödor i utvintrande mellangrödor

Strip-till establishment of organic crops in withered cover crops

David Hansson, Thomas Prade och Sven-Erik Svensson

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgård och växtproduktionsvetenskap
Landskapsarkitektur, trädgård, växtproduktionsvetenskap: rapportserie
Rapport 2023:x
Alnarp 2023



Strimsådd av ekologiska specialgrödor i utvintrande mellangrödor

Strip-till establishment of organic crops in withered cover crops

David Hansson, Thomas Prade och Sven-Erik Svensson, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för biosystem och teknologi

Utgivare:	Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet
Utgivningsår:	2023
Utgivningsort:	Alnarp
Omslagsbild:	Mellangrödor hösten 2020 inför strimsådd av majs våren 2021 i Hög, Löddeköpinge. Foto: David Hansson.
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Serietitel:	Landskapsarkitektur, trädgård, växtproduktionsvetenskap: rapportserie
Delnummer i serien:	2023:x
ISBN:	XXXX-XXXX (om sådan finns eller radera rad)
DOI:	https://doi.org/10.54612/XXXXXX
Nyckelord:	Biomassaavkastning, Jordprofil, Markkolsbidrag, Mineralkväve, Kväveläckage, Ogräs, Ogräsbekämpning, Alexandrinerklöver, Bovete, Havre, Honungsört, Oljerättika, Samodling

Innehåll

Förord.....	4
Sammanfattning	5
Summary	6
Utökad sammanfattning	8
Ogräs i strip-till-systemets mellan- och huvudgrödor.....	8
Kväve i jordprofilen efter mellangrödor	9
Mellangrödor kan bidra starkt till markkolsupbyggnad.....	10
Huvudgrödornas avkastning.....	11
Inledning	12
Projektets bakgrund.....	12
Litteraturgenomgång.....	13
Material och metod	16
Resultat och diskussion.....	20
Strip-till i rödbetor - Lönnstorp 2020-2021. Ogräsförekomst & grödornas tillväxt	20
Strip-till i majs - Hög 2020-2021. Ogräsförekomst, grödornas tillväxt & skörd	22
Strip-till i lök - Skepparslöv 2020-2021. Ogräsförekomst, grödornas tillväxt & skörd.....	28
Strip-till i majs - Lönnstorp 2021-2022. Ogräsförekomst, grödornas tillväxt & skörd	31
Strip-till i lök, rödbeta – Skepparslöv 2021-2022. Ogräsförekomst, grödornas tillväxt & skörd.....	36
Diskussion – ogräs och skörd.....	41
Kväve i jordprofilen efter mellangrödor hösten 2020 - Lönnstorp	42
Kväve i jordprofilen efter mellangrödor hösten 2020 - Skepparslöv	45
Kväve i jordprofilen efter mellangrödor hösten 2021 - Lönnstorp	47
Kväve i jordprofilen efter mellangrödor hösten 2021 - Skepparslöv	49
Avslutande diskussion om mellangröda och risken för N-läckage till vatten och luft.....	51
Biomassaavkastning från mellangrödorna hösten 2020.....	51
Markkolsbidrag från mellangrödorna hösten 2020	52
Biomassaavkastning från mellangrödorna hösten 2021	53
Markkolsbidrag från mellangrödorna hösten 2021	54
Kväveupptag i mellangrödorna	55
Ekonomisk analys	57
Diskussion om markkolsseffekt och markkolskostnader.....	58
Referenser	60

Förord

Denna rapport är slutredovisningen av projektet ”Strimsådd av ekologiska specialgrödor i utvintrande mellangrödor”, som finansierades av SLU Ekoforsk. I detta projekt som genomfördes under 2020-2022, undersöktes huvudgrödorna lök och rödbeta på Helgegården vid Skepparslöv, i samarbete med Hushållningssällskapet Skåne, samt majs på Lönnstorp och i Hög, i samarbete med SITES Lönnstorp Forskningsstation, SLU Alnarp.

Vi vill rikta ett stort tack till fältförsöksledare Fredrik Persson, och hans medarbetare, vid Hushållningssällskapet Skåne, Helgegården, som har haft det praktiska ansvaret för att utföra försöket som genomfördes vid Skepparslöv, söder om Kristianstad. Vidare vill vi tacka Erik Rasmusson på SITES Lönnstorp Forskningsstation, SLU Alnarp, som har haft det praktiska ansvaret för att utföra försöket på Lönnstorp och i Hög. Vi vill även tacka Hortonom Ingvar Jonsson som hjälpt oss med ogräsavläsningarna i försöken.

Sammanfattning

Odlingssystemet ”Strimsådd av ekologiska radodlade grödor i utvintrande mellangrödor”, som studerats i detta projekt, innebär att man efter plöjning på sensommaren för rotoqräsbeqrämpning sår olika ”frostkänsliga” mellangrödor i augusti-september. Biomassan från mellangrödorna vissnar ner eller fryser bort under vintern och får stå kvar på fältet till våren. På våren sås en ny huvudgröda i mellangrödans växtrester efter att ”såstrimmar” hackats fram i sommarmellangrödorna, d.v.s. huvudgrödorna etableras i ett ”strip-till-system”.

Mellangrödornas effekt på ogräsen på hösten beror till stor del på mellangrödornas marktäckningsgrad. Mellangrödor med större marktäckningsgrad ger generellt bättre ogräskonkurrens jämfört med mellangrödor som har lägre marktäckningsgrad.

I försöken under 2021 var reduktionen av ogräsvikten 91-94 % i mellangrödorna honungsört, oljerättika och havre, jämfört med försöksledet utan mellangröda. Bovetets reduktion av ogräsets marktäckningsgrad var 41 % på Skepparslöv, medan reduktionen av ogräsvikten var 57 % på Lönnstorp. En bra ogräseffekt i strip-till-systemet med mellangrödorna på hösten resulterade även i en bra ogräseffekt i huvudgrödorna följande växtsäsong.

Risken för kväveutlakning i form av NO₃-N från jordprofilen på djupet 30-90 cm på Lönnstorp, vid en lerhalt på 11-22 %, verkar vara relativt låg under vintern när mellangrödorna oljerättika, honungsört och havre får växa långt in på senhösten. Risken för kväveutlakning på senhösten verkar dock vara betydligt större för bovetet p.g.a. att det vissnar eller fryser ner tidigt på hösten.

Försöken på Lönnstorp visade att det ena året, då den obevuxna marken utan mellangröda vårplöjdes, så var risken för kväveläckage betydligt lägre jämfört med föregående år då den obevuxna marken utan mellangröda höstplöjdes i mitten av november.

Försöken på Skepparslöv, vid en lerhalt på 7 %, med mellangrödor i strip-till-systemet, tyder på att mängden N-min i jordprofilen efterföljande vår till stor del beror på mellangrödornas biomassaavkastning föregående höst.

I denna studie visade vi att mellangrödorna oljerättika, honungsört eller havre som etablerades i slutet av augusti, kunde ge en markkollseffekt på 90-200 kg/ha stabilt kol (C) under försöken 2020 och 2021. För de mellangrödor som levererade mer än 130 kg stabilt C per hektar var kolinlagringskostnaden 7,5-16,3 kr/kg stabilt kol, eller 2,1-4,4 kr/kg CO₂ som bundits i marken. Med ett stöd för odling av mellangröda på 1300 kr/ha blir kostnaden 2,1-6,7 kr/kg stabilt kol, eller 0,6-1,8 kr/kg CO₂ som bundits i marken av mellangrödorna. Kostnaderna för kolinlagring i marken via mellangrödor med stödet inräknat ligger därmed både lägre och högre jämfört med koldioxidskatten som för närvarande ligger på 1,15 kr/kg CO₂.

Försöken visade att det var möjligt att uppnå lika stora skördar hos huvudgrödorna i strip-till-systemet som i de plöjda systemen. Den mellangröda i strip-till-systemet som resulterade i högst skörd var honungsört i renbestånd eller i samodling med den kvävefixerande mellangrödorna alexandrinerklöver. Skörden blev dock i en del fall lägre i strip-till-systemet jämfört med de plöjda systemen. Den mellangröda i strip-till-systemet som gav lägst skörd hos huvudgrödorna var bovete i renbestånd. Det kan förklaras av att det relativt värmekrävande och frostkänsliga bovetet hade en sämre tillväxt och utveckling, jämfört med de andra mellangrödorna (alexandrinerklöver, havre, honungsört, oljerättika).

Försöken visade att för att få en hög löbskörd i strip-till-systemet så bör såstrimman hackas fram några veckor före sådden för att få en lucker såbädd till löken och för att locka frögräs till att gro, i en falsk såbädd. För att erhålla en bra ogräseffekt i strip-till-systemens huvudgrödor, så kan hackningen antingen utföras på hösten eller på våren.

Summary

The organic cropping system "Strip-till establishment of organic crops in withered cover crops", studied in this project, means that after ploughing in the late summer to control perennial weeds, various "frost-sensitive" summer cover crops are sown in August-September. The biomass from the cover crops freezes away during the winter and remains in the field until spring. In the spring, a new main crop is sown in the crop residues of the cover crop after a strip has been made by a row hoe. Thereafter the main crop is seeded in the strip.

The effect of cover crops on weeds in the autumn depends largely on the degree of ground coverage of the cover crops. Cover crops with greater ground coverage generally provide better weed competition compared to cover crops with low ground coverage.

In field trials during 2021, the reduction of weed weight was 91-94% in the cover crops of phacelia, oil radish and oats, compared to the treatment without cover crops. Buckwheat's reduction of weed ground coverage was 41% at Skepparslöv, while the reduction of weed weight was 57% at Lönnstorp. A good weed control effect in the strip-till system with the cover crops in the autumn also resulted in a good weed control effect in the main crops the following growing season.

The risk of nitrogen leaching in the form of $\text{NO}_3\text{-N}$ from the soil profile at a depth of 30-90 cm at Lönnstorp, with a soil with a clay content of 11-22%, seems to be relatively low during the winter when the cover crops oil radish, phacelia and oats grew until late autumn (November - December). However, the risk of nitrogen leaching in late autumn seems to be significantly greater for buckwheat, due to freezing and wilting in early autumn.

The field trials at Lönnstorp showed that in the one of the two years, when the soil was bare without any cover crop, and was ploughed in the spring, the risk of nitrogen leakage was significantly lower compared to the other year when the bare soil was ploughed in the fall in mid-November.

The field trials at Skepparslöv, sandy soil with a clay content of 7%, with cover crops in the strip-till system, indicates that the amount of mineralized nitrogen (N) in the soil profile the following spring largely depends on the biomass yield of the cover crops the previous fall.

In this study, we showed that the cover crops of oil radish, phacelia or oats established at the end of August, could provide a soil carbon effect of 90-200 kg per hectare of stable carbon (C) during the trials in 2020 and 2021. For the cover crops that delivered more than 130 kg stable carbon (C) per hectare, the carbon sequestration cost was SEK 7.5-16.3 per kg of stable carbon, or SEK 2.1-4.4 per kg of CO_2 sequestered in the soil.

With an economic support for cultivation of cover crops of SEK 1,300 per ha, the cost is SEK 2.1-6.7 per kg of stable carbon, or SEK 0.6-1.8 per kg of CO_2 that the cover crops sequesters in the soil. The costs for the carbon sequestered in the soil via cover crops, with

the support included, are thus both lower and higher compared to the carbon dioxide tax, which currently stands at SEK 1.15 per kg CO₂.

The trials showed that it was possible to achieve the same yields of the main crops in the strip-till system as in the two ploughed systems with or without phacelia as a cover crop. The cover crop in the strip-till system that resulted in the highest yield was phacelia in pure stand or intercropped with the nitrogen-fixating crop berseem clover. However, in some cases the yield of the main crops were lower in the strip-till system compared to the ploughed systems. The cover crop in the strip-till system that gave the lowest yield of the main crop was buckwheat in pure stand. This can be explained by the fact that the relatively heat-demanding and frost-sensitive buckwheat had poorer growth and development, compared to the other cover crops (berseem clover, oats, phacelia, oil radish).

The field trials showed that in order to get a high onion yield in the strip-till system, a “seed strip” has to be done by a row hoe a few weeks before sowing the onions. To get a good weeding effect in strip-till systems main crops, the "seed strip" must be made either in the fall or in the spring with a row hoe.

Utökad sammanfattning

Odlingssystemet ”Strimsådd av ekologiska specialgrödor i utvintrande mellangrödor”, som studerats i detta projekt, innebär att man efter plöjning på sensommaren för rotogräsbekämpning sår olika ”frostkänsliga” mellangrödor i augusti-september. Biomassan från mellangrödan vissnar ner eller fryser bort under vintern och får stå kvar på fältet till våren. På våren sås en ny huvudgröda i mellangrödans växtrester efter att ”såstrimor” hackats fram i mellangrödan, d.v.s. huvudgrödan etableras i ett ”strip-till-system”, ungefär som i ett Conservation Agriculture koncept. Efter sådd av huvudgrödan (t.ex. lök, majs, rödbeta, som alla har stora radavstånd, 25-75 cm), så kontrolleras fröogräsen genom en kombination av mekaniska (radhackning), termiska (flamning) och manuella ogräsbekämpningsmetoder under växtsäsongen.

Ogräs i strip-till-systemets mellan- och huvudgrödor

Ogräs i mellangrödorna

Mellangrödornas effekt på ogräsen på hösten beror till stor del på mellangrödornas marktäckningsgrad. Mellangrödor med större marktäckningsgrad ger generellt bättre ogräskonkurrens jämfört med mellangrödor som har lägre marktäckningsgrad. (Hansson *et al.*, 2017 och Hansson *et al.*, 2021).

I nya försök, inom detta projekt, med sommarmellangrödor under höstarna 2020 och 2021 visade det sig att honungsrör, havre och oljerättika hade mycket bra ogräskonkurrerande egenskaper, medan bovete hade dålig. I försöken 2020 gav honungsrör en ogräsbekämpningseffekt (reduktion på ogräsets marktäckningsgrad) med över 80 %, medan bovetes ogräsbekämpningseffekt endast var 35-60 %. I försöken under 2021 var reduktionen av ogräsvikten 91-94 % i mellangrödorna honungsrör, oljerättika och havre, jämfört med försöksledet utan mellangröda. Bovetets reduktion av ogräsets marktäckningsgrad var 41 % på Skepparslöv, medan reduktionen av ogräsvikten var 57 % på Lönnstorp.

Under 2020 och 2021 etablerades mellangrödorna i strip-till-försöken från 20 augusti till 1 september. De olika mellangrödornas ogräskonkurrerande egenskaper var goda för honungsrör, oljerättika och havre, men inte för bovete. Bovetets dåliga utveckling och tillväxt, jämfört med de andra mellangrödorna, beror troligen på för sen etablering. Detta påverkade negativt bovetes ogräskonkurrerande egenskaper. I andra försök med bovete, som etableras tidigare på säsongen (mitten av juli), gav bovete en bra ogräskonkurrens (Hansson *et al.*, 2017; Ahlqvist, 2019). Utöver bovetes sämre ogräskonkurrerande egenskaper vid etablering i slutet av augusti, så är bovetet mycket känsligt för låga temperaturer. Frost tidigt på hösten dödar bovetet, medan ogräset ofta lever vidare, och då utan konkurrens.

Ogräs i huvudgrödorna

En bra ogräseffekt i strip-till-systemet med mellangrödorna på hösten resulterade även i en bra ogräseffekt i huvudgrödorna följande växtsäsong. I strip-till-systemet med sådd lök, där upprepade hackningar utfördes redan på hösten i mellangrödorna, för att hacka fram såstrimor till huvudgrödorna, så var antalet fröogräs i lökraden strax före handrensningen 2021 ca 90 % lägre i strip-till-systemen jämfört med de två vårplöjda försöksleden. Det resulterade i att det endast fanns 4-8 ogräs per löpmeter att ta bort via handrensning i strip-till-systemen, jämfört med 44-54 ogräs per löpmeter i de vårplöjda och konventionellt

jordbearbetade leden. Vid samma tidpunkt var ogräsvikten i lökraden ca 80 % lägre i strip-till-systemen jämfört med de vårplöjda leden, där ingen såstrimma hackas fram.

Ungefär samma goda effekt av strip-till-systemet kunde ses 2021 i majs. Den bättre ogräseffekten i strip-till jämfört med det plöjda systemet, beror på den samlade effekten av de utvintrande mellangrödorna och den hackning som utfördes i såraden inför sådden av majs.

I alla försöksled med strip-till, så utfördes hackning för att få till en så-strimma, i de utvintrade mellangrödorna, inför sådden av huvudgrödorna. I något av försöken utfördes även hackning i de plöjda systemen. Det innebär att skillnaden i ogräseffekt mellan de två systemen minskade. Skillnaden minskade mest efter två hackningar, men även efter en hackning. Detta visar att de framhackade såstrimmorna resulterar i färre ogräs på liknande sätt som när falska såbäddar tillämpas före sådden av en gröda (Hansson *et al.*, 2015). Vid tidpunkten för handrensningen var det i strip-till-systemet med rödbetor ca 75 % lägre antal ogräs och 85 % lägre ogräsvikt, jämfört med de plöjda systemen där konventionell jordbearbetning utförts före sådden av rödbetorna.

Kväve i jordprofilen efter mellangrödor

Sedan tidigare vet vi att mellangrödor kan bidra till ett minskat kväveläckage. Enligt Aronsson *et al.* (2023) visar utlakningsmätningar vid odling av mellangrödor, i form av insådda gräs och oljerättika, att kväveläckaget minskar med i medeltal 43 %. Variationen i minskat kväveläckage kan dock vara stor, från ingen effekt alls till 90 % minskad kväveutlakning. Nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$) är lättrorligt i mark och kan utlakas lätt, medan ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$) binds hårdare till markens kolloider, vilket leder till att det inte lakas ut lika lätt. För en lätt jord är det enligt Aronsson *et al.* (2023) mycket viktigt att vänta så länge som möjligt med jordbearbetning, t.ex. som i detta strip-till-system, för att minska risken för att mellangrödans kväve skall förloras genom läckage. Även Hansson *et al.*, (2021) och Prade *et al.* (2022) pekar på risken för kväveutlakning under tidig vår på lätta jordar från mellangrödor med stor biomassaproduktion på senhösten.

Vårt försök på Lönnstorp, på en jord med 22 % lerhalt, med mellangrödor i strip-till-systemet och det sent höstplöjda systemet med mellangrödorna honungört visade, att det fanns en betydligt mindre mängd $\text{NO}_3\text{-N}$ i jordprofilen, 0-90 cm, i början av december, jämfört med obevuxen mark som också höstplöjts sent. I den sent höstplöjda marken utan mellangröda, som hade varit obevuxen sedan den inledande plöjningen inför etableringen av alla mellangrödorna, i slutet av augusti, så fanns det 116 kg $\text{NO}_3\text{-N/ha}$, medan där honungört höstplöjdes sent, i mitten av november, så fanns det bara 37 kg $\text{NO}_3\text{-N/ha}$.

De mellangrödor i strip-till-systemet på Lönnstorp som hade lägst $\text{NO}_3\text{-N/ha}$ i jordprofilen i början av december var oljerättika (21 kg/ha), honungört (29 kg/ha) och havre (31 kg/ha). Risken för kväveutlakning i form av NO_3 från jordprofilen på djupet 30-90 cm, på Lönnstorp, verkar vara relativt låg under vintern när mellangrödorna oljerättika, honungört och havre får växa långt in på senhösten. Risken för kväveutlakning på senhösten verkar dock vara betydligt större för bovetet p.g.a. att det vissnar eller fryser ner tidigt på hösten.

Försöken på Lönnstorp visade att det ena året, då den obevuxna marken utan mellangröda vårplöjdes, så var risken för kväveläckage betydligt lägre jämfört med föregående år då den obevuxna marken utan mellangröda höstplöjdes i mitten av november. I början på december 2020 fanns det 100 kg $\text{NO}_3\text{-N/ha}$ i jordprofilen 0-60 cm i ledet utan mellangröda (svart jord)

som höstplöjdes i mitten av november 2020. Försöket upprepades hösten 2021, men då höstplöjdes inte ledet utan mellangröda (svart jord). Det vårplöjdes istället, vilket resulterade i en minskad risk för kväveläckage. Vid provtagning av N-min i mitten av november 2021 innehöll jordprofilen 0-60 cm endast ca 20 kg NO₃-N/ha, jämfört med 100 NO₃-N/ha i december 2020.

I försöket på Lönnstorp som etablerades hösten 2020 behövdes det 20 kg torrsubstans per hektar (TS/ha) i form av honungsört i slutet av oktober för att ge 1 kg N-min/ha på våren i jordprofilen 0-90 cm. I försöket på Lönnstorp som etablerades hösten 2021 behövdes det 91 kg TS/ha i form av honungsört under november för att ge 1 kg N-min/ha efterföljande vår i jordprofilen 0-60 cm.

Försöken på Skepparslöv, med mellangrödor i strip-till-systemet, tyder på att mängden N-min i jordprofilen efterföljande vår till stor del beror på mellangrödornas biomassaavkastning föregående höst. Här visade försöken det ena året, 2020, att mängden N-min i markprofilen (0-90 cm) minskade från hösten till våren, vilket troligen kan förklaras av mellangrödornas mycket låga tillväxt under hösten. Året därpå 2021 var mellangrödornas tillväxt på hösten större (ca 900 kg TS/ha för honungört), vilket resulterade i att mängden N-min i jordprofilen ökade med ca 27 kg/ha från hösten till våren. I detta försök var mängden N-min i slutet av november högst i ledet med nerfruset bovete samodlad med alexandrinerklöver (56 kg N-min/ha). I försöket på Skepparslöv med mellangrödor i strip-till som såddes hösten 2021 behövdes det 82 kg TS/ha i form av honungsört för att ge 1 kg N-min/ha efterföljande vår, i jordprofilen 0-90 cm.

Mellangrödor kan bidra starkt till markkolsuppbbyggnad

Sedan tidigare vet vi att mellangrödor kan bidra till inlagring av kol i marken. I denna studie visade vi att med rätt val av mellangröda, t.ex. oljerättika, honungsört eller havre, kunde vi uppnå en markkolsseffekt på 90-200 kg stabilt kol (C) per ha, under försöken 2020 och 2021. Det är något mer än i andra studier med en liknade så- och provtagningstidpunkt, där 100-140 kg/ha stabilt C per ha uppnåddes (Hansson *et al.*, 2021; Prade *et al.*, 2022).

Det var främst oljerättika, honungsört och havre i renbestånd, eller samodlade med en baljväxt (alexandrinerklöver), som har levererat över 100 kg/ha stabilt kol i Lönnstorp. Havre har därmed visat sig var ett intressant alternativ till oljerättika, som behöver undvikas i växtföljder där raps eller andra kålväxter ingår. Dock har resultaten rörande kolinlagringen inte varit konsistenta för alla försöksplatser.

Bovetet hade mycket varierande avkastningsnivåer. Det är en mycket tidigt mognande mellangröda, vilket betyder att tiden som grödan bidrar till markkolsuppbbyggande är begränsad. Under liknande förutsättningar kunde bovete bidra med betydlig mer till markkolsseffekten när den etablerades tidigare, i slutet av juli. Framförallt om jordens lerinnehåll överstiger ca 10 %, vilket innebär att en större andel av kolet som tillförs marken stabiliseras (Poeplau *et al.*, 2015).

Även ekonomiskt sticker bovete ut som en mellangröda med relativt höga utsädeskostnader per ha, vilket driver upp kostnaderna för kolinlagring betydligt. För de mellangrödor som levererade mer än 130 kg/ha stabilt C var kolinlagringskostnaden 7,5-16,3 kr/kg stabilt kol, eller 2,1-4,4 kr/kg CO₂ som bundits i marken. Med det aktuella stödet för odling av

mellangröda på 1300 kr/ha inräknat ligger kostnaderna för dessa mellangrödor på 2,1-6,7 kr/kg stabil kol, eller 0,6-1,8 kr/kg CO₂ som bundits i marken.

Kostnaderna för kolinlagring i marken via mellangrödor med stödet inräknat ligger därmed delvis lägre jämfört med koldioxidskatten som för närvarande ligger på 1,15 kr/kg CO₂. Det är dock så att kolinlagringen även kan bidra till ökade skördar, minskat växtnäingsbehov och en fortsatt hög eller ökad markbördighet. Det senare är en grundförutsättning för hållbar livsmedelsproduktion och speciellt viktig när t.ex. spannmålsdominerade växtföljder tillämpas, vilka leder till en kontinuerlig reduktion av markens mullhalt (Björnsson *et al.*, 2016a; Björnsson *et al.*, 2016b).

Huvudgrödornas avkastning

I försöken visade det sig att det var möjligt att uppnå lika stora skördar hos huvudgrödorna i strip-till-systemet som i de plöjda systemen. Den mellangröda i strip-till-systemet som resulterade i högst skörd var honungört i renbestånd eller i samodling med den kvävefixerande mellangrödan alexandrinerklöver. Skörden blev dock i en del fall lägre i strip-till-systemet jämfört med de plöjda systemen. Den mellangröda i strip-till-systemet som generellt gav lägst skörd hos huvudgrödan var bovete i renbestånd. Det kan förklaras av att det relativt värmekrävande och frostkänsliga bovetet hade en sämre tillväxt och utveckling, jämfört med de andra mellangrödorna (alexandrinerklöver, havre, honungört, oljerättika). Vidare kan den lägre skörden i strip-till med bovete troligtvis förklaras av att jorden var mer kompakt, vilket påverkade huvudgrödans utveckling och skörd negativt.

År 2021 var löskörden lägre i strip-till jämfört med de plöjda systemen. År 2022 förbättrades löskörden i strip-till jämfört med de 2 plöjda systemen (med och utan honungört). Den största löskörden erhöles 2021 i de två plöjda leden; 39 ton/ha med honungört och 36 ton/ha utan mellangröda. Det strip-till odlingsystem som gav den största löskörden var honungört som gav 28 ton/ha och den lägsta löskörden, ca 20 ton/ha, blev det med mellangrödorna bovete och oljerättika.

År 2022 erhöles den största löskörden på 30 ton/ha, i strip-till-systemen med honungört i renbestånd och i samodling med bovete samt i de plöjda systemen. Strip-till-system med bovete som mellangröda gav även detta år den lägsta löskörden, ca 19 ton/ha.

Hackningen av såstrimman, i det första årets strip-till försök i lök, utfördes på hösten i de växande mellangrödorna, medan i det andra årets strip-till försök utfördes hackning på våren 12 dagar före sådden av löken. Hackningen som utfördes i strip-till-systemet strax före sådden gav bättre förutsättningar för lökens etablering och utveckling, jämfört med när den utfördes på hösten. En förklaring kan vara, att när hackningen utfördes på hösten så blev jorden ganska kompakt på våren när löken såddes, medan den var mer lucker när hackningen utfördes på våren. Vår slutsats blir därför att hackning som utförs i strip-till-systemen någon vecka före löksådden på våren alt. vårplöjning, ger en mer lucker jord, vilket resulterar i en förbättrad etablering och utveckling av löken.

För att få en hög löskörd i strip-till-systemet bör alltså såstrimman hackas fram några veckor före sådden. Vidare visade försöken, att för att få en bra ogräseffekt i strip-till-systemen, så kan hackningen antingen utföras på hösten eller på våren.

I strip-till försöket med rödbetor 2022 fanns det inga signifikanta skillnader i skördestorleken mellan odlingsystem med strip-till och de plöjda systemen. Den största rödbetsskörden i

försöket, 51 ton/ha fanns i strip-till-systemet med honungört samodlad med bovete, medan den lägsta skörden 41 ton/ha fanns i strip-till-systemet med havre i renbestånd.

Majsens ovanjordiska biomassa i Hög 2021 var ungefär lika stor i strip-till-systemet med honungört i samodling med alexandrinerklöver, ca 15 ton TS/ha, som i de två plöjda systemen. Biomassaskörden för majs var relativt stor drygt 13 ton TS/ha i strip-till-systemet med honungört i samodling med bovete. Lägst biomassaskörd av majs, knappt 10 ton TS/ha, var det i strip-till-systemet med bovete i renbestånd. I detta försök utfördes framhackningen av såstrimman och vårplöjningen ca 4 veckor före sådden av majs.

Året därpå 2022 upprepades försöket med majs på Lönnstorp. Här var majsens ovanjordiska biomassa ungefär lika stor i strip-till-systemet med honungört i samodling med alexandrinerklöver, ca 9 ton TS/ha, i som de två plöjda systemen där biomassan var 9-10 ton TS/ha. Lägst ovanjordisk biomassa, ca 6 ton TS/ha, fanns det i ledet med bovete i renbestånd och i samodling med alexandrinerklöver. I detta försök utfördes framhackningen av såstrimman resp. vårplöjningen 22 resp. 28 dagar före sådden av majs.

Inledning

Projektets bakgrund

Målet med projektet var att utveckla ett odlingssystem för strimsådd (strip-till) av sådda specialgrödor (med stora radavstånd 25-75 cm), i ekologisk produktion, där huvudgrödorna sås i nedvissnade sommarmellangrödor för att få; lågt ogrästryck, säker etablering i vindutsatta områden, god markvård så att markens innehåll av kol och näringsämnen inte påverkas negativt samt för att bibehålla en god ekonomi för odlaren.

Odlingssystemet som studerades innebär att man sår en "frostkänslig" mellangroda på sensommaren, efter skörd av en lämplig huvudgröda, som ingår i växtföljden. Mellangrödan sås, antingen "bredsått", eller bara i ett smalt band med samma radavstånd som nästa års huvudgröda. Biomassan från mellangrödan i försöket stod kvar på fältet över vintern. Nästa huvudgröda såddes efter att "såstrimmar" hackats fram i den bredsådda mellangrödan.

Ett annat alternativt är att etablera huvudgrödan i gången mellan de kvarstående raderna av "biomassa" från mellangrödan som är sådd med samma radavstånd som den nya huvudgrödan. Ogräset kontrolleras i huvudgrödan genom en kombination av mekaniska, termiska och manuella metoder under odlingssäsongen.

Odlingssystemet med strimsådd eller strip-till, som tillämpas i projektet, har sitt ursprung i "Conservation Agriculture" (FAO, 2019) där man i flera olika slags vårsådda huvudgrödor tillämpar minimerad jordbearbetning och sådd i växtrester från förra årets mellangrödor.

I detta projekt utvärderades ogräsbekämpningseffekten, markkoluppsygnaden, kvävedynamiken i odlingssystemet samt skördenivåerna, vid odling av lök, rödbetor och majs, vilka etableras genom strip-till i de utvintrande mellangrödorna: oljerättika, honungört, bovete, alexandrinerklöver och havre, antingen odlade i renbestånd eller i samodling med varandra.

I framtiden förväntar vi oss att odlingssystemet med strip-till kommer att minska klimatpåverkan via minskade koldioxidutsläpp från jordbearbetningen, ökad markkolsinlagring från mellangrödornas rötter samt genom möjligheten att skörda mellangrödorna under senhösten som foder alternativt som ett substrat för produktion av biogas och ekologisk biogödsel. Projektet finansierades av SLU Ekoforsk och pågick under åren 2020 - 2022.

Litteraturgenomgång

Odlingssystem med strimsådd eller strip-till, där endast en liten del av den totala markytan bearbetas inför etableringen av en huvudgröda, med stora radavstånd, 25-75 cm, kan sägas vara en modifiering av metoden för direktsådd. Direktsådd kan beskrivas som en såmetod där utsädet placeras i obearbetad jord, d.v.s. utan någon jordbearbetning som skapar en traditionell såbädd. En mycket grund jordbearbetning, på max 1 cm, för att jämna ut skörderester eller för att få till en falsk såbädd mot fröogräs, kan dock tillåtas före direktsådden, och ändå kalla metoden för direktsådd. Jämfört med jordbearbetning av hela markytan, för att skapa en traditionell såbädd, så ger systemet med strip-till flera fördelar, t.ex. förbättrade markegenskaper och ökad biologisk mångfald. Strip-till kan minska kostnaderna för etablering av grödor och har en potential för att minska bränsleförbrukningen och öka arbetseffektiviteten (Morris *et al.*, 2010).

Strip-till har testats i sockerbetsodling i Danmark av NBR (Nordic Beet Research) (Nielsen 2022) och används i praktiken i Sverige i flera grödor, bland annat i lök, sockerbetor och majs, t.ex. i Kristianstadsområdet (Niléhn, 2016). Enligt Nielsen (2022) så fungerar metoden bra på lätta jordar, men odlingssäkerheten är inte lika bra på lerjordar. Idag används konceptet i delar av Tyskland under beteckningen "Schlitz-sat". Projektet vid NBR, inom strip-till-området, har under senare år varit inriktade på att optimera etableringsmetoden för lerjordar. Man har lyckats öka odlingssäkerheten avsevärt genom att flytta huvuddelen av jordbearbetningsinsatserna till sensommaren, d.v.s. hösten före själva sockerbetsodlingen. Eftersom strip-till-systemet kräver speciella maskiner och i princip lika många överfarer som vid traditionell sådd, så krävs flera positiva effekter från systemet för att det skall kunna rekommenderas (Nielsen, 2022).

Ett annat utmanande problem i odlingssystem med stora radavstånd är vinderosion på sandiga jordar under vår och försommar. Vinderosionen leder till att många grödor blir allvarligt skadade eller förstörda (Chaput, 1998). Enligt Olsen & Dubgaard (2008) finns problemen med vinderosion främst där man tillämpar traditionell såbäddsberedning, p.g.a. att den leder till att jorden torkar ut. Här kan starka vindar orsaka erosion innan grödan skyddar jordytan. I sådana fall kan resterna från sommarmellangrödor ge ett skydd mot vinderosion (Chaput, 1998). En lösning på problem med vinderosion kan vara etablering av grödor i ett strip-till-system med nedvissnade sommarmellangrödor (Yorgey & McGuire, 2018).

Mellangrödor, såsom senap, baljväxter och spannmål, har visat sig ge flera viktiga ekosystemtjänster i odlingen t.ex. kolbindning i marken och förbättrad jordkvalitet, ökad mängd markkväve, ogräsbekämpning och minskad nematodförekomst (Peoples *et al.*, 1995; Wang *et al.*, 2008; Blanco-Canqui *et al.*, 2015; Poepflau & Don, 2015; Garland *et al.*, 2021; Aronsson *et al.*, 2023).

Enligt Dabney *et al.* (2001) förbättrar mellangrödor markens egenskaper genom att förändra dess biologiska, kemiska och fysikaliska egenskaper. Detta visar sig i form av ökad mullhalt,

förbättrad katjonbyteskapacitet, bättre aggregatstabilitet och ökad vatteninfiltration. Dabney *et al.* (2010) beskriver hur mellangrödor bevarar kväve och hur olika arter av mellangrödor förbättrar kvävehushållningen i odlingsystem. Hallama *et al.*, (2019) visade att sommar-mellangrödor har potential att öka upptaget av fosfor via mykorrhiza, vilket leder till ökad avkastning i efterföljande grödor. Hoepting (2019) fick positiva effekter vad gäller tillförseln av kväve och kalium när lök odlades i ett strip-till-system, med vitsenap som mellangröda inför etableringen av löken.

I en studie där förändringar av matjordens kolhalt undersöktes, visade Kätterer *et al.* (2011) att markolsbidraget från rötter för att ge stabilt markkol, var ca 2,3 gånger bättre jämfört med skörderester från ovanjordisk biomassa. Enligt Blanco-Canqui *et al.* (2015) och Hansson *et al.* (2021) kan det årliga markolsbidraget från mellangrödorna vara 100-1000 kg/ha, beroende på storleken på mellangrödans biomassa.

Mellangrödor och reducerad jordbearbetning kan resultera i bibehållen skörd och ökad motståndskraft mot klimatförändringar, genom att öka markens mullhalt (Schmidt *et al.*, 2018). Enligt Blanco-Canqui *et al.* (2020) kan skörd av mellangrödor till foder eller biogasproduktion bli viktiga ekosystemtjänster i framtiden. Om stubbhöjden på mellangrödan efter skörden är 7,5-10 cm, påverkas inte markegenskaperna, ogräsbekämpningseffekten och skörden i nästa huvudgröda negativt.

Thorup-Kristensen (1994) studerade tio mellangrödor, både en- och två-hjärtbladiga (baljväxter och icke-baljväxter), som antingen var övervintrande eller utvintrande. Studien visade att mellangrödornas förmåga att minska jordens mineralkväve var beroende av både rotdjup och grödornas förmåga att överleva låga temperaturer. Frostkänsliga mellangrödor var mer benägna att laka ut mineraliserat växtkväve jämfört med övervintrande mellangrödor. Mellangrödornas effekt på kväveupptaget i den nya huvudgrödan (vårkorn) varierade från 13 till 66 kg/ha. Enligt Shelton *et al.* (2018) kan användningen av mellangrödor minska kväveläckage och utsläpp av växthusgaser, i både ekologiska och konventionella odlingsystem, och därigenom förbättra kvävehushållningen.

I en studie genomförd av Plaza *et al.* (2012) undersöktes effekterna av mellangrödor med avseende på mineralkvävehalten i både konventionella och ekologiska odlingsystem. Mellangrödorna som var insådda inarbetades med plog på hösten resp. lämnades kvar på marken. Halten av mineralkväve i markprofilen bestämdes både höst och vår. Resultaten visar att mellangrödorna leder till en minskning av mineralkvävehalten i marken på hösten och ökar den på våren. Mellangrödor som låg kvar på marken över vintern minskade markens mineralkvävehalt på våren avsevärt, jämfört med när mellangrödorna plöjdes ner på hösten.

Mellangrödor kan, som tidigare nämnts, användas för att bekämpa ettåriga ogräs inför sådd av en huvudgröda. Hansson *et al.* (2017a, 2018 och 2021) har undersökt olika mellangrödors ogräsbekämpande effekt, markolsbidrag, kvävedynamik och potential för biogasproduktion, med medel från bl.a. SLU Ekoforsk, SLU Partnerskap Alnarp och Jordbruksverket. Resultaten från försöken visar att ettåriga ogräs effektivt kan bekämpas av mellangrödorna; bovete, honungsört, hampa och oljerättika. I försöken såddes sommarmellangrödorna från juli till i början av augusti. Ogräsbekämpningseffekten på ettåriga ogräs förbättrades, om sommarmellangrödor odlades utan gödsling och i samodling med luddvicker. Ahlqvist (2019) genomförde en fältstudie i nordvästra Skåne under 2018, där undersöktes flera mellangrödors förmåga att bekämpa ettåriga ogräs i en växtföljd med färskpotatis. Resultatet från studien

visade att mellangrödorna kunde effektivt bekämpa ogräset, vilket gav 64-93 % mindre ogräsbiomassa jämfört med kontrollet utan mellangrödor.

Sturm (2018) utförde fältförsök under tre år på tre platser för att undersöka mellangrödors ogräsbekämpande effekt i renbestånd och samodling. Man fann att under hösten gav vitsenap, foderrättika och vicker i renbestånd en 60 % ogräsbekämpningseffekt, medan samodlade mellangrödor gav 66 % effekt. Yorgey & McGuire (2018) fick effektiv ogräsbekämpning och minskad vinderosion, när de sådde lök i ett strip-till-system med nedvissnade mellangrödor.

I ett ekologiskt strip-till-system, med stora radavstånd (sockerbetor, kålrot, rödbetor och lök), kan ogräsbekämpning utföras med precisionsradhackning, flamning och ogräsharvning. Upprepad radhackning kan kombineras med fingerhjul eller skrappinnar. Flamning i sockerbetor kan utföras fram till dess uppkomst och i lök upp till bygelstadiet (BBCH 011) (Hansson *et al.*, 2017b). Ogräsbekämpning kan även utföras med kamerastyrda radhackor i sockerbetor och majs, och enligt Bleeker *et al.* (2007) även i klustersådd lök.

Lagerquist & Bergkvist (2021) har undersökt hur direktsådd av vår- och höstsäd i mellangrödor samt radhackning kan bekämpa ogräs och hur detta påverkar kväveutnyttjandet. De mest produktiva mellangrödorna kunde öka avkastningen och höja proteinhalten hos höstvetete, samt minska ogräsets biomassa. Även NBR har visat att strip-till resulterar i färre ogräs jämfört med traditionell etablering av sockerbetor (Nielsen, 2022).

Material och metod

Mellangrödorna, oljerättika, honungsört, bovete, alexandrinerklöver och havre, etablerades i slutet av augusti 2020 och 2021 i tre separata försök (Tabell 1). Försöken med de tre huvudgrödorna utförs som randomiserade blockförsök med 4 upprepningar, med en huvudgröda per försöksplats. Under våren 2021 såddes huvudgrödorna: rödbeta på SITES Lönnstorp (Alnarp), majs i Hög (Kävlinge, odlare Johan Persson) och lök på Skepparslöv (HS Skåne, Kristianstad).

I försöken med strip-till som etablerades 2020 var jordarten på:

- Lönnstorp mmh mo LL (3,2 % mullhalt och 22 % lera),
- Hög mmh l Sa (3,8 mullhalt och 13 % lera),
- Skepparslöv mf l Sa (1,7 % mullhalt och 6,8 % lera).

Mellangrödorna såddes 2020 på:

- Lönnstorp 23 augusti,
- Hög 24 augusti,
- Skepparslöv 1 september.

Huvudgrödorna såddes 2021 på:

- Lönnstorp - rödbeta (4 juni),
- Hög - majs (17 maj),
- Skepparslöv - lök (12 maj).¹

I försöken med strip-till som etablerades 2021 var jordarten på:

- Lönnstorp mmh l mo (3,2 % mullhalt och 11 % lera),
- Skepparslöv nm l Sa (2,0 % mullhalt och 7,4 % lera).

Mellangrödorna såddes 2021 på:

- Lönnstorp 23 augusti,
- Skepparslöv 20 augusti.

Huvudgrödorna såddes 2022 på:

- Lönnstorp - majs (18 maj),
- Skepparslöv - lök (19 april), - rödbeta (6 juni).

Tabell 1. Olika kombinationer av huvud- och mellangrödor som undersöks. Huvudgrödorna lök, beta och majs utvärderas varje år i tre separata försök. Huvudgrödorna etableras via strip-till på våren i nedvisnade mellangrödor (oljerättika, honungsört, bovete, alexandrinerklöver och havre) och jämförs med två plöjda led, ett med mellangrödoran honungört och ett utan mellangröda

Huvudgrödor	-----Mellangrödor-----									
	A	B	B+C	B+D	C	C+D	D+E	E	B*	F*
1) Lök	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2) Betor	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3) Majs	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Mellangrödor: a) oljerättika, b) honungsört, c) bovete, d) alexandrinerklöver, e) havre och f) ingen mellangröda.

* Plöjning i stället för strip-till.

¹ Sådden utfördes med en Kongskilde såmaskin. Varje rad såddes genom att köra 2 gånger. En gång fram och en gång tillbaka, där sådragen var förskjutna med ca 7 cm.

Tabell 2. Försöksled med olika mellangrödor och dess utsädesmängder

Försöksled	Mellangrödor	Utsädesmängd (kg/ha)
1	Oljerättika A	15
2	Honungsört B	12
3	Honungsört + Bovete B+C	6+30
4	Honungsört + Alexandrinerklöver B+D	6+12
5	Bovete C	60
6	Bovete + Alexandrinerklöver C+D	30+12
7	Alexandrinerklöver + Havre D+E	12+100
8	Havre E	200
9	Honungsört B*	12
10	Ingen mellangröda F*	0

* Här jämförs strip-till med två plöjda led, ett med mellangröda (honungsört) och ett utan mellangröda. Dessa led plöjs höst eller vår beroende på jordarten på aktuell försöksplats.



Bild 1. Mellangrödor hösten 2020 inför sådd av lök i strip-till-systemet våren 2021 på Skepparslöv. I försöket finns möjlighet till bevattning med en Pivot-anläggning. Foto: David Hansson 2020-10-26.



Bild 2. Havre (22 dagar efter sådden) som mellangröda hösten 2020 inför sådd av lök i strip-till-systemet våren 2021 på Skepparslöv. Foto: David Hansson 2020-09-23.

Bestämning av mellangrödornas effekt på fröogräs

På de tre försöksplatserna (Lönntorp, Hög och Skepparslöv) utfördes okulära avläsningar för att bestämma ogräsets och mellangrödornas marktäckningsgrad samt mellangrödornas höjd. På Lönntorp avlästes dessutom antalet ogräs för de olika ogräsarterna och dess torrsvikt bestämdes efter torkning i 65°C under tre dagar, då vikten på provet var stabil.

Provtagning av mellangrödornas biomassaavkastning

Den 19 resp. 22 oktober 2020 togs prover i fältförsöken på Lönntorp respektive Hög för att uppskatta mellangrödornas biomassaavkastning (ovan och under jord) och utifrån denna även uppskatta mellangrödornas bidrag till markkolsuppsybyggnad. I varje ruta handskördades den ovanjordiska biomassan på en yta av 0,25 m² (4 rader á 50 cm i längd, 12,5 cm radavstånd) och där en stubb på 10 cm lämnades.

Den 9 och 25 november 2021 togs prover i fältförsöken på Lönntorp resp. Skepparslöv för att uppskatta mellangrödornas biomassaavkastning och utifrån denna även uppskatta mellangrödornas bidrag till markkolsuppsybyggnad. I försöket på Lönntorp handskördades den ovanjordiska biomassan i varje parcell på en yta av 0,25 m² (4 rader á 50 cm i längd, 12,5 cm radavstånd) och där en stubb på 10 cm lämnades. På Skepparslöv användes en ram som var 1,05 m² (0,7 m × 1,5 m), även här var stubblängden 10 cm.

Provhantering av biomassa-prover

Biomassan torkades vid 65°C i ca 48 timmar (tills vikten på provet blev stabil). Biomassaavkastningen bestämdes som mängden torrsubstans (TS) per skördeyta i ton TS per hektar. För att undersöka relationen mellan ovanjordisk och underjordisk biomassa, såväl som för relationen mellan stubb och skörd, vid en stubbhöjd på 10 cm, så skördades för varje mellangröda, i varje ruta 5-10 plantor. Plantorna delades upp i rot (allt underjordiskt), stubb (0-10 cm över markytan) och skördbar biomassa (>10 cm över markytan). Biomassan torkades vid 65°C i ca 48 timmar (tills vikten blev stabil).

Representativa delprover om 10-20 g från både skördefraktionen och rotfraktionen maldes med en IKA knivkvarn. Beroende på det förväntade kväveinnehållet vägdes 3-8 mg ±0.50 mg växtmaterial och fördes över till en tennkapsel (5×8 mm). Den exakta vikten på tennkapseln med växtmaterialet noterades och kapseln förslöts försiktigt med hjälp av en pincett.

Analys på biomassan

Analysen av kväve- och kolinnehållet i biomassa-proverna genomfördes på följande sätt inom projektet. Den totala halten av kol och kväve analyserades i rotbiomassa och skördbar biomassa med hjälp av en elementaranalysator (Flash 2000, Thermo Scientific) med externa standarder acetanilid (N-fenylacetamid) och kända referensprov för kvantifiering.

Beräkningar

Baserat på kolhalten i kol/kväve-analyserna så har dessa använts för att korrigera för föroreningar t.ex. jordpartiklar i växtmaterialet. Vikten av växtmaterialet justerades mot en referenskolhalt på 42,5 % (Ma *et al.*, 2018). Kvävehalten korrigerades med samma förhållande. Viktförhållanden för skörd och stubb beräknades liksom viktforhållanden för skörd och rotbiomassa.

Uppskattning av mellangrödornas markkolsbidrag

Markkolsbidraget från mellangrödornas olika delar (rötter, stubb och skörd) uppskattades utifrån biomassaavkastningen, viktförhållanden mellan växtdelarna (rot, stubb, skördbar biomassa) och en humifieringskoefficient på 0,12 för ovanjordisk biomassa och 0,35 för rotbiomassa (Kätterer *et al.*, 2011). Humifieringskoefficienten för rotbiomassa anses inkludera bidraget av rotexudater till markkolsuppbbygget. Enligt Poeplau *et al.*, (2015) kommer större andel av kolet som tillförs marken att stabiliseras om jordens lerinnehåll överstiger ca 10 %.

Provtagning av mineraliserat kväve, N-min, i jordprofilen 0-90 cm

I början av december 2020 togs jordprov på två av försöksplatserna, SITES Lönnstorp respektive Skepparslöv, på tre djup i jordprofilen, 0-30, 30-60 och 60-90 cm, för att undersöka hur de olika mellangrödorna påverkar markens innehåll av mineraliserat kväve, N-min, på senhösten. Totalt analyserades 72 jordprov på dess innehåll av NO₃-N och NH₄-N, för att bestämma hur mycket mineraliserat kväve som det fanns i jordprofilen. Dessa N-min-provtagningar upprepades tidig vår 2021 för att undersöka hur stor mängd mineraliserat kväve som fanns kvar i jordprofilen 0-90 cm, till efterföljande huvudgröda, samt försöka uppskatta risken för kväveförluster under vintern i strip-till-systemet respektive det plöjda systemet. Dessa provtagningar har upprepats på Lönnstorp och Skepparslöv i december 2021 för att undersöka hur de olika mellangrödorna påverkar markens innehåll av N-min på senhösten och hur mycket av detta kväve som är tillgängligt för den nya huvudgrödan, efter en förnyad provtagning våren 2022.

Ekonomisk analys rörande markkolsinlagring

Kostnader för etablering av mellangrödorna uppskattas enligt följande; plöjning (800 kr/ha), såbäddsharvning (200 kr/ha) och sådd med skivbillssåmaskin (350 kr/ha), enligt HIR Skåne (2021), plus utsädeskostnaden enligt Tabell 3. Effekten av ett markkolsbidrag på 1300 kr/ha på etableringskostnaden har undersökts.

Tabell 3 Utsädesmängder och utsädeskostnader enligt Andersson (Pers.medd., 2022) för de undersökta mellangrödorna. För blandningarna användes hälften av utsädet för varje mellangröda jämfört med när det odlas i renbestånd

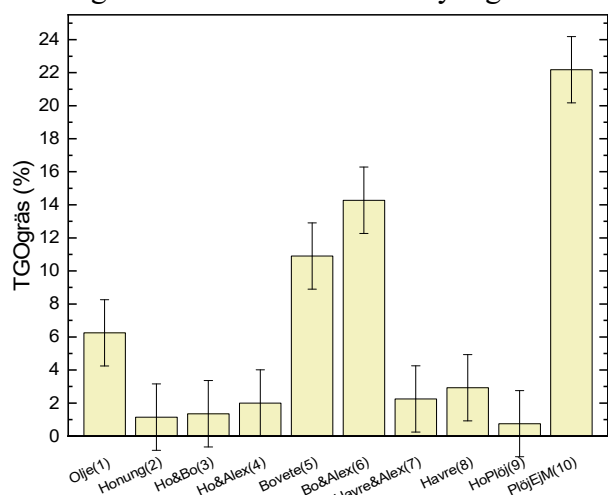
Mellangröda	Utsädesmängd	Utsädeskostnad	
	[kg/ha]	[kr/kg]	[kr/kg]
Oljerättika	15	30	450
Honungssört	12	69	828
Bovete	60	15	900
Havre	180	4	720
Alexandrinerklöver	12	45	540

Resultat och diskussion

Nedan redovisar vi resultaten från projektet, och då främst, ogräsbekämpningseffekten, markkoluppbyggnaden, kvävedynamiken samt skördenivåerna (för huvudgrödorna lök, rödbetor och majs) när de etableras genom strip-till i de utvintrande mellangrödorna: oljerättika, honungört, bovete, alexandrinerklöver och havre.

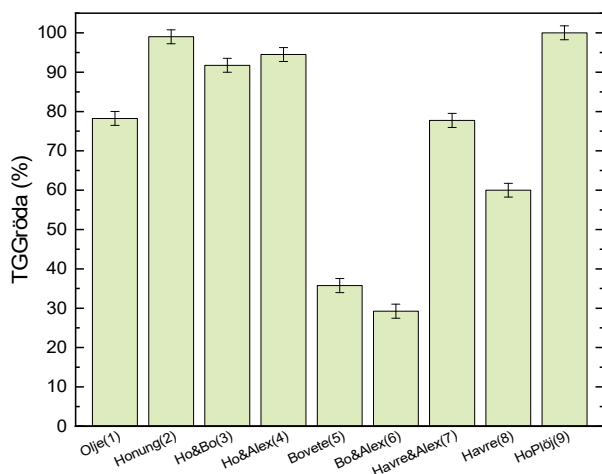
Strip-till i rödbetor - Lönnstorp 2020-2021. Ogräsförekomst & grödornas tillväxt

Alla mellangrödor i försöket på Lönnstorp gav en lägre ogräsförekomst jämfört med ledet utan mellangröda, där ogräsets marktäckningsgrad var ca 22 % (Figur 1). De mellangrödor, i renbestånd, som hade bäst förmåga att undertrycka ogräset var honungört och havre. När mellangrödorna samodlades gav, honungört + bovete, honungört + alexandrinerklöver samt havre + alexandrinerklöver, likvärdig effekt på att undertrycka ogräset. Ogräsets marktäckningsgrad var endast 1-3 % i dessa mellangrödor. I oljerättikan var ogräsets marktäckningsgrad, något högre, ca 6 %. Bovete i renbestånd resp. bovete i samodling med alexandrinerklöver hade sämre förmåga att kontrollera ogräset (11 % resp. 14 % i marktäckningsgrad). Detta berodde på sämre tillväxt hos bovetet och att bovetet fick frostsador relativt tidigt på hösten. De andra mellangrödorna klarade frosten betydligt bättre och kunde därför konkurrera med ogräset.



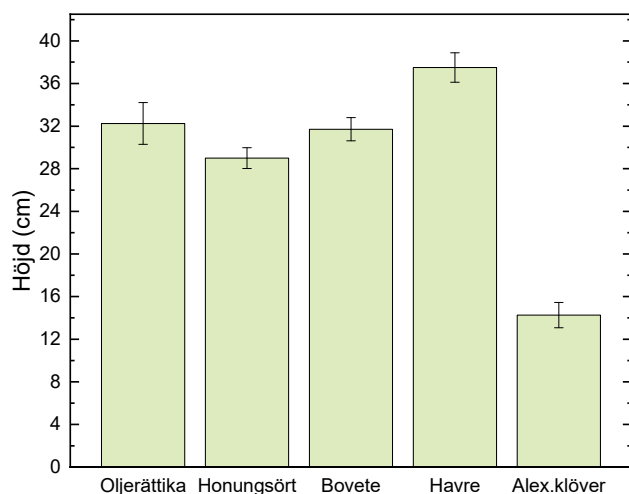
Figur 1. Ogräsets marktäckningsgrad (TGOgräs) i % den 13 okt. 2020 för mellangrödor sådda den 23 aug. på Lönnstorp. Bo = bovete, Ho = honungört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM = ingen mellangröda. (Led 2 och 9 med honungört var vid avläsningen behandlade på samma sätt, eftersom led 9 och 10 plöjdes senare).

Generellt gav de mellangrödor som hade störst marktäckningsgrad (Figur 2) även den lägsta mängden ogräs. Havre var den mellangröda efter bovete som hade lägst marktäckningsgrad. Trots detta undertrycktes ogräset bra av havren (Figur 1).



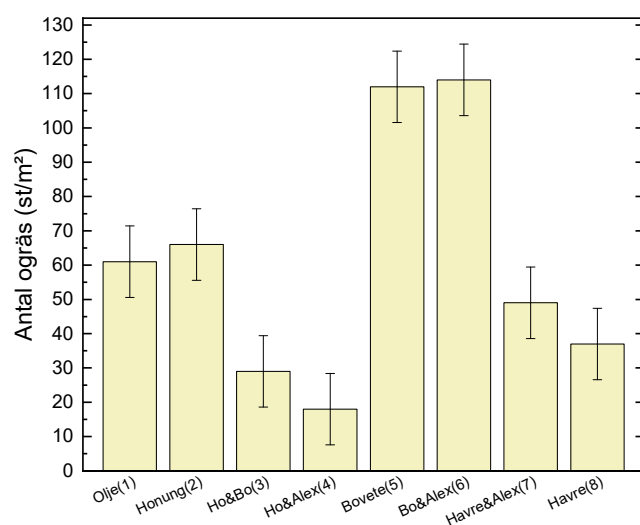
Figur 2. Grödans marktäckningsgrad (TGGröda) i % den 13 okt. 2020 för mellangrödor sådda den 23 aug. på Lönnstorp. Bo = bovete, Ho = honungört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning.

När mellangrödornas höjd avlästes den 13 oktober var alexandrinerklöver i medeltal 14 cm hög (samodling med andra mellangrödor). De andra mellangrödornas höjd varierade från 29 cm (honungört) till 37 cm (havre) (Figur 3).



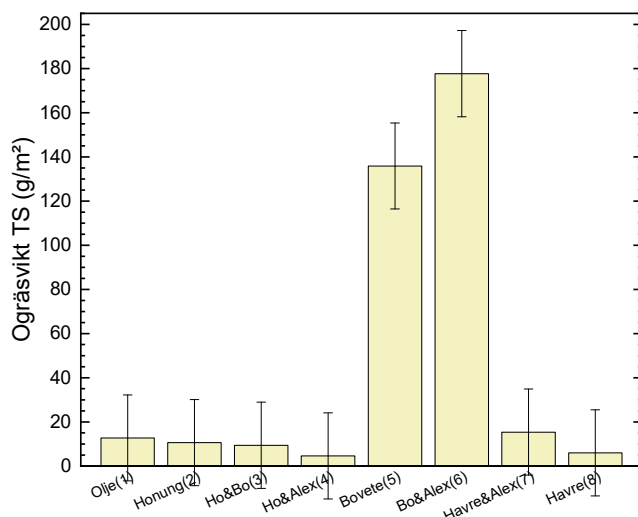
Figur 3. Mellangrödornas höjd (cm) den 13 okt. 2020 för mellangrödor sådda 23 aug. på Lönnstorp. Alex.klöver = alexandrinerklöver. Höjden på alexandrinerklöver är ett medeltal från samodling i tre försöksled med honungört, bovete och havre.

Vid avläsningen i mitten av november fanns det inga ogräs i led 9 och 10. Det berodde på att dessa led hade plöjts fem dagar tidigare. Det största antalet ogräs, drygt 110 st/m², fanns i leden med bovete och bovete samodlat med alexandrinerklöver (Figur 4). Det lägsta antalet ogräs fanns i honungstört samodlat med alexandrinerklöver.



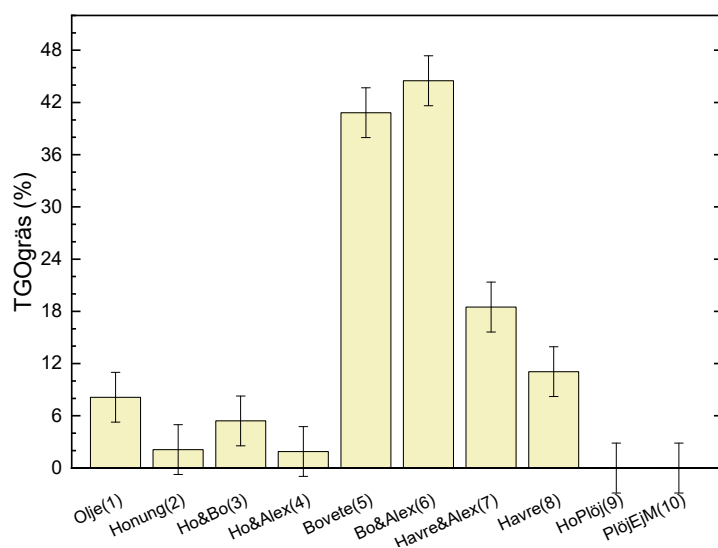
Figur 4. Antal ogräs (st/m²) den 18 november 2020 i mellangrödorna sådda 23 augusti på Lönnstorp. Bo = bovete, Ho = honungstört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Det fanns inga ogräs i led 9 och 10 p.g.a. att de plöjdes den 12 november.

Ogräsvikten i mitten av november var betydligt större i bovete och bovete samodlat med alexandrinerklöver, 136 respektive 177 g TS/m², jämfört med de andra mellangrödorna i studien där ogräsvikten var 5-15 g TS/m² (Figur 5). Den stora mängden ogräs här berodde på en sämre tillväxt hos bovetet och att bovetet fick frostsador relativt tidigt på hösten. De andra mellangrödorna klarade frosten betydligt bättre och kunde därför konkurrera med ogräset. För att få en bra ogräskontroll i strip-till-systemet är det viktigt att mellangrödorna inte är allt för frostkänsliga. Om mellangrödorna överlever vintern kan det i ekologisk odling bli svårt att avdöda mellangrödorna på våren. Om de får växa kvar kommer de att konkurrera ut den vårsådda huvudgrödan.



Figur 5. Ogräsets torrsvikt TS (g/m²) den 18 november 2020 i mellangrödorna sådda 23 augusti på Lönnstorp. Bo = bovete, Ho = honungört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Det fanns inga ogräs i led 9 och 10 p.g.a. att de plöjdes den 12 november.

Efter vintern utfördes i april ytterligare avläsning i raden av mellangrödor (Figur 6). Alla mellangrödor som hade såtts på hösten var nu helt nedvissnade. Det var fortfarande betydligt mindre med ogräs där det hade växt honungört och oljerättika i renbestånd eller honungört i samodling med alexandrinerklöver och bovete. I led 9 och 10 var det inget ogräs, vilket berodde främst på att det plöjdes i mitten av november.



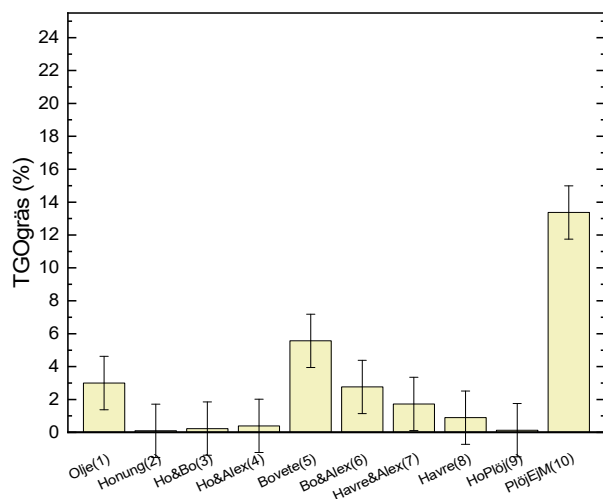
Figur 6. Ogräsets marktäckningsgrad (%) TGOgräs i raden för den nervisande mellangrödan, d.v.s. mellan de framhackade strimmorna, den 15 april 2021 för mellangrödor sådda den 23 aug. 2020 på Lönnstorp. Bo = bovete, Ho = honungört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM = ingen mellangröda. Led 9 och 10 plöjdes den 12 november.

Försöket med strip-till av rödbetor skördades inte, p.g.a. dålig etablering. Jorden var mycket torrt vid och efter sådden av rödbetorna, vilket resulterade i en mycket ojämn uppkomst av rödbetorna.

Strip-till i majs - Hög 2020-2021. Ogräsförekomst, grödornas tillväxt & skörd

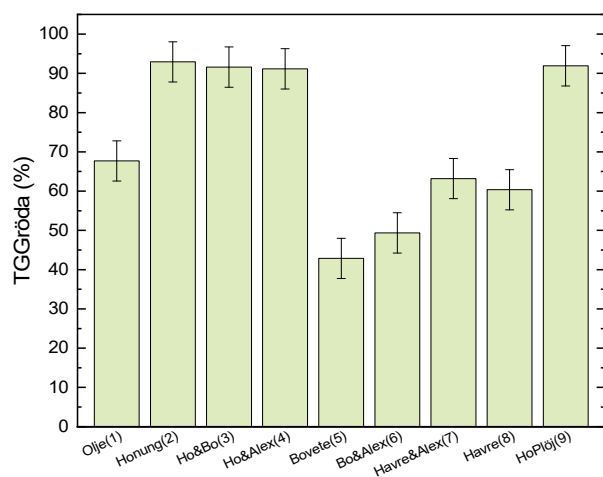
Även i Hög gav alla mellangrödor lägre mängd ogräs jämfört med led 10 utan mellangröda (Figur 7). Utan mellangröda var ogräsets marktäckningsgrad ca 13 % i Hög, jämfört med 22 % på Lönnstorp. De olika mellangrödornas inbördes förmåga att undertrycka ogräsen var i stort sett det samma på de båda försöksplatserna (Hög och Lönnstorp). De mellangrödor, i renbestånd, som hade bäst förmåga att undertrycka ogräset i Hög var honungört och havre. Även följande samodlade mellangrödor kontrollerade ogräset bra: honungört + bovete,

honungsvört + alexandrinerklöver och havre + alexandrinerklöver. Ogräsets marktäckningsgrad var för dessa mellangrödor 0,1-1,7 %. I oljerättika var ogräsets marktäckningsgrad 3 % (Figur 7). Sämst förmåga att kontrollera ogräset hade bovete resp. bovete i samodling med alexandrinerklöver (5,6 % resp. 2,8 % marktäckningsgrad). Detta berodde på en sämre tillväxt och att bovetet fick frostsador relativt tidigt på hösten. De andra mellangrödorna klarade frosten bättre och kunde därför bättre konkurrera med ogräset.



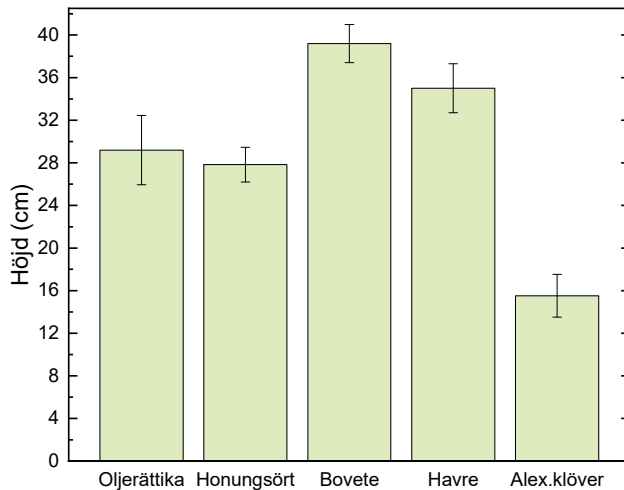
Figur 7. Ogräsets marktäckningsgrad (TGOgräs) i % den 16 okt. 2020 för mellangrödor sådda 24 aug. på Hög. Bo = bovete, Ho = honungsvört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM = ingen mellangröda. (Led 2 och 9 med honungsvört var vid avläsningen behandlade på samma sätt, eftersom led 9 och 10 plöjdes senare).

Generellt gav de mellangrödor som hade den största marktäckningsgraden (Figur 8) även den lägsta mängden ogräs. Havre i var den mellangröda efter bovete, samt bovete i samodling med alexandrinerklöver, som hade lägst marktäckningsgrad. Trots detta var ogräsmängden relativt låg i havren, när den odlades i renbestånd (Figur 7).



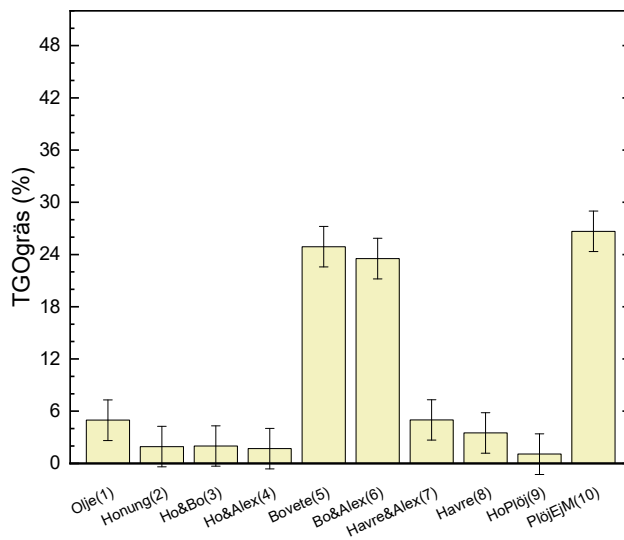
Figur 8. Grödans marktäckningsgrad (TGGröda) i % den 16 okt. 2020 för mellangrödor sådda 24 aug. på Hög. Bo = bovete, Ho = honungsvört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. (Led 2 och 9 med honungsvört var vid avläsningen behandlade på samma sätt, eftersom led 9 och 10 plöjdes senare).

Mellangrödornas höjd var den 16 oktober; 16 cm i medeltal för alexandrinerklöver, medan de övriga mellangrödorna hade en höjd från 28 cm (honungsvört) till 39 cm (bovete) (Figur 9).



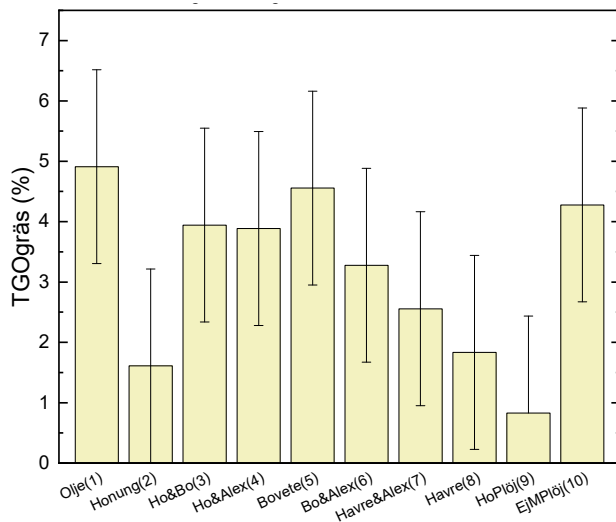
Figur 9. Mellangrödornas höjd (cm) den 16 okt. 2020 för mellangrödor sådda 24 aug. på Hög. Alex.klöver = alexandrinerklöver. Höjden på Alexandrinerklöver är ett medeltal från samodling i tre försöksled med honungstört, bovete och havre.

I mitten av april var ogräsets marktäckningsgrad betydligt större i försöksleden med bovete och bovete samodlat med alexandrinerklöver, ca 24 %, jämfört med de andra mellangrödorna i studien där ogräsets marktäckningsgrad var 1-5 % (Figur 10). Plöjning utfördes efter avläsningen, vilket medförde att vid denna tidpunkt hade led 2 och 9 fått samma behandlingar (Figur 10). Vidare hade led 10 (kontrollen) legat obearbetad sedan sådden av mellangrödorna, vilket gav en marktäckningsgrad på ca 26 %. Led 10 (kontrollen) borde ha ogräsharvats både höst och vår i samband med hackningen av mellangrödeleden då såstrimmorna togs fram inför sådd av majsen.



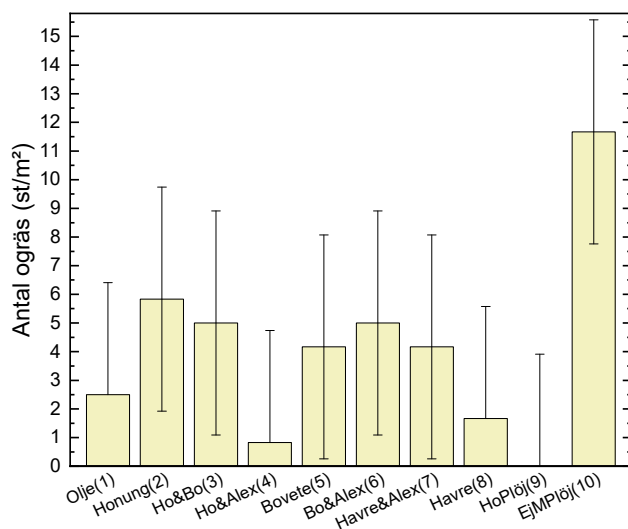
Figur 10. Ogräsets marktäckningsgrad (TGOgräs, %) i raden för den nervisande mellangrödan, d.v.s. mellan de framhackade strimmorna, den 19 april 2021 på Hög inför majssådden. Mellangrödorna såddes den 24 aug 2020. Bo = bovete, Ho = honungstört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM = ingen mellangröda. (Vid avläsningen var led 2 och 9 med honungstört var behandlade på samma sätt, eftersom plöjningen inte utfördes i led 9 & 10, den utfördes 22 april).

I de olika försöksleden var ogräsets marktäckningsgrad 1-5 % den 6 juli, d.v.s. 50 dagar efter sådden, samt efter tre radrensningar före sådden och en flamning efter sådden (Figur 11).



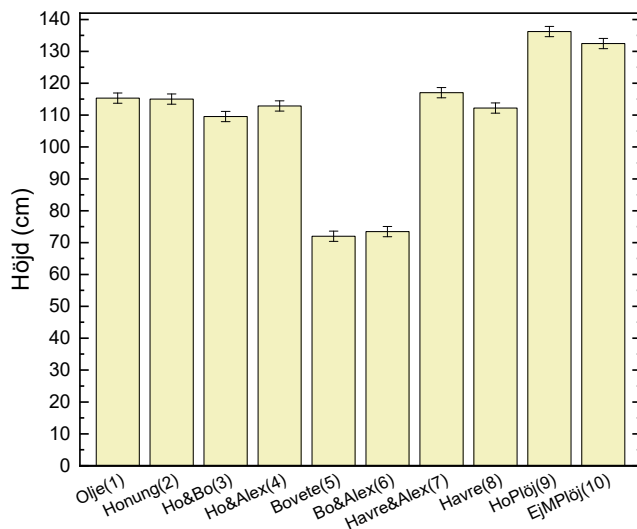
Figur 11. Ogräsens marktäckningsgrad på hela markytan, TGOgräs (%) i majs den 6 juli 2021 efter mellangrödor sådda den 24 aug. 2020. Majsen såddes den 17 maj och flammades 10 dagar senare. Bo = bovete, Ho = honungört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM = ingen mellangröda.

Antalet ogräs i majsraden efter olika mellangrödor var den 6 juli upptill ca 6 ogräs per m², d.v.s. 50 dagar efter sådden, samt efter tre radrensningar före sådden och en flammning efter sådden (Figur 12). I det plöjda ledet utan mellangröda var det ca 12 ogräs per m². Det låga antalet gräs i majsraden i det plöjda ledet med honungört (led 9) berodde på den samlade ogräseffekten av mellangrödan, plöjningen och radhackningen som utfördes i alla led.



Figur 12. Antal ogräs i majsraden (st/m²) den 6 juli 2021 efter mellangrödor sådda den 24 aug. 2020. Majsen såddes den 17 maj och flammades 10 dagar senare. Bo = bovete, Ho = honungört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM = ingen mellangröda.

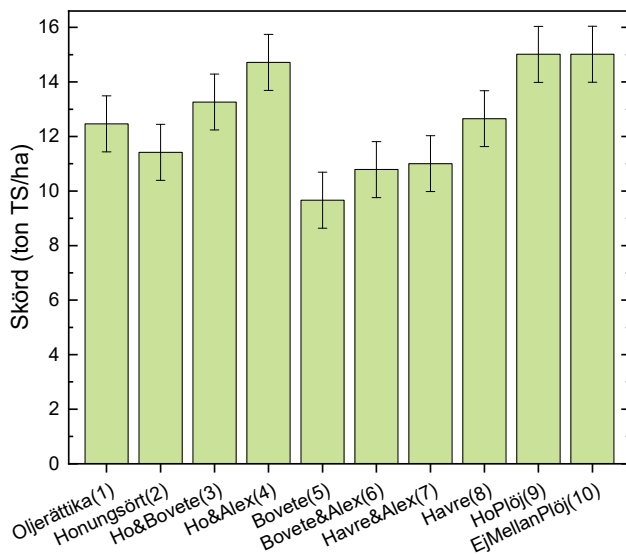
Den 6 juli mättes majsens höjd. Här visade det sig att de högsta majsplantorna, drygt 130 cm, växte i de plöjda leden (Figur 13). I strip-till-systemen var höjden 110 – 120 cm för alla mellangrödor, förutom där det hade växt bovete i renbestånd och i samodling med alexandrinerklöver, där var majsens ca 70 cm.



Figur 13. Majsplantornas höjd (cm) den 6 juli 2021 efter mellangrödor sådda den 24 aug. 2020. Majsen såddes den 17 maj och flammades 10 dagar senare. Bo = bovete, Ho = honungört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM = ingen mellangröda.

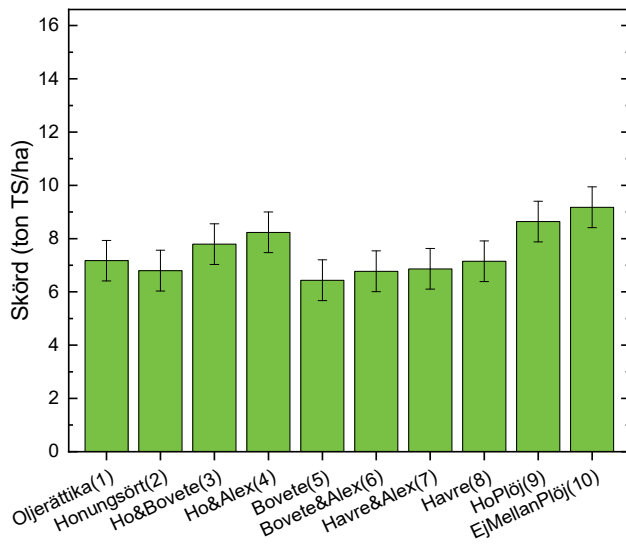
Skördeprovtagning i majs – hösten 2021 Hög

Majsens hela ovanjordiska biomassa var ungefär lika stor i strip-till-systemet med honungört samodlat med alexandrinerklöver, ca 15 ton TS/ha, i som de två plöjda systemen. Även ledet med honungört samodlat med bovete gav nästan lika stor majs skörd (Figur 14). Lägst ovanjordisk biomassa, knappt 10 ton TS/ha, fanns det i ledet med bovete i renbestånd.



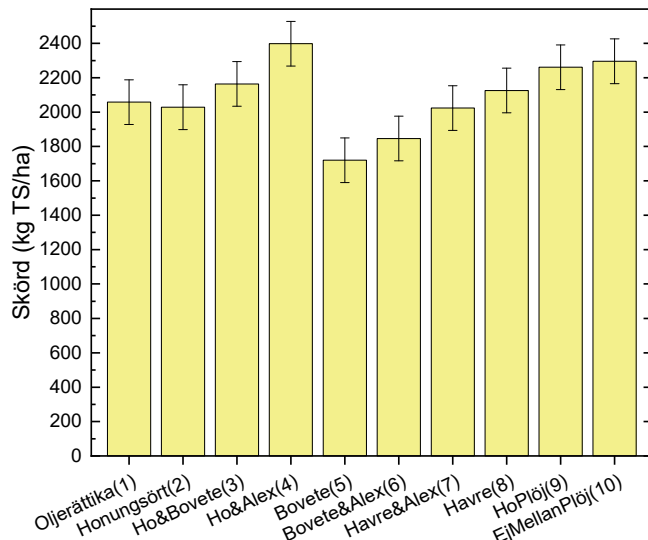
Figur 14. Majsskörd - hela ovanjordiska biomassan (ton TS/ha) 4 oktober, Hög. Ho = honungört. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjMellan = ingen mellangröda.

Majsens stjälkens biomassa var ungefär lika stor i strip-till-systemet med honungört samodlat med alexandrinerklöver, ca 8,2 ton TS/ha, som i de två plöjda systemen, 8,6 ton TS/ha med honungört och 9,2 ton TS/ha utan mellangröda (Figur 15). Lägst ovanjordisk biomassa, knappt 6,4 ton TS/ha, var det i ledet med bovete i renbestånd.



Figur 15. Majsskörd av stjälk (ton TS/ha) 4 oktober, Hög. Ho = honungsrört. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjMellan =ingen mellangröda.

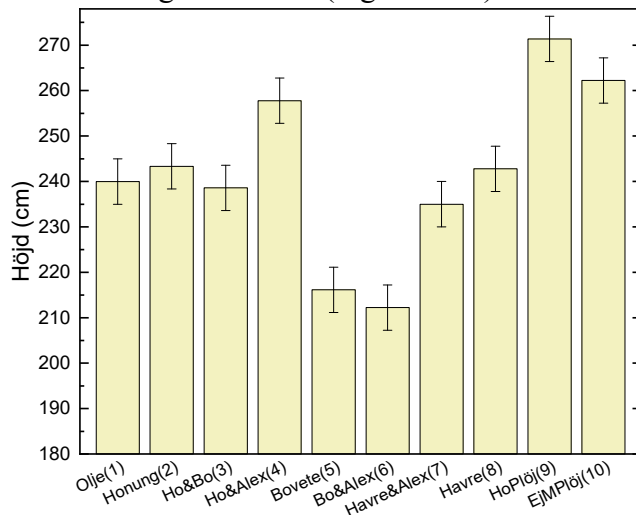
Skörden av majscolvar var störst i strip-till-systemet med honungsrört samodlat med alexandrinerklöver, ca 2400 kg TS/ha, följt av skörden i de två plöjda systemen, med knappt 2300 kg TS/ha. Även honungsrört samodlat med bovete resulterade i nästan lika hög skörd som i de



plöjda systemen (Figur 16). Lägst skörd av majscolvar, knappt 1700 kg TS/ha, var det i ledet med bovete i renbestånd.

Figur 16. Skörd av majscolvar (kg TS/ha) 4 oktober, Hög. Ho = honungsrört. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjMellan =ingen mellangröda.

Majsens tillväxt och skördenivå kan även uppskattas genom att mäta dess höjd. Vid avläsningen (4 oktober) visade det sig försöksleden med de högsta majsplantorna, 260-270 cm i strip-till med honungsrört samodlat med alexandrinerklöver och de två plöjda leden (Figur 17), hade den högsta skörden (Figur 14-16).

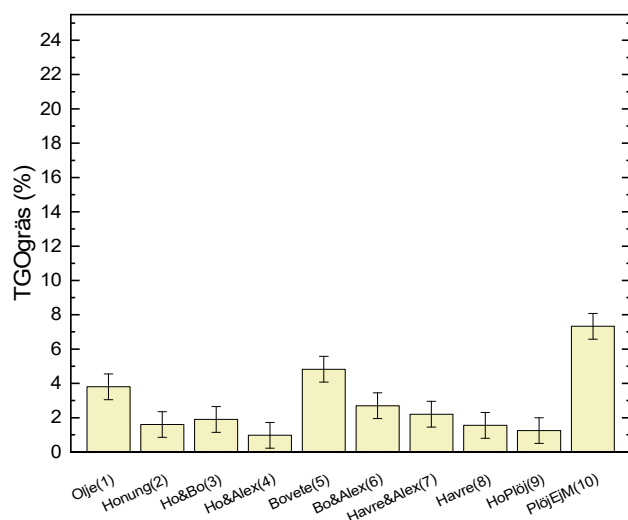


Figur 17. Majsplantornas höjd inkl. stubb (cm) den 4 oktober 2021. Bo = bovete, Ho = honungsrört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM = ingen mellangröda.

Strip-till i lök - Skepparslöv 2020-2021. Ogräsförekomst, grödornas tillväxt & skörd

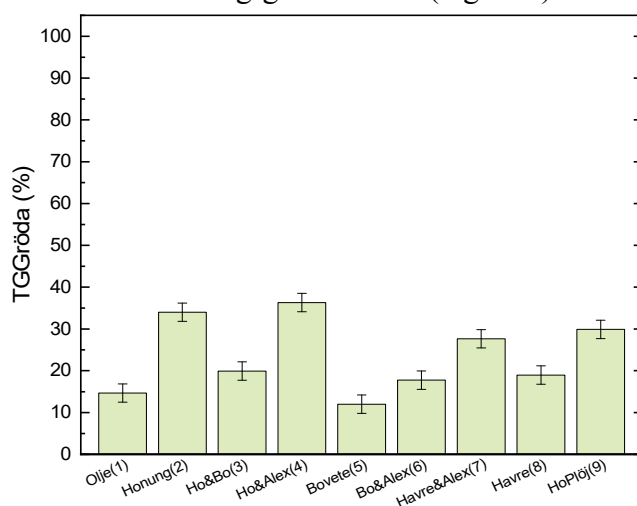
Hösten 2020 var ogräsets marktäckningsgrad relativt låg ca 1-5 % i försöksleden med mellangrödor (Figur 18). Mellangrödornas procentuella reduktion av ogräset (medeltal av alla mellangrödor), var 68 % jämfört med ledet utan mellangröda.

Generellt hade honungsrörten bäst ogräskonkurrerande egenskaper, medan bovete hade sämst. Honungsrört samodlat med alexandrinerklöver och bovetes reduktion av ogräset var 87 % resp. 34 %. Bovetets sämre ogräskonkurrerande egenskaper beror på att denna mellangröda har betydligt sämre tillväxt senare på säsongen och att den är mycket känslig för låga temperaturer och frost. I Skepparslöv var en del boveteplantor frostskadade redan vid avläsningen den 26 oktober.



Figur 18. Ogräsets marktäckningsgrad (TGOgräs) i % den 26 okt. 2020 för mellangrödor sådda 1 sept. på Skepparslöv. Bo = bovete, Ho = honungört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM =ingen mellangröda. (Led 2 och 9 med honungsrört var vid avläsningen behandlade på samma sätt, eftersom led 9 och 10 plöjdes senare).

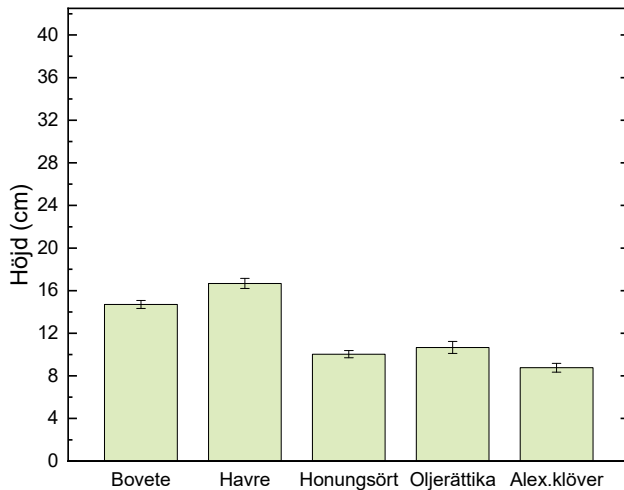
Honungsrört i renbestånd och i samodling med alexandrinerklöver var de mellangrödor som hade störst marktäckningsgrad ca 35 % (Figur 19). Bovete hade endast en marktäckningsgrad på 12 %.



Figur 19. Grödans marktäckningsgrad (TGGröda) i % den 26 okt. 2020 för mellangrödor sådda 1 sept. på Skepparslöv. Bo = bovete, Ho = honungört, Ol = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. (Led 2 och 9 med honungsrört var vid avläsningen behandlade på samma sätt, eftersom led 9 och 10 plöjdes senare).

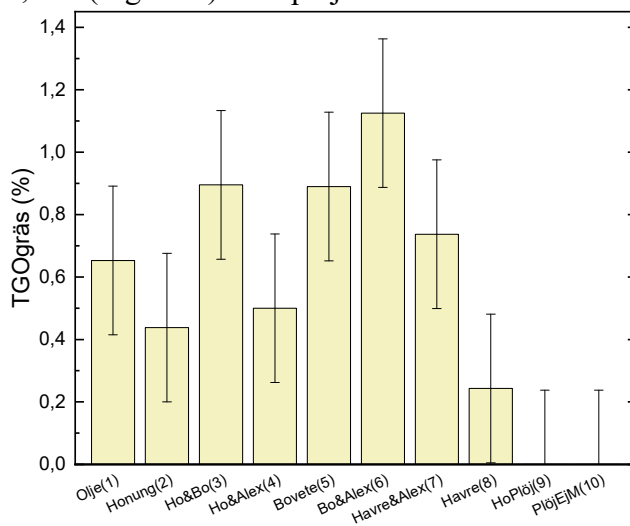
Mellangrödornas höjd i Skepparslöv var den 26 oktober; 9 cm för alexandrinerklöver, medan de övriga mellangrödorna hade en höjd på 10 cm (honungört) till 17 cm (havre) (Figur 20).

Den lägre höjden och lägre marktäckningsgraden för mellangrödorna på Skepparslöv jämfört med de två andra försöksplatserna kan bero på ca 1 veckas senare sådd jämfört med Lönnstorp och Hög. Vidare var tillväxten något större på lättleran på Lönnstorp jämfört med sandjorden på Skepparslöv.



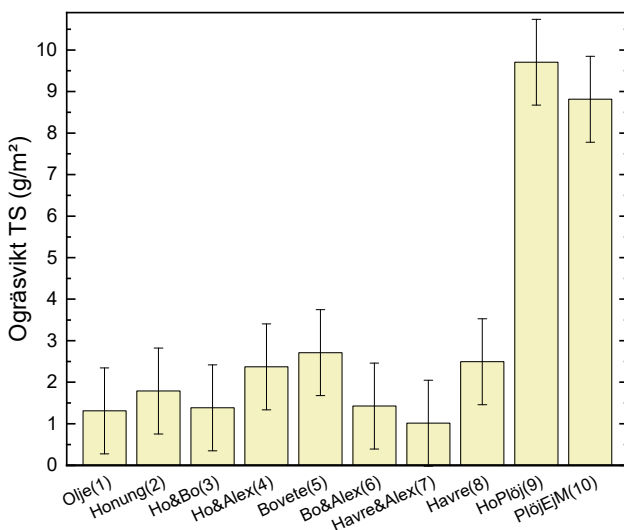
Figur 20. Mellangrödornas höjd (cm) den 26 okt. 2020 för mellangrödor sådda 1 sept. på Skepparslöv. Alex.klöver = Alexandrinerklöver. Höjden på alexandrinerklöver är ett medeltal från samodling i tre försöksled med honungstört, bovete och havre.

Efter vintern (21 april) var ogräsens marktäckningsgrad i de nedvissnade mellangrödorna 0,2-1,1 % (Figur 21). I de plöjda försöksleden hade ogräset inte hunnit växa till sig.



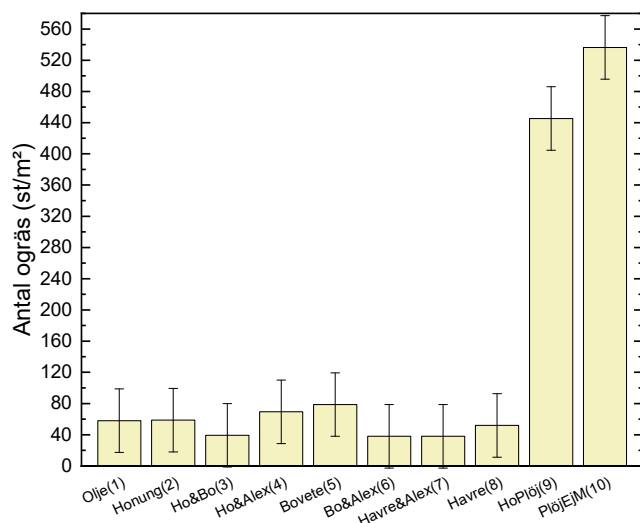
Figur 21. Ogräsens marktäckningsgrad (TGOgräs) %, i raden för den nervisande mellangrödan, d.v.s. mellan de framhackade strimmorna, den 21 april 2021 för mellangrödor sådda den 1 sept. 2020 på Skepparslöv. Bo = bovete, Ho = honungstört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM = ingen mellangröda. (Led 9 och 10 plöjdes 7 dec. 2020)

I mitten av juni, strax före handrensningen, var antalet ogräs i lökraden ca 90 % lägre i strip-till-systemen jämfört med de plöjda leden (Figur 22). I strip-till-systemen fanns det med andra ord 4-8 ogräs per löpmeter att ta bort via handrensning, jämfört med 44-54 ogräs per löpmeter i de plöjda leden. Studierna av ogräsförekomsten i lök visar att strip-till-systemet jämfört med de plöjda systemen ger ett mycket litet behov av handrensning.



Figur 22. Totalt antal ogräs (st/m²) i lökraden den 10 juni 2021. Bo = bovete, Ho = honungstört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM = ingen mellangröda. Ogräset avlästes i ett 10 cm brett band. Det innebär att antalet ogräs per löpmeter = st/m² dividerat med 10.

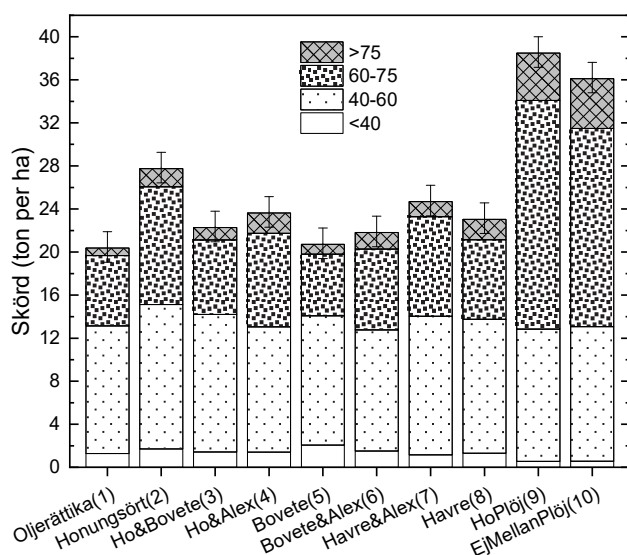
Ogräsvikten i lökraden var i genomsnitt ca 80 % lägre i strip-till-systemen jämfört med de plöjda leden (Figur 23).



Figur 23. Ogräsets torrsvikt TS (g/m²) i lökraden 10 juni 2021. Bo = bovete, Ho = honungört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM = ingen mellangröda. Ogräset avlästes i ett 10 cm brett band.

Skördeprovtagning i lök – hösten 2021 Skepparslöv

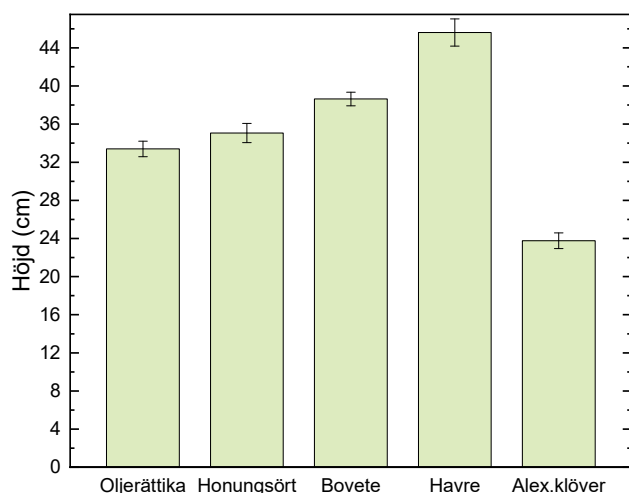
Den största löbskörden erhöles i de två plöjda leden; 39 ton/ha med honungstört och 36 ton/ha utan mellangröda (Figur 24). Det strip-till-system som gav den största löbskörden var honungstört som gav 28 ton/ha och den lägsta löbskörden, ca 20 ton/ha, blev det med mellangrödorna bovete och oljerättika.



Figur 24. Löbskörd (ton per ha efter torkning och rensning) uppdelat i olika storleksklasser från <40 till >75mm i diameter, Skepparslöv 2021. Ho = honungstört. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjMellan = ingen mellangröda.

Strip-till i majs - Lönnstorp 2021-2022. Ogräsförekomst, grödornas tillväxt & skörd

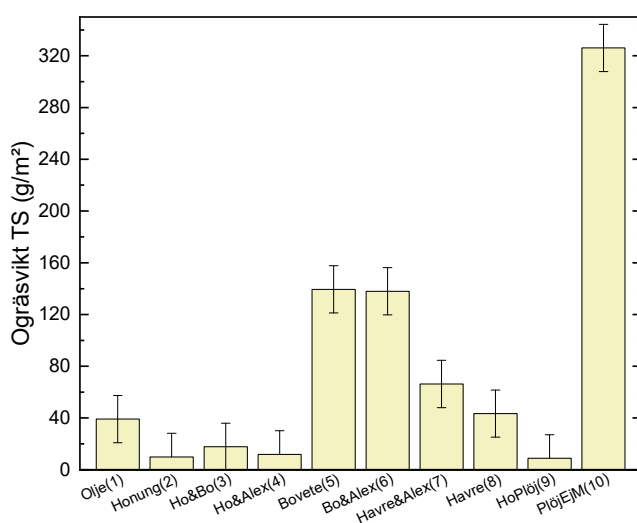
När mellangrödornas höjd avlästes den 28 oktober var alexandrinerklöver i medeltal 24 cm hög (samodling med andra mellangrödor). De andra mellangrödornas höjd varierade från 34 cm (oljerättika) till 46 cm (havre) (Figur 25).



Figur 25. Mellangrödornas höjd (cm) den 28 okt. 2020 för mellangrödor sådda 23 aug. Alex.klöver = Alexandrinerklöver. Höjden på alexandrinerklöver är ett medeltal från samodling i tre försöksled med honungstört, bovete och havre.

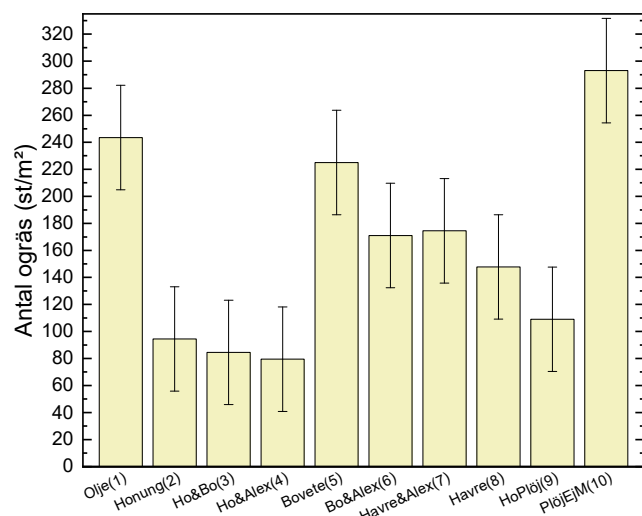
Ogräsvikten i mitten av november var betydligt större i bovete och bovete samodlat med alexandrinerklöver, ca 140 g TS/m², jämfört med 10-18 g TS/m² i leden där honungstört ingick (Figur 26). Sammanfattningsvis kan sägas att mellangrödorna honungstört, oljerättika och havre de bästa ogräskonkurrerande egenskaperna. Honungstört, oljerättika och havre gav ca 91 % reduktion av ogräsvikten jämfört med försöksledet utan mellangröda (led 10). Bovete gav lägst reduktion av ogräsvikten, ca 57 %.

Den stora mängden ogräs i leden med bovete berodde på en sämre tillväxt hos bovetet och att det fick frostsador relativt tidigt på hösten. De andra mellangrödorna klarade frosten betydligt bättre och kunde därför konkurrera med ogräset.



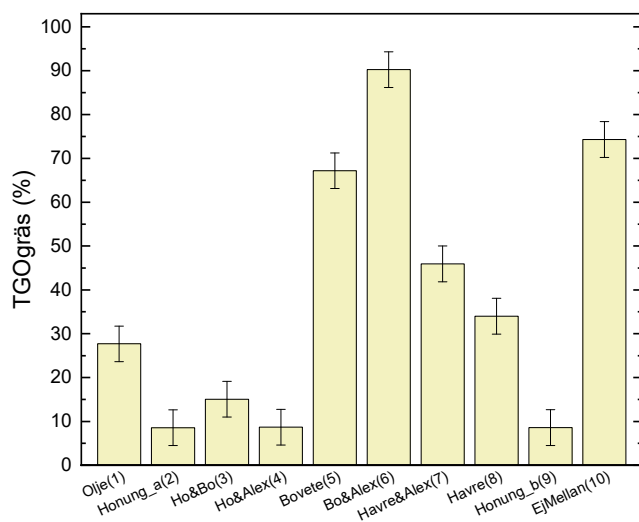
Figur 26. Ogräsets torrsvikt TS (g/m²) den 15 nov. 2021 i mellangrödorna sådda 23 aug. 2021 på Lönnstorp. Bo = bovete, Ho = honungstört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Led 2 och 9 med honungstört är behandlade på samma sätt, eftersom led 9 och 10 inte är plöjda vid detta avläsningstillfälle.)

Det största antalet ogräs, knappt 300 per m², fanns i försöksledet utan mellangröda (Figur 27). Antalet ogräs i oljerättika och bovete var ca 242 resp. 225 per m². Det lägsta antalet ogräs ca 80 per m², fanns i honungssört samodlat med alexandrinerklöver.



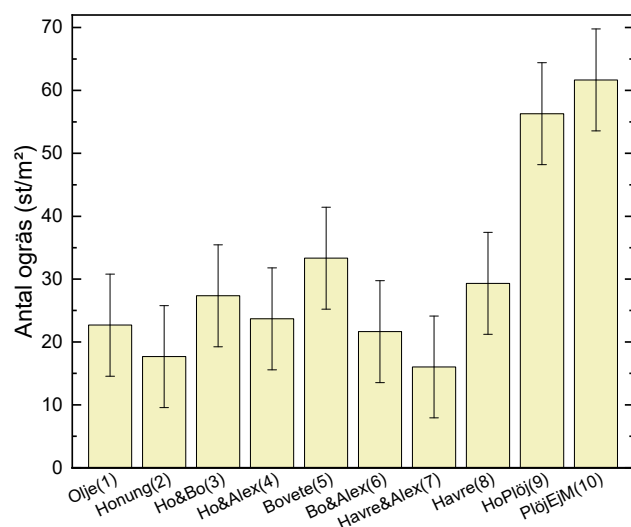
Figur 27. Antal ogräs (st/m²) den 15 nov. 2021 i mellangrödorna sådda 23 aug. 2021 på Lönnstorp. Bo = bovete, Ho = honungssört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Led 2 och 9 med honungssört är behandlade på samma sätt, eftersom led 9 och 10 inte är plöjda vid detta avläsningstillfälle.)

Ogräsets marktäckningsgrad var lägst i alla led med honungssört i renbestånd eller i samodling med andra mellangrödor (Figur 28). Det berodde på att i detta försök var honungssörten den mellangröda som hade bäst ogräskonkurrerande egenskaper. Även när honungssörten samodlades med andra mellangrödor blev ogräseffekt stor, vilket kan förklaras av att beståndet av honungssört vid samodling med andra mellangrödor, blev tillräckligt kraftigt för ge en kraftig ogräskonkurrens. De mellangrödor som hade de sämsta ogräskonkurrerande egenskaperna var bovete i renbestånd och i samodling med alexandrinerklöver.



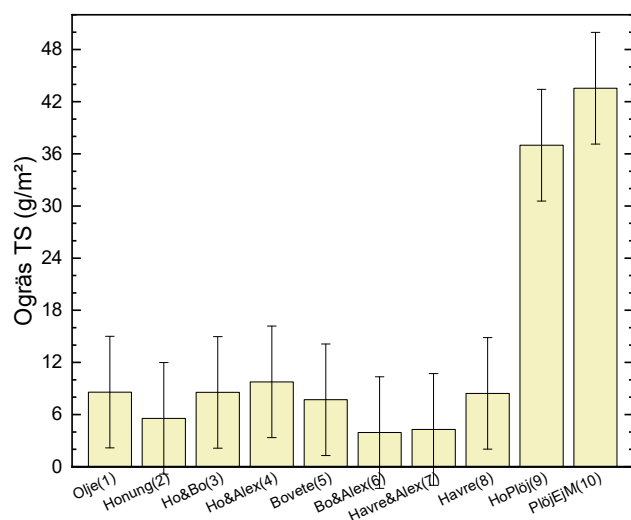
Figur 28. Ogräsets marktäckningsgrad (TGOgräs) i % den 25 mars 2022 för mellangrödor sådda 23 augusti på Lönnstorp. Bo = bovete, Ho = honungssört, Ol = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. EjMellan= ej mellangröda (barmark). (Led 2 och 9 med honungssört var vid avläsningen behandlade på samma sätt, eftersom led 9 och 10 plöjdes senare än 25 mars).

Den största reduktionen av antalet ogräs fanns i strip-till-systemen med havre + alexandrinerklöver och honungsort, d.v.s. ca 74 % resp. 71 % lägre antal ogräs jämfört med led 10 (plöjt led utan mellangröda). Flest ogräs fanns i de båda plöjda odlingssystemen (med och utan mellangröda, 56 resp. 62 st/m²) (Figur 29). Den relativt låga skillnaden i antal ogräs mellan strip-till och de vårplöjda leden, kan bero på att en radhackning utfördes efter vårplöjningen, jämfört med två radhackningar på våren i leden med strip-till.



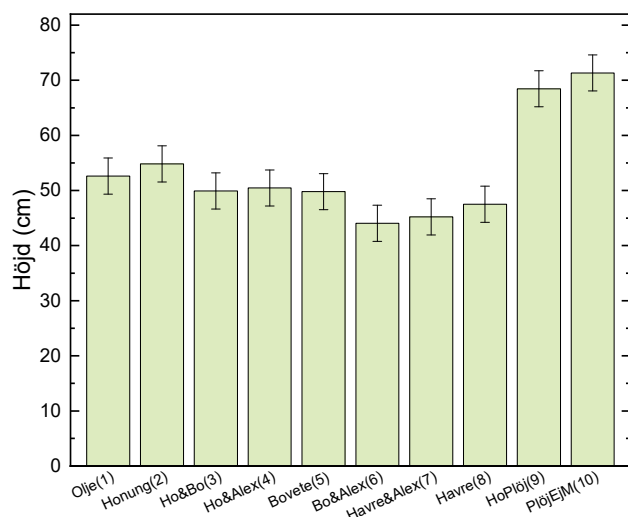
Figur 29. Antal ogräs i majsraden (st/m²) den 5 juli 2022 efter mellangrödor sådda den 23 aug. 2021. Majsen såddes den 18 maj och flammades 7 dagar senare. Bo = bovete, Ho = honungört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = vårplöjning. EjM = ingen mellangröda.

Alla led med mellangrödor i strip-till-systemet gav en lägre ogräsvikt, 4-10 g/m², jämfört med de båda plöjda odlingssystemen med och utan mellangröda, 37 resp. 44 g/m² (Figur 30).



Figur 30. Ogräsets torrsvikt TS (g/m²) i majsraden (st/m²) den 5 juli 2022 efter mellangrödor sådda den 23 aug. 2021. Majsen såddes den 18 maj och flammades 7 dagar senare. Bo = bovete, Ho = honungört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = vårplöjning. EjM = ingen mellangröda.

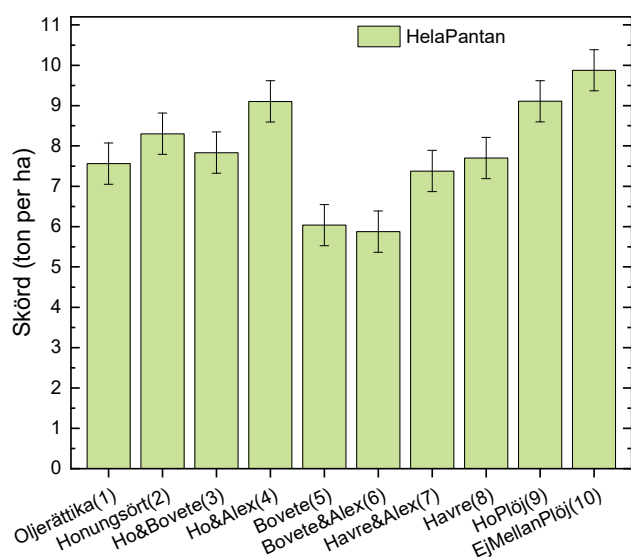
Vid avläsningen som utfördes den 5 juli var majsplantorna högst i de plöjda leden med och utan mellangröda, 68 resp. 71 cm (Figur 31). Strip-till-systemen med honungsort och oljerättika var de mellangrödor som gav den högsta majs höjden 53 resp. 55 cm.



Figur 31. Majsplantornas höjd (cm) den 5 juli 2022 efter mellangrödor sådda den 23 aug. 2021. Majsen såddes den 18 maj och flammades 7 dagar senare. Bo = bovete, Ho = honungört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = vårplöjning. EjM = ingen mellangröda.

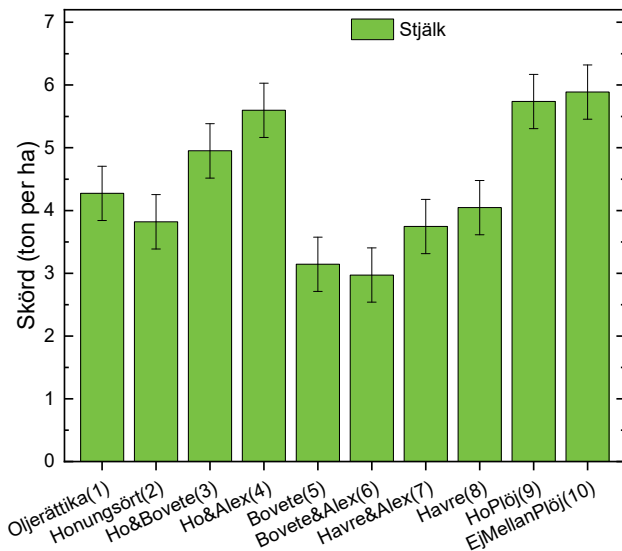
Skördeprovtagning i majs – hösten 2022 Lönnstorp

Majsens hela ovanjordiska biomassa var ungefär lika stor i strip-till-systemet med honungört samodlat med alexandrinerklöver, ca 9 ton TS/ha, i som de två plöjda systemen där biomassans vikt var 9-10 ton TS/ha (Figur 32). Lägst ovanjordisk biomassa, ca 6 ton TS/ha, fanns det i ledet med bovete i renbestånd och samodling med alexandrinerklöver.



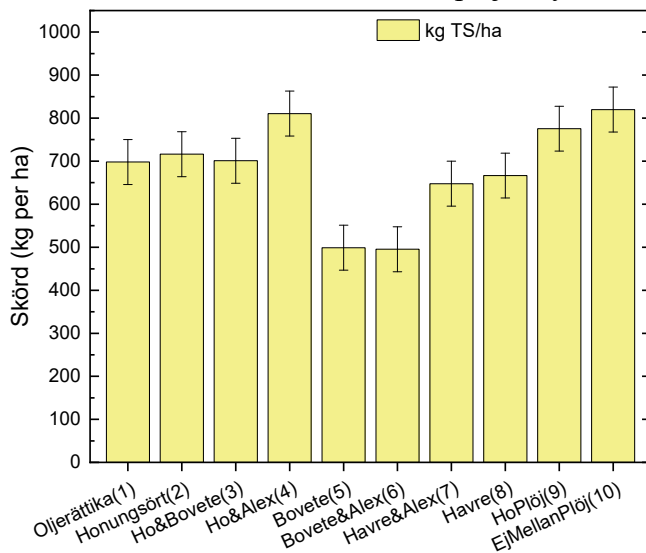
Figur 32. Majsskörd - hela ovanjordiska biomassan (ton TS/ha) den 25 oktober, Lönnstorp. Ho = honungört. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjMellan = ingen mellangröda.

Majsens stjälkens biomassa var ungefär lika stor i strip-till-systemet med honungört samodlat med alexandrinerklöver, ca 5,6 ton TS/ha, som i de två plöjda systemen, 5,9 ton TS/ha med honungört och 5,7 ton TS/ha utan mellangröda (Figur 33). Lägst ovanjordisk biomassa, ca 3 ton TS/ha, var det i ledet med bovete i renbestånd och i samodling med alexandrinerklöver.



Figur 33. Majsskörd av stjälk (ton TS/ha) den 25 oktober, Lönnstorp. Ho = honungört. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjMellan =ingen mellangröda.

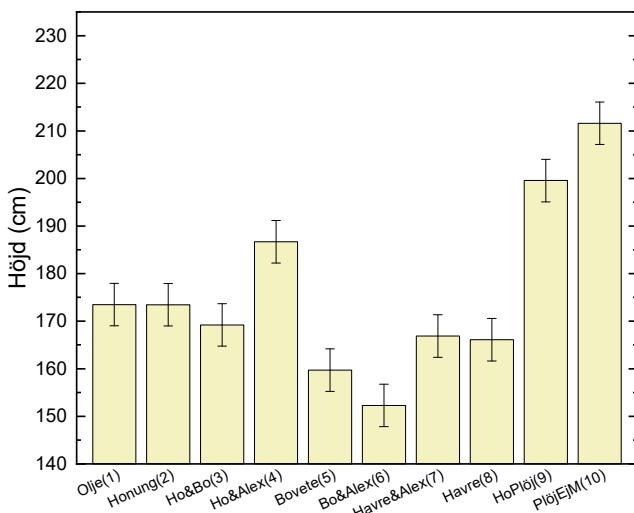
Skörden av majscolvar var störst, 800 kg TS/ha, i strip-till-systemet med honungsrört samodlat med alexandrinerklöver och i de två plöjda systemen (Figur 34). Lägst colvskörd, 500 kg TS/ha,



var det i ledet med bovete i renbestånd och i samodling ned alexandrinerklöver.

Figur 34. Skörd av majscolvar (kg TS/ha) den 25 oktober, Lönnstorp. Ho = honungört. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjMellan =ingen mellangröda.

Majsens tillväxt och skördenivå kan även uppskattas genom att mäta dess höjd. Vid avläsningen (25 oktober) visade det sig försöksleden med de högsta majsplantorna, 190 cm i strip-till med honungsrört samodlat med alexandrinerklöver och de två plöjda leden här höjden var 200-210 cm (Figur 35), hade även den högsta skörden (Figur 32-34).

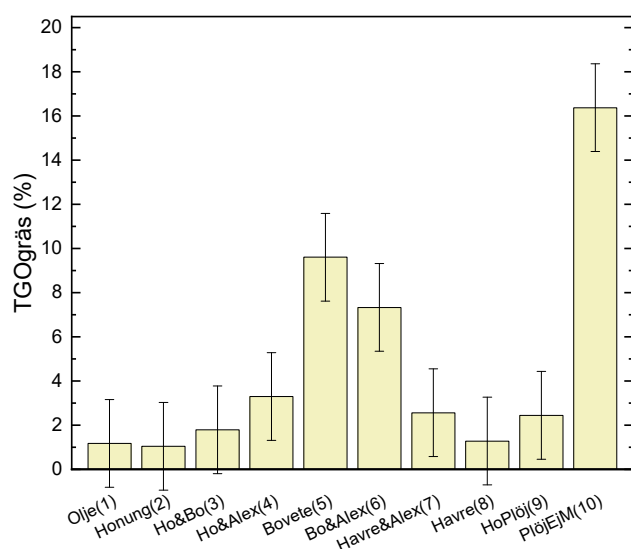


Figur 35. Majsplantornas höjd inkl. stubb (cm) den 25 oktober, Lönnstorp. Bo = bovete, Ho = honungört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM = ingen mellangröda.

Strip-till i lök, rödbeta – Skepparslöv 2021-2022. Ogräsförekomst, grödornas tillväxt & skörd

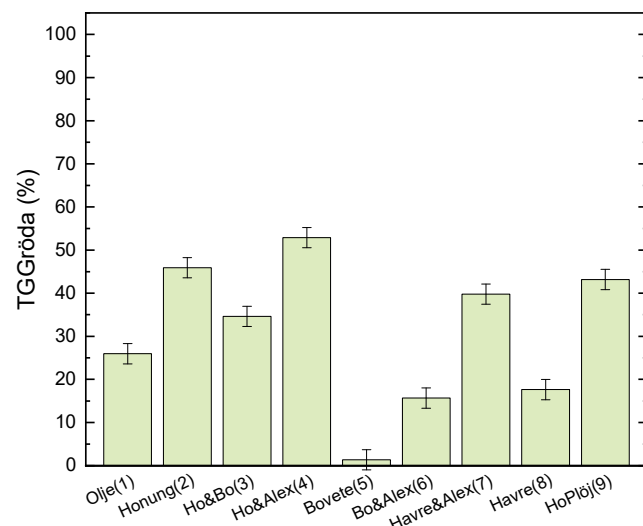
Hösten 2021 var ogräsets marktäckningsgrad relativt låg ca 1-4 % i försöksleden med mellangrödor (Figur 36), förutom i leden med bovete samodlat med alexandrinerklöver och bovete i renbestånd där ogräsets marktäckningsgrad var 8 resp. 10 %. I led 10 utan mellangröda var ogräsets marktäckningsgrad ca 16 %.

De mellangrödor som hade bäst ogräskonkurrerande egenskaper var havre, oljerättika och honungssört. De gav 92-94 % reduktion av ogräsets marktäckningsgrad jämfört med försöksledet utan mellangröda, led 10. Bovete gav lägst reduktion av ogräsets marktäckningsgrad ca 40 %. Bovetets sämre ogräskonkurrerande egenskaper beror på att denna mellangröda har betydligt sämre tillväxt senare på säsongen och att den var frostsadad vid avläsningstillfället den 9 november.



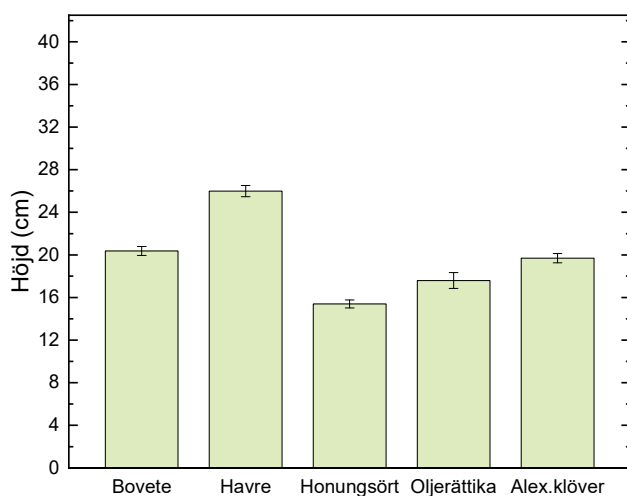
Figur 36. Ogräsets marktäckningsgrad (TGOgräs) i % den 9 nov. 2021 för mellangrödor sådda 20 aug. Avläsning i mellangrödorna inför sådd av försöken med lök och beta 2022. Bo = bovete, Ho = honungssört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM = ingen mellangröda. (Led 2 och 9 med honungssört är behandlade på samma sätt, eftersom led 9 och 10 inte är plöjda vid detta avläsningstillfälle.)

Honungssört i renbestånd och i samodling med alexandrinerklöver var de mellangrödor som gav störst marktäckningsgrad ca 46 % resp. 52 %. Bovete i renbestånd hade endast en marktäckningsgrad på 1 % efter dålig utveckling och frostsadad (Figur 37). Denna mellangrödoras låga marktäckningsgrad gav även den största marktäckningsgraden av ogräs (Figur 36).



Figur 37. Grödans marktäckningsgrad (TGGröda) i % den 9 nov. 2021 för mellangrödor sådda 20 aug. på Skepparslöv. Avläsning i mellangrödorna inför sådd av försöken med lök och beta 2022. Bo = bovete, Ho = honungssört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM = ingen mellangröda. (Led 2 och 9 med honungssört är behandlade på samma sätt, eftersom led 9 och 10 inte är plöjda vid detta avläsningstillfälle.)

När mellangrödornas höjd avlästes den 9 november på Skepparslöv var alexandrinerklöver i medeltal 20 cm hög (samodling med andra mellangrödor). De andra mellangrödornas höjd varierade från 15 cm (honungört) till 26 cm (havre) (Figur 38).



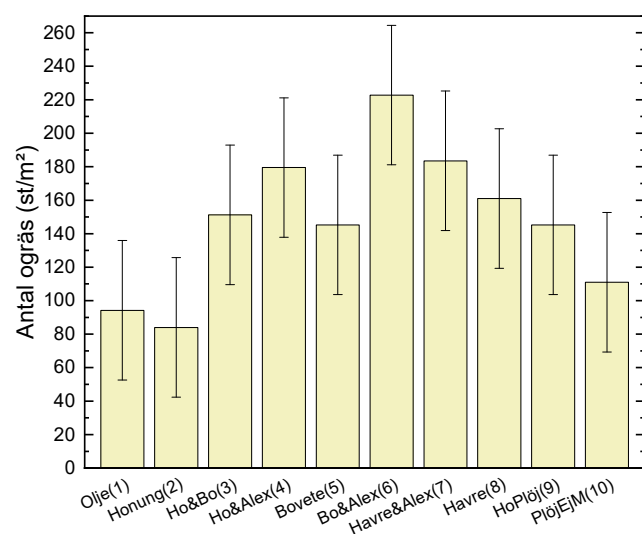
Figur 38. Mellangrödornas höjd (cm) den 9 november 2021 för mellangrödor sådda 20 aug. på Skepparslöv. Avläsning i mellangrödorna inför sådd av försöken med lök och beta 2022. Alex.klöver = Alexandrinerklöver. Höjden på alexandrinerklöver är ett medeltal från samodling i tre försöksled med honungört, bovete och havre.

Under hösten 2021 och våren 2022 hackades såraderna fram i mellangrödan med en radhacka för att ta fram en smal såstrimma, i vilken det senare etablerades lök resp. rödbeta.

Hackningen utfördes i försöksleden med strip-till och de plöjda leden. I strip-till försöket som etablerades föregående år på Skepparslöv, utfördes hackning endast i försöksleden med strip-till. Den extra hackning som utfördes i de plöjda leden innebar att mängden ogräs i raden av lök och blev generellt lägre jämfört med då hackningen ej utfördes.

Lök

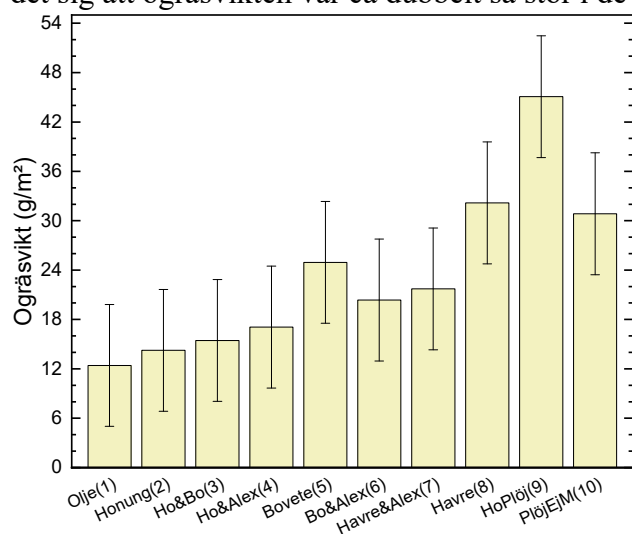
I försöket visade det sig att det inte var någon signifikant skillnad i antalet ogräs mellan försöksleden (Figur 39). Det var minst antal ogräs i lökraden i strip-till-systemet med honungstört (ca 80 st/m²) och störst antal ogräs i strip-till-systemet med bovete i samodling med alexandrinerklöver (ca 220 st/m²).



Figur 39. Totalt antal ogräs (st/m²) i lökraden den 16 juni 2022 efter mellangrödor sådda den 20 aug. 2021. Löken såddes den 19 april och flammades 17 dagar senare (6 maj). Bo = bovete, Ho = honungstört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM = ingen mellangröda.

Ogräsvikten var signifikant lägre i strip-till-systemet med oljerättika jämfört med det plöjda ledet utan mellangröda. I övrigt fanns det inte någon signifikant skillnad i ogräsvikt mellan

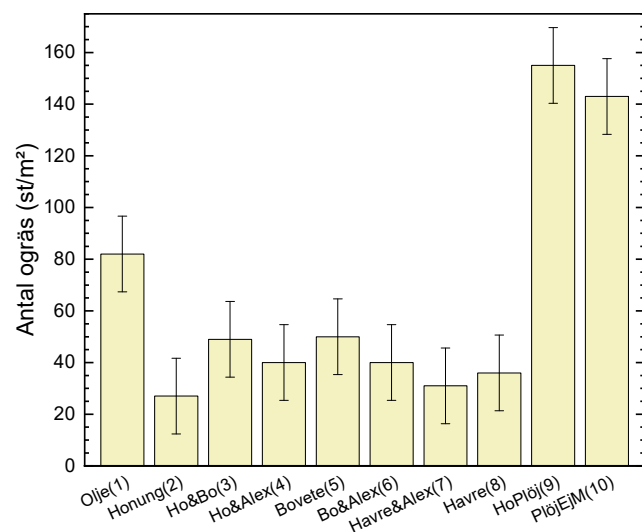
försöksleden (Figur 40). Vid en jämförelse med alla strip-till led och de plöjda leden visade det sig att ogräsvikten var ca dubbelt så stor i de plöjda leden.



Figur 40. Ogräsets torrsvikt TS (g/m²) i lökraden den 16 juni 2022 efter mellangrödor sådda den 20 aug. 2021. Löken såddes den 19 april och flammades 17 dagar senare. Bo = bovete, Ho = honungört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM = ingen mellangröda.

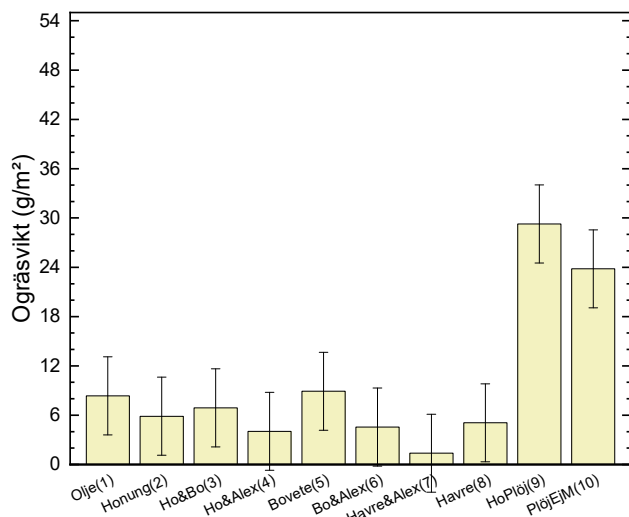
Rödbeta

Vid tiden för handrensningen (6 juli) var det i rödbetsraden signifikant lägre antal ogräs i alla strip-till-leden 66-82 % (förutom led 1 med oljerättika 45 %) jämfört med de plöjda leden. I alla försöksled hade såstrimmar hackats på våren strax före rödbetssådden, d.v.s. både i leden med strip-till-systemet och i de plöjda systemen (Figur 41).



Figur 41. Totalt antal ogräs (st/m²) i rödbetsraden den 6 juli 2022 efter mellangrödor sådda den 20 aug. 2021. Rödbetorna såddes ca den 6 juni och flammades 11 dagar senare. Bo = bovete, Ho = honungört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM = ingen mellangröda.

I strip-till-systemet var ogräsvikten i rödbetorna 78-95 % lägre jämfört med de plöjda systemen med och utan honungört (Figur 42). De mellangrödor som etablerades inför sådden av rödbetorna var: havre + alexandrinerklöver, honungört + alexandrinerklöver, bovete+ alexandrinerklöver, havre och honungört.

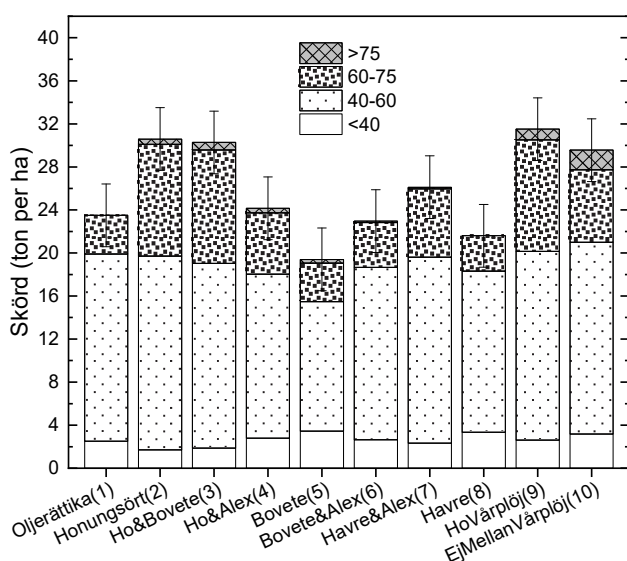


Figur 42. Ogräsens torrsvikt TS (g/m²) i rödbetsraden den 6 juli 2022 efter mellangrödor sådda den 20 aug. 2021. Rödbeterna såddes ca den 6 juni och flammades 11 dagar senare. Bo = bovete, Ho = honungört, Olje = oljerättika. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjM = ingen mellangröda.

En slutsats rörande handrensingsbehovet i rödbeta och lök är att strip-till-systemet jämfört med de plöjda systemen ger betydligt lägre behov av handrensning. Detta baseras på det låga antalet ogräs inne i raderna av rödbeta resp. lök vid tidpunkten för handrensningstillfället (se figur 41 resp. figur 22).

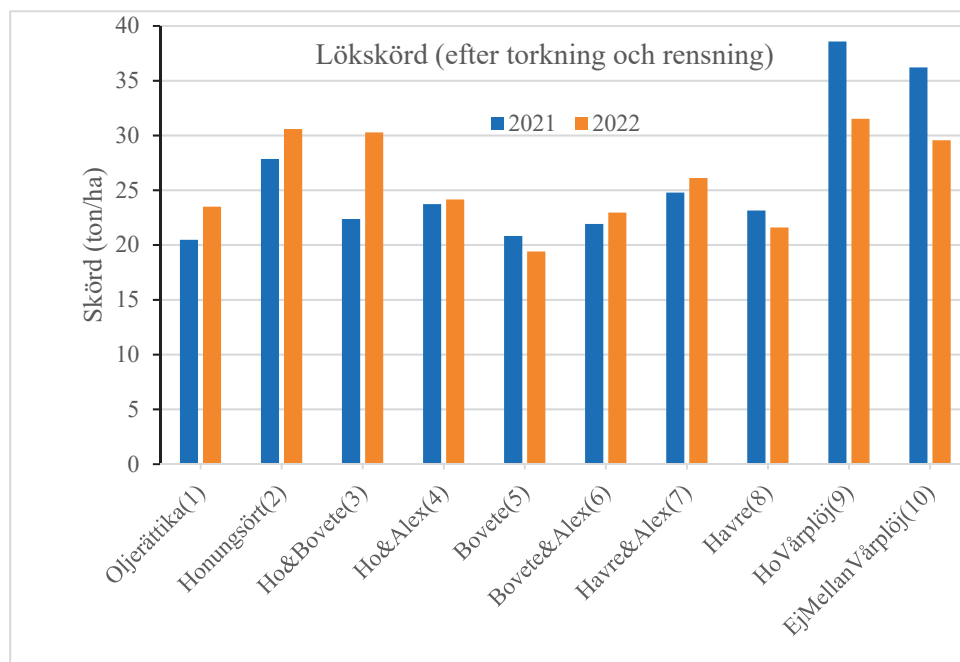
Skördeprovtagning i lök – hösten 2022 Skepparslöv

Den största löskörden på 30 ton/ha, erhöles i strip-till-systemen med honungört i renbestånd och i samodling med bovete samt i de två plöjda leden (Figur 43). Strip-till-system med bovete gav den lägsta löskörden, ca 19 ton/ha. Även om det fanns skördeskillnader på upp emot 12 ton/ha inom försöket år 2022, så var skillnaderna inte signifikanta. Lökstorleken var generellt mindre 2022 (Figur 43) jämfört med 2021 (Figur 24). Den främsta orsaken till det, var att ogräset konkurrerade kraftigare med löken 2022.



Figur 43. Löskörd i storleksklasser (ton per ha efter torkning och rensning), Skepparslöv 2022. Ho = honungört. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjMellan = ingen mellangröda.

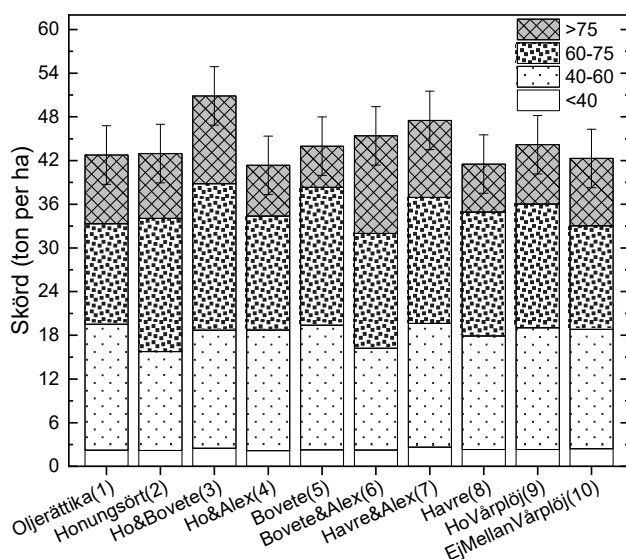
Lökskörden skiljde sig mellan de båda försöksåren genom att år 2022 ökade löbskörden i strip-till-systemen, medan löbskörden i de plöjda systemen blev ca 7 ton/ha lägre jämfört med år 2021 (Figur 44).



Figur 44. Löbskör (ton per ha efter torkning och rensning), Skepparslöv 2021 och 2022. Ho = honungsrört. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjMellan = ingen mellangröda.

Skördeprovtagning i rödbetor – hösten 2022 Skepparslöv

Det fanns inga skillnader i rödbetsskör för de rödbetor som odlades i odlingssystem med strip-till jämfört med de betor som odlades i de plöjda odlingssystemen. Den största rödbetsskörden i försöket 51 ton/ha fanns i strip-till-systemet med honungsrört samodlad med bovete, medan den lägsta skörden 41 ton/ha fanns i strip-till-systemet med havre. Denna skillnad var dock inte signifikant (Figur 45).



Figur 45. Rödbetsskör (ton per ha efter harpning) i olika storleksklasser (mm i diameter), Skepparslöv 2022-09-30. Ho = honungsrört. Alex = alexandrinerklöver. Plöj = plöjning. EjMellan = ingen mellangröda.

Diskussion – ogräs och skörd

Hösten 2020 (avläsning i mellangrödorna)

Mellangrödornas effekt på ogräsets marktäckningsgrad var sämre på Skepparslöv jämfört med de två andra försöksplatserna (Lönntorp och Hög). Det beror troligen på att mellangrödorna på Skepparslöv hade en lägre marktäckningsgrad jämfört med Lönntorp och Hög, vilket resulterade i sämre ogräskonkurrerande egenskaper. Mellangrödornas procentuella reduktion av ogräsets marktäckningsgrad (medeltal av alla mellangrödor), var 68 % på Skepparslöv, medan den var 77 % på Lönntorp och 86 % på Hög.

Generellt hade honungsrörten bäst ogräskonkurrerande egenskaper, medan bovete hade sämst.

- Honungsrörtens reduktion av ogräsets marktäckningsgrad, var 81 % på Skepparslöv, medan den var 95 % på Lönntorp och 99 % på Hög.
- Havre hade den näst största reduktion av ogräsets marktäckningsgrad, 79 % på Skepparslöv, 87 % på Lönntorp och 93 % på Hög.
- Bovetets reduktion av ogräsets marktäckningsgrad, var 34 % på Skepparslöv, medan den var 51 % på Lönntorp och 58 % på Hög.

Hösten 2021 (avläsning i mellangrödorna)

Mellangrödornas effekt på ogräsets marktäckningsgrad hösten 2021 var ungefär lika bra på Skepparslöv som på Lönntorp. Hösten 2021 såddes mellangrödorna på Skepparslöv 12 dagar tidigare, jämfört med 2020, vilket gav en bättre utveckling av mellangrödorna och därmed bättre ogräskonkurrerande egenskaper. Mellangrödornas procentuella viktreduktion av ogräset (medeltal av alla mellangrödor) var 84 % på Lönntorp. På Skepparslöv reducerade ogräsets marktäckning med 79 %.

Generellt hade honungsrörten bäst ogräskonkurrerande egenskaper, medan bovete hade sämst.

- Honungsrörtens procentuella reduktion av ogräset, var 97 % (viktreduktion) på Lönntorp medan den var 90 % (minskad marktäckning) på Skepparslöv.
- Havre och oljerättika hade den näst största reduktion av ogräsets marktäckningsgrad, ca 93 % på Skepparslöv och ca 88 % (viktreduktion) på Lönntorp.
- Bovetets procentuella reduktion av ogräset, var 41 % (minskad marktäckning) på Skepparslöv, medan den var 57 % (viktreduktion) på Lönntorp.

Sammanfattningsvis kan sägas att för de båda försöksplatserna var det honungsrört, oljerättika och havre de bästa ogräskonkurrerande egenskaperna. Honungsrört, oljerättika, havre gav ca 91-94 % reduktion av ogräsvikten jämfört med försöksledet utan mellangröda (led 10).

Skörd av huvudgrödor 2021 efter mellangrödor hösten 2020

Under 2021 på Hög strax utanför Löddeköpinge gav strip-till-systemet med honungsrört den största majsskörden tillsammans med de plöjda systemen med honungsrört resp. utan mellangröda. På Skepparslöv strax utanför Kristianstad var löksskörden högre i de plöjda systemen jämfört med Strip-till-systemen.

Kväve i jordprofilen efter mellangrödor hösten 2020 - Lönnstorp

Höstplöjning på Lönnstorp av svart jord den 12 november resulterade i en stor mängd N-min ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) i jordprofilen. Försöksleden med mellangrödor (efter plöjning av förfrukten fältkrassing (*Lepidium*) under sensommaren 2020) gav en lägre mängd N-min i jordprofilen, 0-90 cm, jämfört med det höstplöjda kontrolledet (led 10) med svart jord. I det höstplöjda ledet med svart jord så var N-min 127 kg/ha (Figur 46). De mellangrödor, i renbestånd utan kvävefixerande mellangröda, som hade lägst N-min i jordprofilen var oljerättika (36 kg/ha), honungört (42 kg/ha) och havre (43 kg/ha). När bovete samodlades med den kvävefixerande mellangrödan alexandrinerklöver så var N-min betydligt högre (78 kg/ha). I led 9 med honungört som höstplöjdes den 12 november var N-min endast 50 kg/ha. Provtagningen av N-min gjordes på Lönnstorp den 2 december 2020.

Gällande mängden $\text{NO}_3\text{-N}$ i försöket i jordprofilen 0-90 cm så gav alla mellangrödor en lägre mängd jämfört med det plöjda kontrolledet (led 10) med svartjord. I detta led var mängden $\text{NO}_3\text{-N}$ 116 kg/ha (Figur 46). Mängden $\text{NO}_3\text{-N}$ i jordprofilen, 0-90 cm, var signifikant lägre i leden med oljerättika (21 kg/ha), honungört (29 kg/ha), havre (31 kg/ha) och det höstplöjda ledet med honungört (37 kg/ha), jämfört med bovete i samodling med alexandrinerklöver (62 kg/ha). I led 9 med honungört som höstplöjdes den 12 november fanns 37 kg $\text{NO}_3\text{-N}$ /ha. Provtagningen gjordes på Lönnstorp den 2 december 2020.

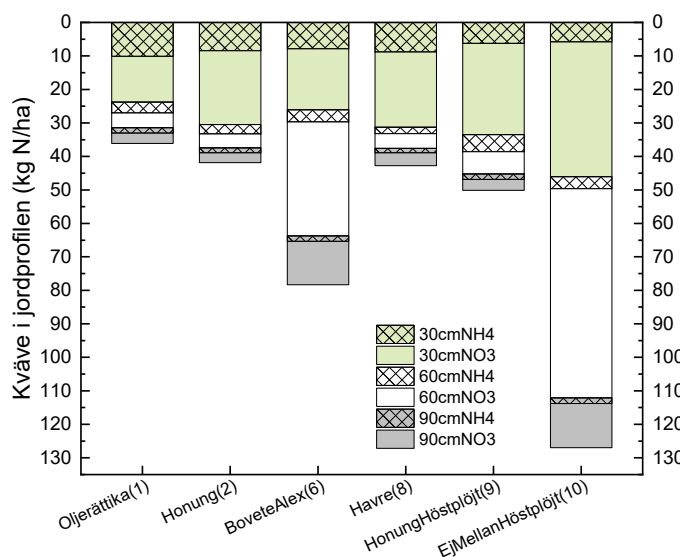
Odling av mellangrödor, efter nerplöjning av huvudgrödan fältkrassing (*Lepidium*) under sensommaren 2020 på Lönnstorp, visar att risken för kväveutlakning i form av NO_3 från jordprofilen verkar vara relativt låg under tidig vinter när mellangrödorna oljerättika, honungört och havre får växa långt in på senhösten. I dessa led fanns det i början av december endast ca 10 kg $\text{NO}_3\text{-N}$ /ha, under matjordslagret, d.v.s. på djupet 30-90 cm (Figur 46).

Den potentiella risken för kväveutlakning, från 30-90 cm djup i jordprofilen, verkar vara stor när bovetet fryser bort tidigt på hösten, även om den samodlade alexandrinerklövern växer vidare efter bovetets bortfrysning. Risken för utlakning av $\text{NO}_3\text{-N}$, i kontrolledet utan mellangröda, i jordprofilen 30-90 cm, verkar vara mycket stor, här fanns det 76 kg $\text{NO}_3\text{-N}$ /ha, jämfört med leden med mellangrödor som växer långt in på senhösten där $\text{NO}_3\text{-N}$ var 5-10 kg/ha. Mängden $\text{NO}_3\text{-N}$ i ledet med bovete + alexandrinerklöver var 47 kg/ha, d.v.s. betydligt högre.

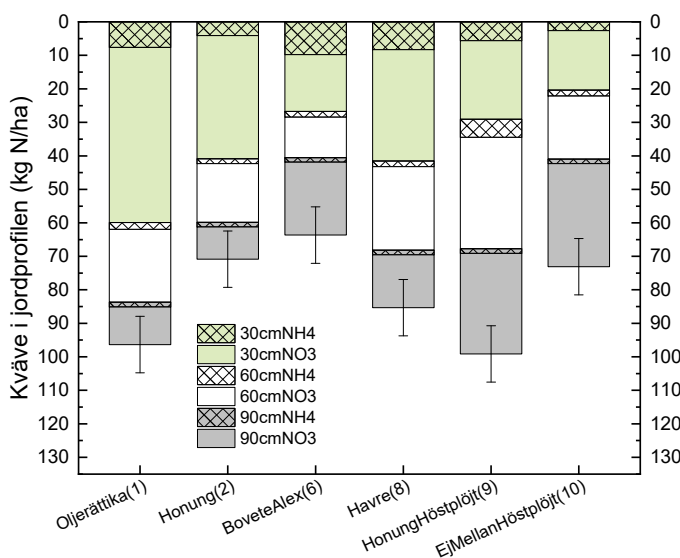
Vid mätning av mängden $\text{NH}_4\text{-N}$ i hela jordprofilens djup, 0-90 cm, så hade leden med mellangrödor endast 11 - 15 kg/ha. Det fanns ingen signifikant skillnad i $\text{NH}_4\text{-N}$ i jordprofilen för de olika mellangrödorna. $\text{NH}_4\text{-N}$ binds relativt starkt till jorden och bidrar därför inte på samma sätt som $\text{NO}_3\text{-N}$ till kväveutlakning.

När ledet utan mellangröda (svart jord) höstplöjdes i mitten av november 2020 så var den potentiella risken för kväveläckage mycket stor. Vid provtagningen i början på december så innehöll jordprofilen 0-90 cm 116 kg NO₃-N/ha. (Figur 46).

Försöket upprepades hösten 2021, men då höstplöjdes inte ledet utan mellangröda (svart jord) och då blev den potentiella risken för kväveläckage liten. Vid provtagning av N-min den 18 november 2021 innehöll jordprofilen 0-60 cm ca 20 kg NO₃-N/ha (Figur 53). Detta kan jämföras med 100 kg NO₃-N/ha i djupet 0-60 cm när höstplöjning utfördes i mitten av november 2020 (Figur 46).



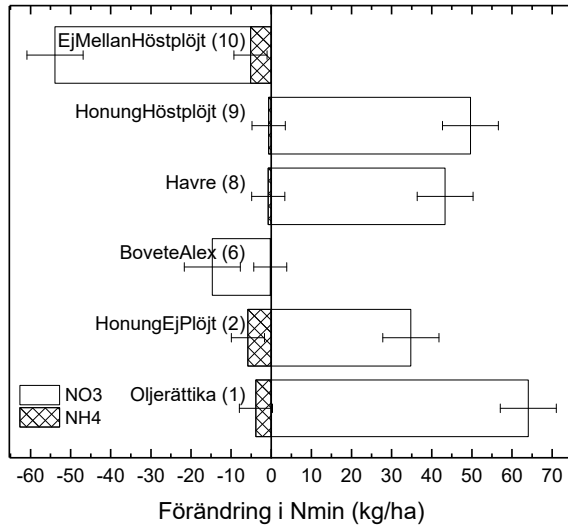
Figur 46. Mängden mineraliserat kväve, N-min (NH₄-N och NO₃-N) kg/ha i jordprofilen (0-30, 30-60, 60-90 cm) på Lönnstorp i december 2020 efter olika mellangrödor med förfrukten fältkrassing (*Lepidium*), som plöjdes ner sensommaren 2020. Höstplöjning i led 9 och 10 den 12 nov, dvs. i god tid före jordprovtagningen i 2 dec. Övriga led oplöjda i enlighet med strip-till-systemet.



Figur 47. Mängden mineraliserat kväve, N-min (NH₄-N och NO₃-N) kg/ha i jordprofilen (0-30, 30-60, 60-90 cm) på Lönnstorp, den 24 mars 2021. Led 9 och 10 plöjda den 12 nov 2020, övriga led oplöjda i enlighet med strip-till-systemet.

Baserat på data från figur 46 och 47, så visas i figur 48, att alla mellangrödor är bättre än kontrollen (plöjd svart jord utan mellangröda, led 10) på att behålla N-min, i jordprofilen 0-90 cm, från början av december 2020 till slutet av mars 2021. N-min-förlusten i kontrollen är i ca 54 kg/ha, varav ca 50 kg/ha är NO₃-N. Även i ledet med bovete + alexandrinerklöver minskar N-min-innehållet, och här med ca 15 kg NO₃-N/ha. Övriga mellangrödor ökar sitt N-min-innehåll med 30 - 60 kg/ha och hela ökningen består av NO₃-N. Tyvärr hamnar nästan hela denna mängd NO₃-N i skiktet 30-90 cm, för alla mellangrödor, förutom för oljerättika, där ökningen till största del sker i matjordslagret, dvs. i skiktet 0-30 cm.

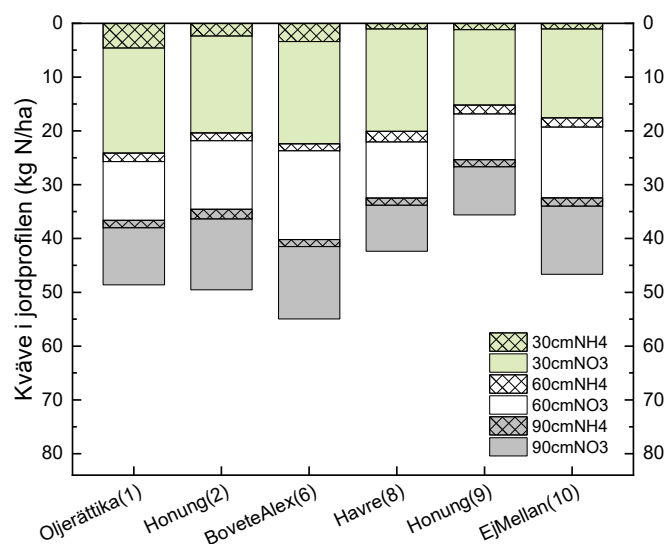
Från hösten 2020 till våren 2021 så var skillnaden i mängden N-min i de två plöjda leden 103 kg N-min/ha. I det plöjda ledet med honungsört så ökade N-min med 49 kg/ha från höst till vår. Medan i ledet med svart jord utan mellangröda så minskade mängden N-min med 54 kg/ha i jordprofilen 0-90 cm. Mängden ovanjordisk biomassa från honungsörten var ca 2100 kg TS/ha och resulterade enligt ovan i 103 kg extra N-min/ha. Detta leder till att det behövdes 20 kg TS/ha honungsört för att på våren ge 1 kg N-min/ha på Lönnstorps jord med 22 % i lerhalt.



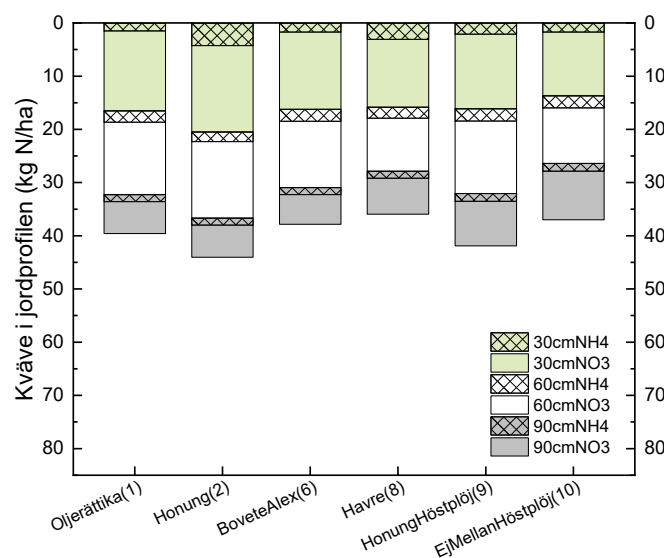
Figur 48. Förändring i markens NH₄-N och NO₃-N (kg/ha) ±S.E. på djupet 0-90 cm, från 2 dec 2020 till 24 mars 2021, på Lönnstorp.

Kväve i jordprofilen efter mellangrödor hösten 2020 - Skepparslöv

I Skepparslöv var det i början av december 2020 inga större skillnader i mängden N-min i jordprofilen, 0-90 cm, varken mellan mellangrödorna i strip-till-systemet eller när de jämfördes med den vid denna tidpunkt oplöjda kontrollen utan mellangröda. Den största mängden N-min vid denna tidpunkt fanns i ledet med bovete + alexandrinerklöver (ca 55 kg/ha) medan de andra leden med mellangrödor låg i intervallet 35-50 kg/ha. (Figur 49).



Figur 49. Mängden mineraliserat kväve, N-min ($\text{NH}_4\text{-N}$ och $\text{NO}_3\text{-N}$) kg/ha i jordprofilen (0-30, 30-60, 60-90 cm) i den 1 december 2020 efter förfrukten vårkorn, där försöksfältet med vårkorn plöjdes sensommaren 2020, inför sådden av mellangrödorna på Skepparslöv. Plöjning av led 9 och led 10, 2020-12-07, och övriga led förblev oplöjda i enlighet med strip-till-systemet. (Här borde led 2 och led 9, båda med honungsort, ligga på samma N-min-nivå, de har ju fått samma behandling fram till jordprovtagningen den 1 dec 2020.)



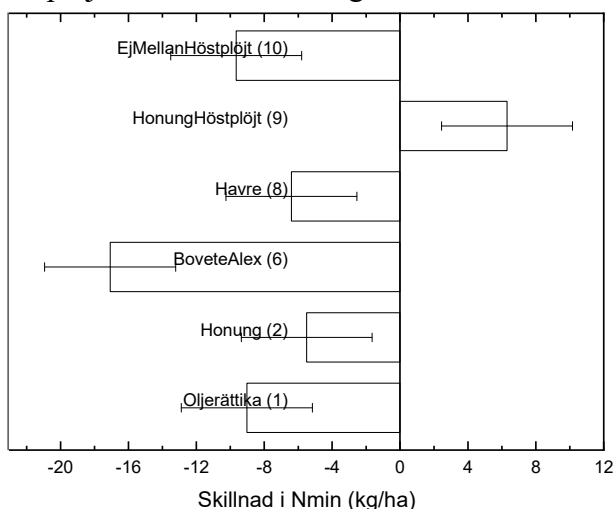
Figur 50. Mängden mineraliserat kväve, N-min ($\text{NH}_4\text{-N}$ och $\text{NO}_3\text{-N}$) kg/ha i jordprofilen (0-30, 30-60, 60-90 cm) den 1 april 2021 på Skepparslöv. Led 9 och led 10 plöjdes, 2020-12-07, och övriga led förblev oplöjda, i enlighet med strip-till-systemet.

I figur 50 framgår att mängden N-min i jordprofilen 0-90 cm våren 2021 ligger i intervallet 35-45 kg/ha, dvs på ungefär samma nivå som på hösten 2020. Baserat på data från figur 49 och 50 så framgår det i figur 51 att endast en mellangröda, den i december nerplöjda honungsorten, är bättre än kontrollen med plöjd mark utan mellangröda (svart jord) på att behålla mineraliserat kväve N-min, i jordprofilen 0-90 cm, från 2020 till 2021. N-min-förlusten för kontrollen är i medeltal ca 10 kg/ha och i intervallet 6 till 16 kg N-min/ha för mellangrödorna i strip-till-systemet: oljerättika, honungsort, bovete + alexandrinerklöver och

havre. Den nerplöjda honungsörten ökade mängden kväve i jordprofilen med ca 6 kg NO₃-N/ha från december 2020 till tidig vår 2021 i skiktet 30-60 cm.

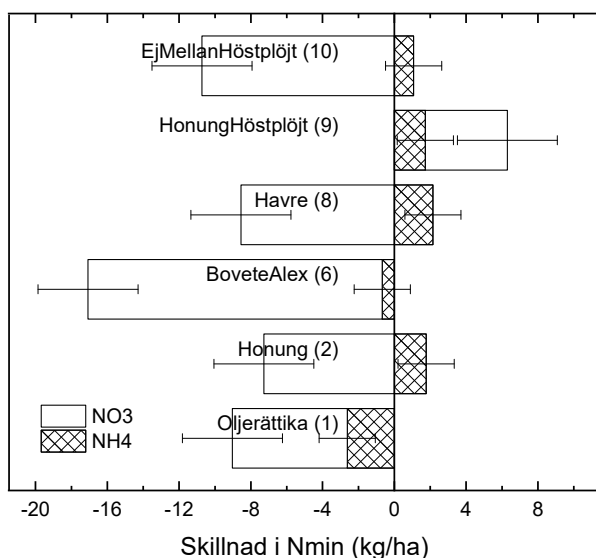
Den minskade mängden N-min i markprofilen från hösten 2020 till våren 2021 på Skepparslöv (Figur 51) beror troligen till stor del på mellangrödornas låga tillväxt hösten 2020 (se Figur 20). Mellangrödornas tillväxt var så låg att vi inte tog några handskördade biomassaprover. Året därpå var mellangrödornas tillväxt högre, 0,7-0,9 ton TS/ha på Skepparslöv. Den var ändå relativt låg jämfört med den på Lönnstorp hösten 2020 och 2021.

Förändringen i N-min från 1 dec. 2020 till 1 april 2021 leder till en minskad mängd N-min i markprofilen, 0-90 cm djup i alla led. Minskningen är 5 till 17 kg N-min/ha, med undantag av det plöjda ledet med honungsört som ökade med 6 kg N-min/ha (Figur 51).



Figur 51. Förändring i markens N-min (kg/ha) ±S.E. på 0-90 cm djup, på Skepparslöv, från 1 dec. 2020 till 1 april 2021.

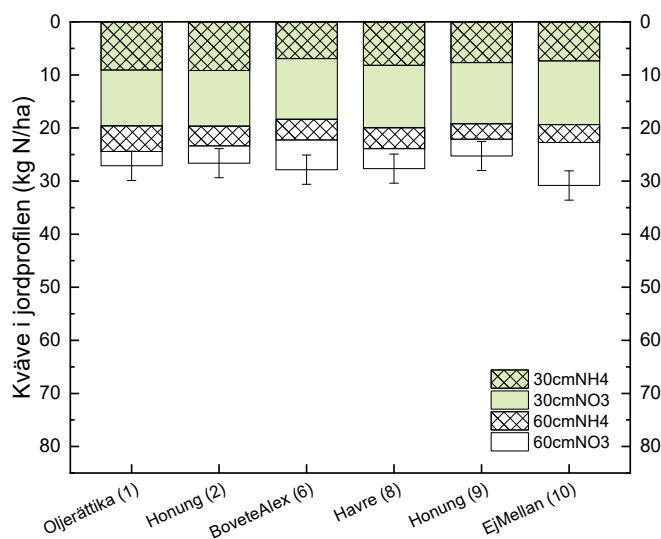
Baserat på data från figur 49 och 50, så har N-min delats upp i de två ingående ”delarna” NH₄-N och NO₃-N, i figur 52. Här går det att utläsa att det främst har skett en minskning eller en förlust av det lättrorliga NO₃-N, från senhösten till tidig vår. För NH₄-N är det ingen större förändring mellan de två tidpunkterna, tre led; nerplöjd honungsört samt honungsört och havre i strip-till, har ökat innehållet av NH₄-N, med ca 2 kg/ha, medan oljerättika och bovete + alexandrinerklöver har minskat innehållet med ca 3 resp. ca 1 kg/ha.



Figur 52. Förändring i markens (NH₄-N och NO₃-N) (kg/ha) ±S.E. på 0-90 cm djup, på Skepparslöv, från 1 dec. 2020 till 1 april 2021.

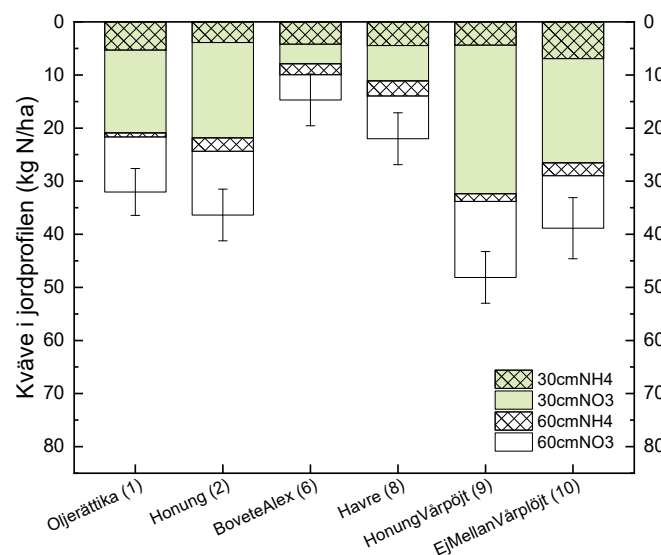
Kväve i jordprofilen efter mellangrödor hösten 2021 - Lönnstorp

På Lönnstorp under november 2021 var det ingen signifikant skillnad i mineraliserat kväve (N-min) i jordprofilen 0 till 60 cm mellan de olika försöksleden. Mängden N-min låg mellan 25 och 31 kg/ha på detta djup (Figur 53). Om mängden N-min delas upp i NO₃-N och NH₄-N, så var det mellan 13 och 20 kg NO₃-N/ha resp. 11 och 14 kg NH₄-N/ha på samma djup.



Figur 53. Mängden mineraliserat kväve, N-min (NH₄-N och NO₃-N) kg/ha i jordprofilen (0-30, 30-60 cm) den 18 nov. 2021 efter förfrukten vårkorn. Förfrukten plöjdes strax före sådden (2021-08-23) av mellangrödorna på Lönnstorp. Led 2 och led 9, båda med honungsört, hade vid denna avläsning (18/11) fått samma behandling. (Led 9 och led 10 vårplöjdes den 20 april 2022, övriga led förblev oplöjda i enlighet med strip-till-systemet).

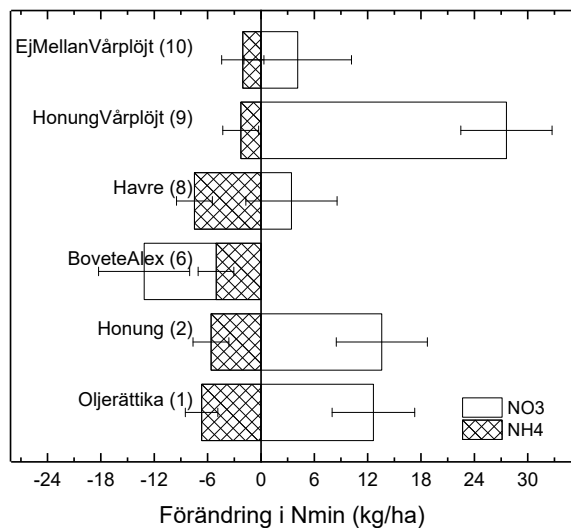
I maj hade det plöjda ledet med honungsört signifikant mer lättroligt NO₃-N i jordprofilen 0-60 cm (42 kg NO₃-N/ha), jämfört med bovete samodlat med alexandrinerklöver (10 kg NO₃-N/ha) och havre i renbestånd (18 kg NO₃-N/ha) (Figur 54). Det var dock ingen skillnad i NH₄-N mellan de olika försöksleden. Mängden NH₄-N låg mellan 6 och 8 kg/ha på detta djup.



Figur 54. Mängden mineraliserat kväve, N-min (NH₄-N och NO₃-N) kg/ha i jordprofilen (0-30, 30-60 cm) den 13 maj 2022 efter olika mellangrödor på Lönnstorp. Led 9 och led 10 vårplöjdes den 20 april 2022, övriga led förblev oplöjda i enlighet med strip-till-systemet.

I alla försöksled var det (på 0-60 cm djup) mer NO₃-N på våren 2022 jämfört med hösten 2021 med undantag av bovete i samodling med alexandrinerklöver. För NH₄-N var det i alla led en något mindre mängd NH₄-N på våren jämfört med hösten (Figur 55). När vi jämför skillnaden i mängden NO₃-N, på 0-60 cm djup, på våren jämfört med på hösten så hade det plöjda ledet med honungsört 28 kg mer NO₃-N/ha, havre 3 kg mer NO₃-N/ha och bovete i samodling med alexandrinerklöver 8 kg mindre mängd NO₃-N/ha.

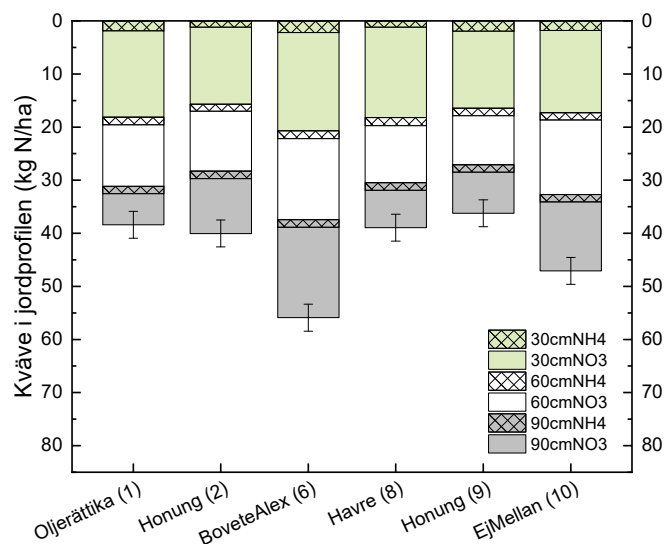
Från hösten 2021 till våren 2022, på Lönnstorp, så var mängden N-min i det vårplöjda ledet med honungört 23 kg större per ha jämfört med det vårplöjda ledet med obevuxen mark utan mellangröda. Mängden biomassa från honungsörten var ca 2100 kg TS/ha och resulterade i 23 kg extra N-min/ha (i jordprofilen 0-60 cm). Detta leder till att det behövdes 91 kg TS honungsört per ha för att på våren ge 1 kg N-min/ha på Lönnstorps jord med 11 % i lerhalt.



Figur 55. Förändring i markens (NH₄-N och NO₃-N) (kg/ha) ±S.E. på 0-60 cm djup, på Lönnstorp, från 18 nov. 2021 till 13 maj 2022.

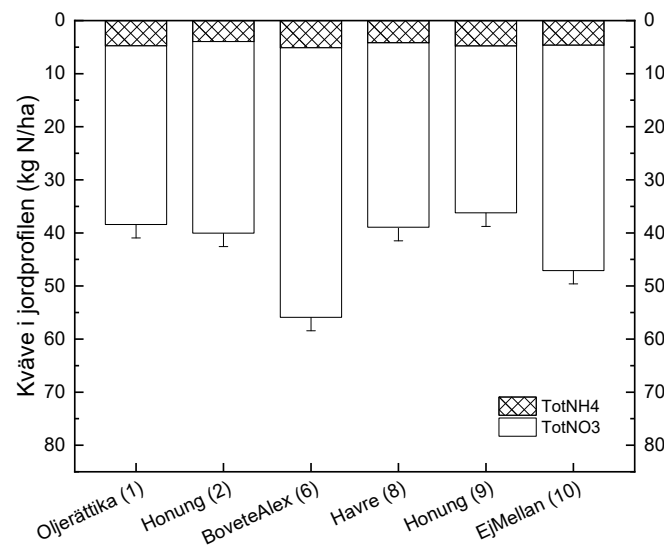
Kväve i jordprofilen efter mellangrödor hösten 2021 - Skepparslöv

När mängden N-min i jordprofilen, 0 - 90 cm, för åren 2021 (Figur 56) och 2020 (Figur 49) jämförs med varandra så framgår det i stort sett att alla mellangrödorna påverkar N-min på liknande sätt på senhösten, även om mängden N-min i medeltal är något lägre för 2021 jämfört med 2020.



Figur 56. Mängden mineraliserat kväve, N-min, (NH₄-N och NO₃-N) kg/ha i jordprofilen (0-30, 30-60, 60-90 cm) den 30 nov. 2021 på Skepparslöv. Led 2 och led 9, båda med honungsört, hade vid denna avläsning fått samma behandling. (Led 9 och led 10 plöjdes den 16 mars 2022, övriga led förblev oplöjda i enlighet med strip-till-systemet).

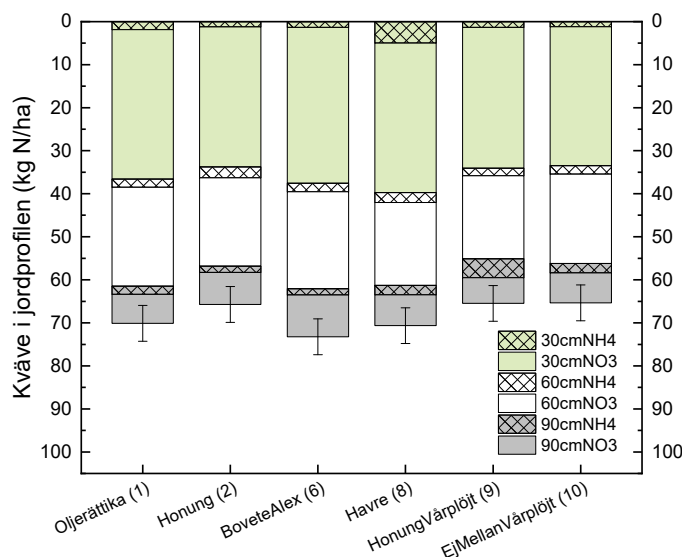
I figur 57 framgår det tydligt att det inte finns någon skillnad i mängden NH₄-N mellan de olika leden senhösten 2021, på djupet 0-90 cm. Dock finns det en skillnad i mängd NO₃-N mellan ledet med bovete + alexandrinerklöver och de övriga leden med mellangrödor samt kontrollen utan mellangröda (led 10). Den högre mängden 51 kg NO₃-N/ha i ledet med bovete + alexandrinerklöver, beror troligen på att bovetet hade frusit ned. Risken för N-läckage under vintern bör generellt vara stor i alla led, eftersom det finns 30-50 kg NO₃-N/ha i hela jordprofilen 0-90 cm.



Figur 57. Mängden mineraliserat kväve, N-min (NH₄-N och NO₃-N) kg/ha i jordprofilen (0-90 cm) den 30 nov. 2021 på Skepparslöv. Led 2 och led 9, båda med honungsört, hade vid denna avläsning fått samma behandling.

Vid vårprovtagningen i april fanns det, för alla provdjupen (0-30, 30-60, 60-90 och 0-90 cm), inga signifikanta skillnader mellan försöksleden i N-min, NH₄-N och NO₃-N. Ungefär halva mängden N-min fanns på 0-30 cm djup, medan andra halvan fanns på 30-90 cm (Figur 58).

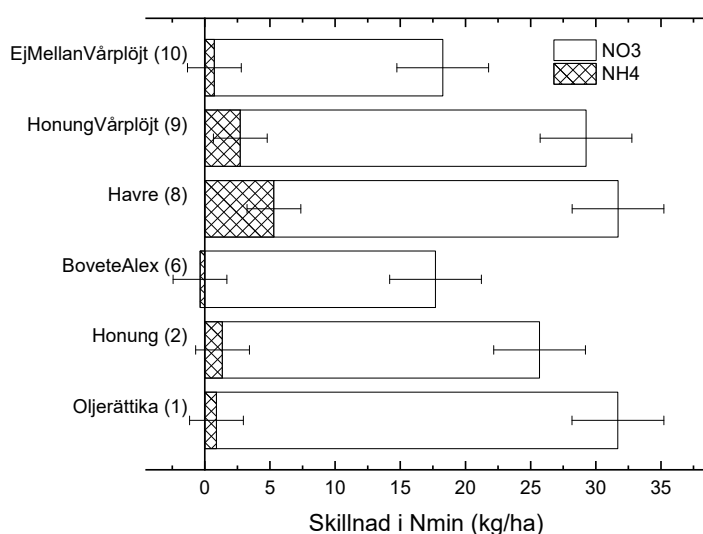
I hela jordprofilen (0-90 cm) var N-min fördelat på ca 9/10-delar i form av NO₃-N och ca 1/10-del i form av NH₄-N (Figur 58).



Figur 58. Mängden mineraliserat kväve, N-min, (NH₄-N och NO₃-N) kg/ha i jordprofilen (0-30, 30-60, 60-90 cm) 7 april 2022 på Skepparslöv.

Förändringen i N-min från 30 nov. 2021 till 7 april 2022 leder till en ökad mängd N-min i markprofilen med 17 till 32 kg N-min/ha (Figur 59). Detta kan ses som en positiv effekt av mellangrödan. Problemet är dock att hälften av denna kvävemängd ligger på djupet 30 till 90 cm i form av NO₃-N.

Från hösten 2021 till våren 2022 var mängden N-min i de plöjda odlingsystemen 11 kg N-min per ha större i ledet med honungsort jämfört med bar mark utan mellangröda på Skepparslöv. Mängden biomassa från honungsorten var ca 900 kg TS/ha och resulterade i 11 kg extra N-min/ha, i jordprofilen 0-90 cm. Detta leder till att det behövdes 82 kg TS honungsort per ha för att på våren ge 1 kg N-min/ha på Skepparslövs jord med 7 % i lerhalt.



Figur 59. Förändring i markens N-min (kg/ha) ±S.E. på 0-90 cm djup, på Skepparslöv, från 30 nov. 2021 till 7 april 2022.

Avslutande diskussion om mellangröda och risken för N-läckage till vatten och luft

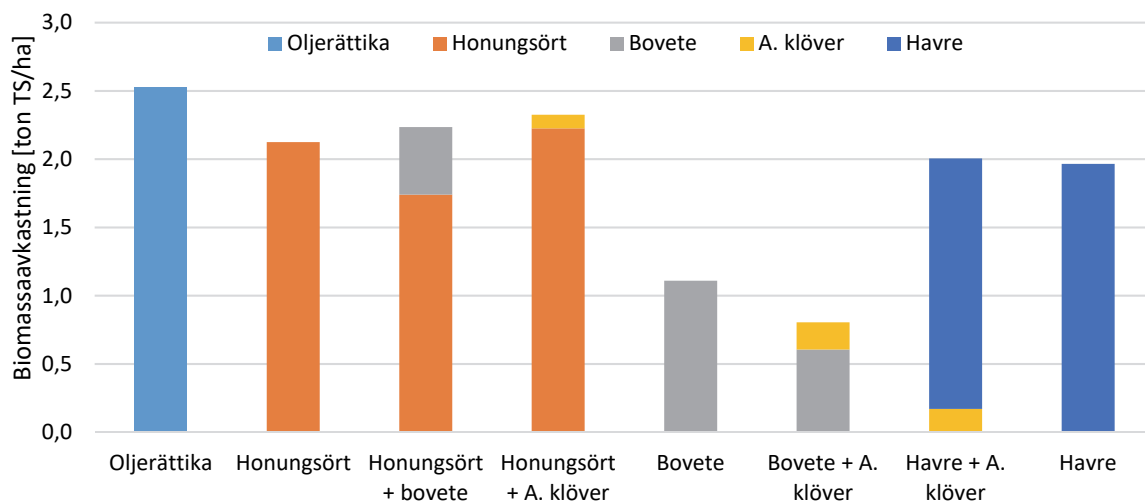
Norberg & Aronsson (2020) och Storr *et al.* (2021) menar att en frostkänslig mellangröda, som t.ex. oljerättika, ger en kontinuerlig tillförsel av växttillgängligt kväve till marken, när den färska omogna mellangrödan vissnar. De menar vidare att beroende på markfuktigheten och väderförhållandena under vintern, så kan det finnas risk för N-läckage från mellangrödans ovanjordiska biomassa, vilket indikerar att den i viss mån bara fördröjt kväveläckaget till omgivningen. Under dessa förhållanden finns det även en stor risk för lustgasbildning när den gröna biomassan omväxlande fryser och tinar (Olofsson & Ernfors, 2022).

Detta betonar även De Notaris *et al.* (2022) i sin studie rörande bortförsel av skörderester från åkrar med mellangrödor och frilandsgroänsaker. Risken för N-läckage från mellangrödor under vintern skulle troligen kunna minska om de skördas på senhösten, t.ex. som foder eller som biogassubstrat, enligt förslagen från bland annat Molinuevo-Salces *et al.* (2013 a och b), (Szerencsits *et al.*, 2015), Blanco-Canqui *et al.* (2020), Launay (2022), Levavasseur *et al.* (2023) samt Aronsson *et al.* (2023). Andrade Díaz *et al.* (2023) menar också att skörderester, som plöjs eller myllas ner i marken, kan resultera i negativ miljöpåverkan samtidigt som utvecklingen av bioekonomin hämmas. De kunde i sina studier visa på mycket stora besparingar av växthusgaser, när skörderester konverteras till drivmedel, i form av flytande biogas avsedd för fartyg, samt biogödsel.

Ett annat alternativ för att minska risken för kväveläckage och lustgasavgång från frodiga sommarmellangrödor (t.ex. oljerättika) under vinterhalvåret kan vara att byta ut sommarmellangrödan mot en vinternellangröda t.ex. höstråg, rågvete eller höstvetete. Detta koncept beskrivs bl.a. av Ayalew *et al.* (2018) och av Dahlgren (2023) som beskriver hur grönmassa från vinternellangrödan höstråg håller ogräset borta i en demoodling på Borgeby, hos HIR Skåne, under odlingsäsongen 2023.

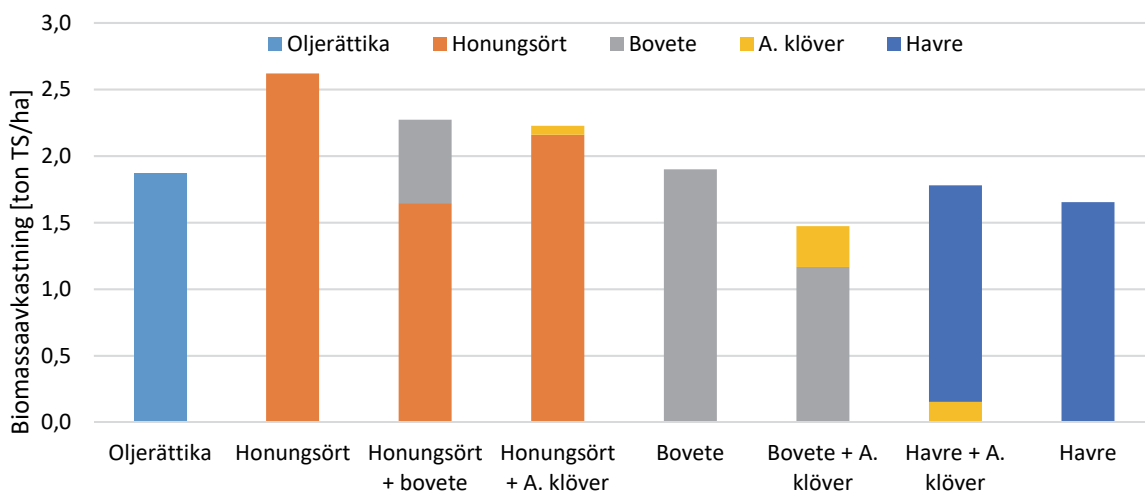
Biomassaavkastning från mellangrödorna hösten 2020

Mellangrödornas biomassaavkastning i oktober 2020 på Lönnstorp var 2-2,5 ton TS/ha för oljerättika, honungsört och havre i renbestånd eller i samodling (Figur 60). Bovete i renbestånd och bovete samodlad med alexandrinerklöver presterade betydligt lägre med bara 0,8-1,1 ton TS/ha. samodling av mellangrödor gav ingen större ökning av biomassaavkastningen jämfört med om de odlades i renbestånd, varken på Lönnstorp eller i Hög (Figur 60 och 61).



Figur 60. Biomassaavkastning [ton TS/ha] av mellangröda vid provtagningen den 19 oktober 2020, Lönnstorp.

Mellangrödornas biomassaavkastning i oktober 2020 i försöket i Hög var 1,5-2,5 ton TS/ha, för de flesta mellangrödorna i renbestånd eller i samodling (Figur 61). Bovete hade en bättre tillväxt jämfört med försöksplatsen på Lönnstorp, medan oljerättika hade ca 25 % lägre avkastning i Hög.

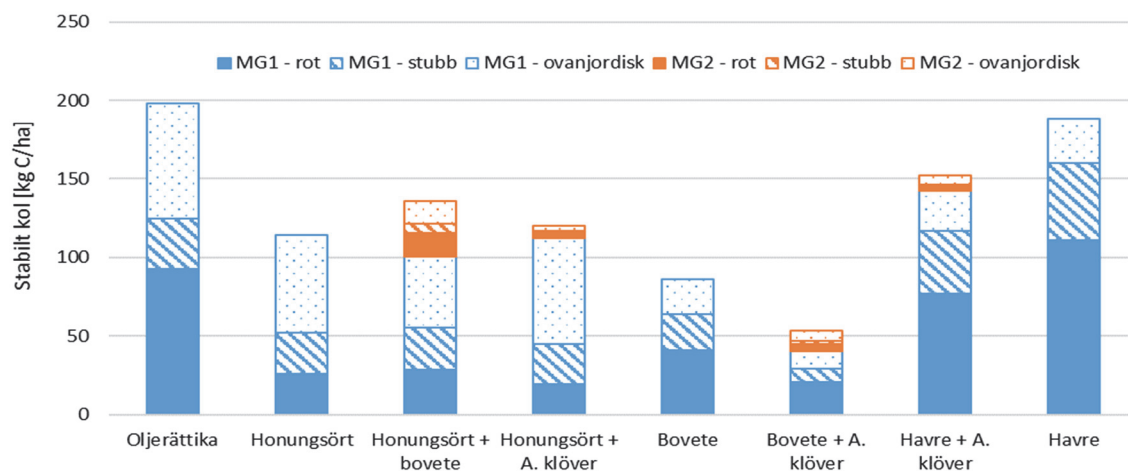


Figur 61. Biomassaavkastning [ton TS/ha] av mellangröda vid provtagningen den 22 oktober 2020, Hög.

Markkolsbidrag från mellangrödorna hösten 2020

För försöksplatsen Lönnstorp analyserades det potentiella markkolsbidraget från mellangrödorna. De bidrog med 53-198 kg stabilt kol per hektar (Fig. 62). Renodlad oljerättika och havre bidrog mest, 198 resp. 188 kg C/ha. Trots att biomassaavkastningen av honungssört (både i renbestånd och i samodling) var i samma nivå som oljerättika, blev markkolsbidraget betydligt lägre, 114-136 kg C/ha. Bovete bidrog minst, 53-86 kg C/ha. Alexandrinerklöver tillförde endast mycket små mängder av stabilt kol, mindre än 15 kg C/ha. För honungssört i renbestånd och i samodling, bidrog rotbiomassan med 19-32 % till markkolsbidraget. För de andra mellangrödorna bidrog rotbiomassan med ca 50 % till markkolsbidraget. Om den

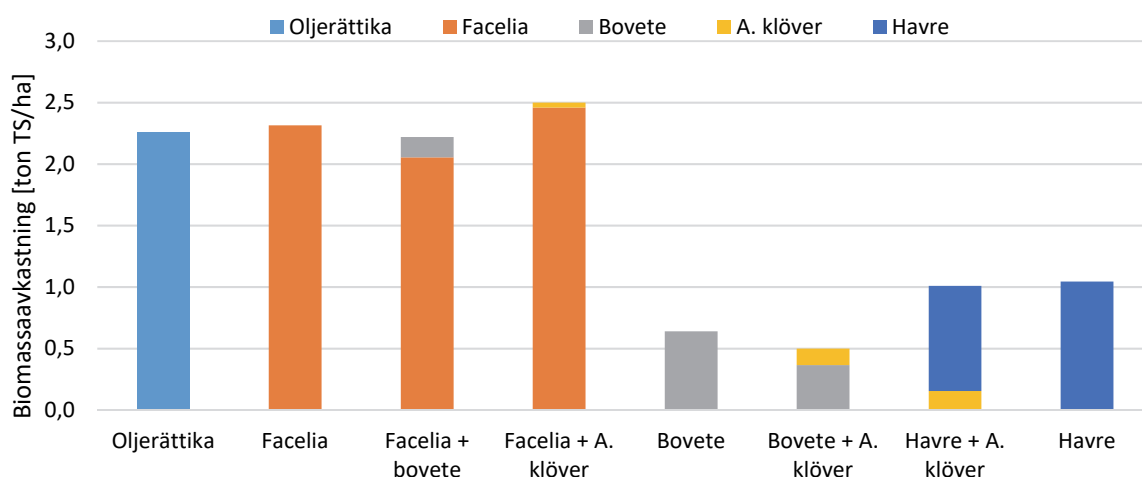
ovanjordiska biomassan skördas och bortförs kommer markkolsbidraget att minska något, dock återstår fortfarande 42-85 % av effekten, där lägst minskning fanns i havre resp. havre samodlad med alexandrinerklöver.



Figur 62. Bidrag av stabil kol [kg C/ha] baserat på data för biomassaproduktionen den 19 oktober 2020 och litteraturdata för markkolsstabiliseringskoefficienter, Lönnstorp.

Biomassaavkastning från mellangrödorna hösten 2021

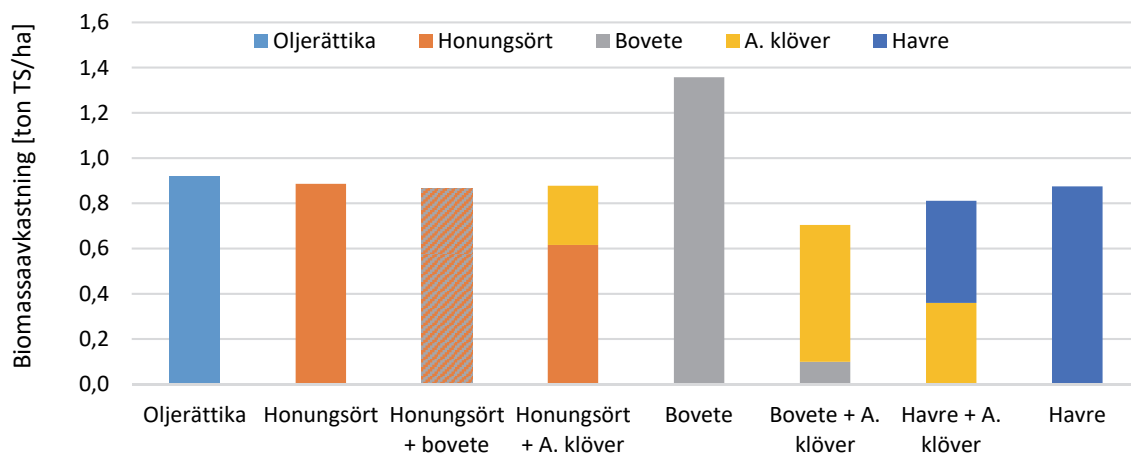
På Lönnstorp, i november 2021, var mellangrödornas biomassaavkastning 2,2-2,5 ton TS/ha för oljerättika och honungssört i renbestånd eller i samodling (Figur 63). Bovete och havre, både i renbestånd eller samodlad med alexandrinerklöver, gav betydligt lägre mängder biomassa 0,5-0,6 resp. 1 ton TS/ha. Samodling av mellangrödor resulterade bara i en marginell ökning eller även en minskning av biomassaavkastningen jämfört med om de odlades i renbestånd, på Lönnstorp och i Skepparslöv (Figur 63 och 64).



Figur 63. Biomassaavkastning [ton TS/ha] av mellangröda vid provtagningen den 9 november 2021, Lönnstorp.

På Skepparslöv, i november 2021, var mellangrödornas biomassaavkastning bara 0,7-0,9 ton TS/ha, för de flesta mellangrödorna i renbestånd eller i samodling (Figur 64). Bovete i renbestånd hade en något högre avkastning på 1,4 ton TS/ha, vilket även översteg avkastningen i försöket på Lönnstorp. Andelen bovete och honungssört i proverna där dessa

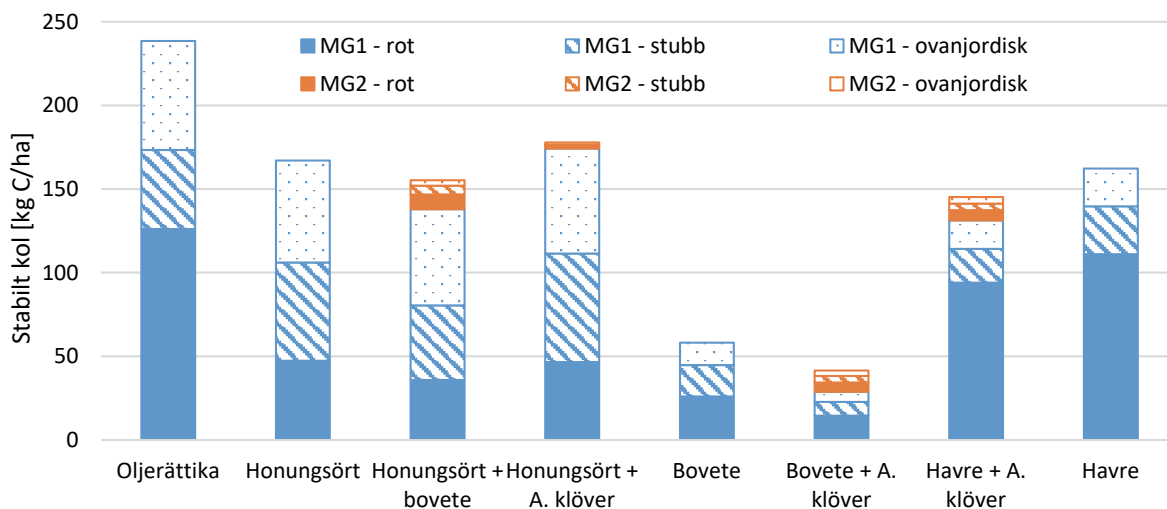
två grödor samodlades bestämdes tyvärr inte. Därför visas bara den totala biomassan. Oljerättika och honungssört hade dock en betydligt mindre biomassaavkastning, drygt hälften så stor, jämfört med försöksplatsen på Lönnstorp.



Figur 64. Biomassaavkastning [ton TS/ha] av mellangröda vid provtagningen den 25 november 2021, Skepparslöv.

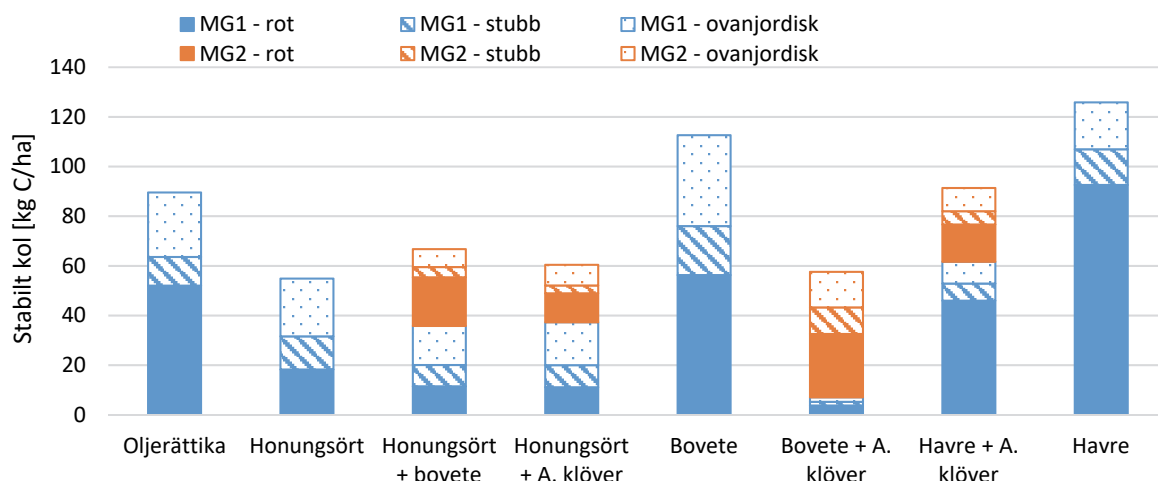
Markkolsbidrag från mellangrödorna hösten 2021

För försöksplatsen Lönnstorp analyserades det potentiella markkolsbidraget från mellangrödorna. De bidrog med 41-238 kg stabilt kol per hektar, där renodlad oljerättika bidrog mest (Figur 65). Trots att biomassaavkastningen av honungssört (både i renbestånd och i samodling) var i samma nivå som oljerättika, blev markkolsbidraget betydligt lägre, 155-178 kg C/ha. Bovete (både i renbestånd och i samodling) bidrog minst, 41-58 kg C/ha. Vid den sena provtagningstidpunkten hade bovetet redan mognat och börjat vissna, vilket kan förklara skillnaden med det något lägre bidraget jämfört med försöket året innan. Alexandrinerklöver tillförde endast mycket små mängder av stabilt kol, mindre än 11 kg C/ha. För honungssört i renbestånd och i samodling, bidrog rotbiomassan med 27-29 % till markkolsbidraget. För de andra mellangrödorna bidrog rotbiomassan med ca 45-68 % till markkolsbidraget. Om den ovanjordiska biomassan skördas och bortförs kommer markkolsbidraget att minska någon, dock återstår fortfarande 61-86 % av effekten, där lägst minskning fanns i havre resp. havre samodlad med alexandrinerklöver.



Figur 65. Bidrag av stabilt kol [kg C/ha] baserat på data för biomassaavkastningen den 9 november 2021 och litteraturdata för markkolsstabiliseringskoefficienter, Lönnstorp.

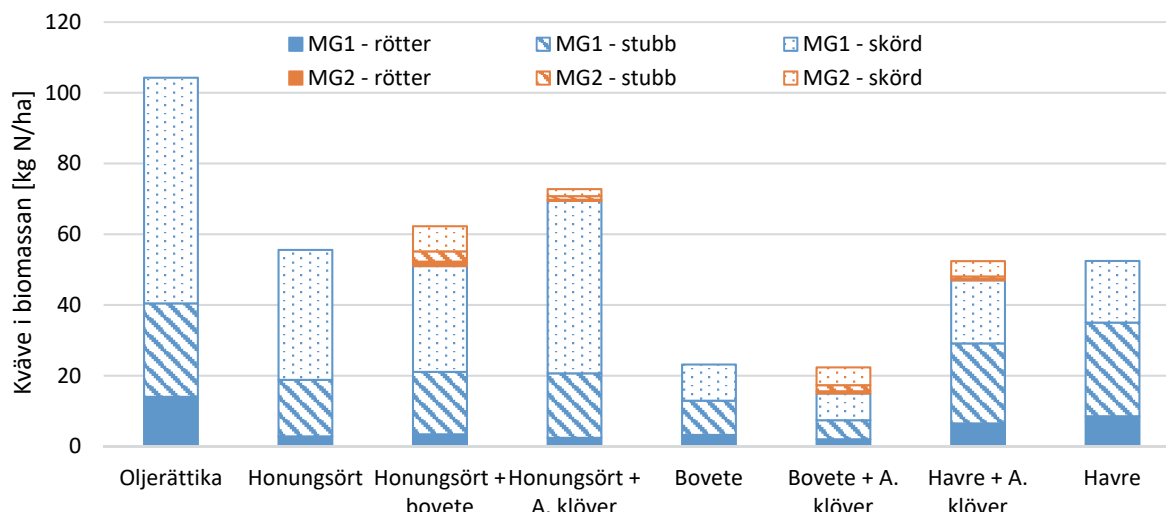
Analysen av markkolsbidraget för försöksplatsen Skepparslöv visade en annorlunda bild. Mellangrödorna bidrog med 55-126 kg stabilt kol per hektar, där renodlad havre och bovete bidrog mest, 113-126 kg stabilt kol per hektar (Figur 66). Trots att biomassaavkastningen av honungsört i renbestånd var i samma nivå som oljerättika, blev markkolsbidraget betydligt lägre, 55 kg C/ha jämfört med 90 kg C/ha för oljerättika. Bovete i samodling med alexandrinerklöver och honungsört i renbestånd bidrog minst, 55-58 kg C/ha. Alexandrinerklöver i samodling med havre och honungsört tillförde betydligt större andelar och absoluta mängder av stabilt kol, runt 23-30 kg/ha och i samodling med bovete hela 51 kg/ha. För honungsört i renbestånd och i samodling med alexandrinerklöver, bidrog rotbiomassan med 33-38 % till markkolsbidraget. För de andra mellangrödorna bidrog rotbiomassan med ca 50-75 % till markkolsbidraget. Om den ovanjordiska biomassan skördas och bortförs kommer markkolsbidraget att minska något, dock återstår fortfarande 58-85 % av effekten, där lägst minskning fanns i havre resp. havre samodlad med alexandrinerklöver.



Figur 66. Bidrag av stabil kol [kg C/ha] baserat på data för biomassaproduktionen den 25 november 2021 och litteraturdata för markkolsstabiliseringskoefficienter, Skepparslöv. Observera att för samodlad honungsört och bovete antogs att förhållandet av den ovanjordiska biomassan vara honungsört:bovete 2:1, baserat på en okulär bedömning.

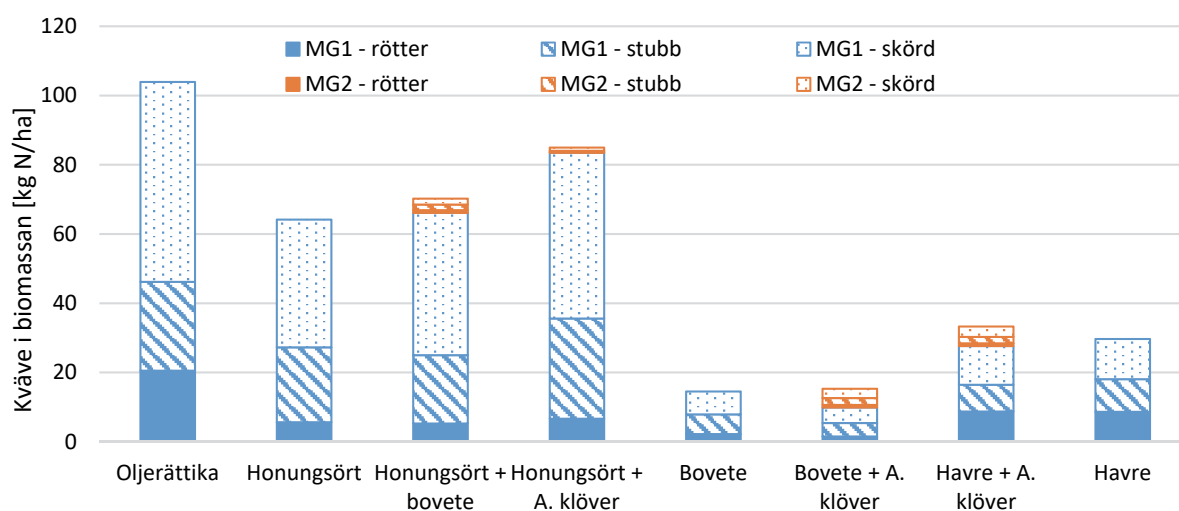
Kväveupptag i mellangrödorna

Kväveupptaget i mellangrödornas biomassa varierade stort mellan 22-104 kg N per hektar (Figur 67). Oljerättika lagrade in överlägset mest kväve. Honungsört och havre i renbestånd och samodlade lagrade in 52-73 kg N/ha. Bovete i renbestånd och i samodling med alexandrinerklöver lagrade in bara 22-23 kg N/ha. Baljväxterna bidrog med väldigt lite kväveupptag, bara 3-7 kg N/ha.



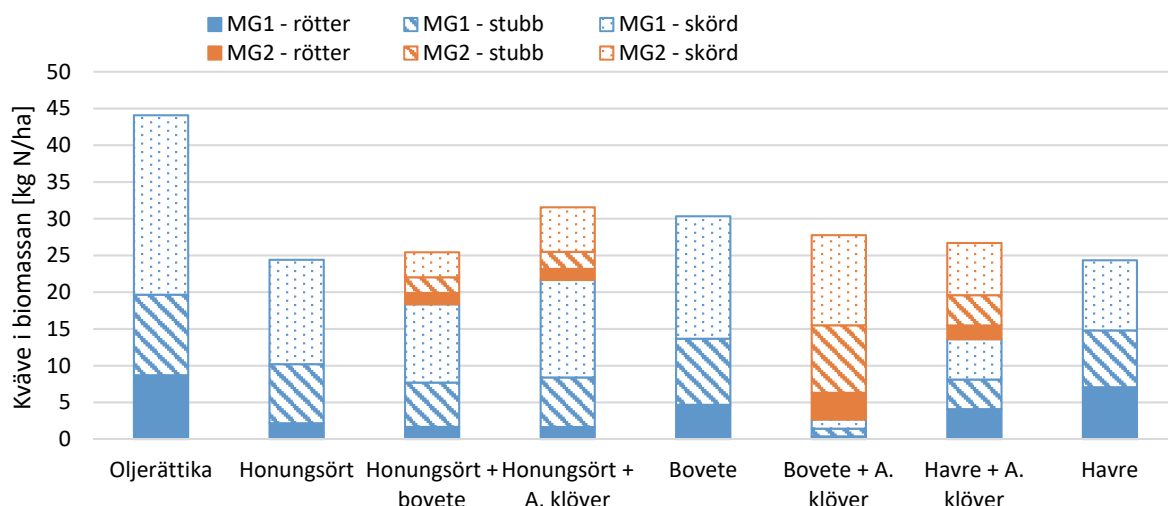
Figur 67. Kväveupptag [kg N/ha] av mellangröda vid provtagningen den 19 oktober 2020, Lönstorp.

Fältförsöket i Lönstorp, 2021, gav mycket liknade resultat (Figur 68). Oljerättika lagrade in mest kväve, över 100 kg N/ha. Honungsörten i renbestånd och i samodling kunde lagra in betydligt mer kväve, 64-85 kg N/ha, jämfört med resultaten från Lönstorp, 2020. Havre i renbestånd och i samodling kunde lagra in betydligt mindre kväve, 30 kg N/ha, jämfört med resultaten från Lönstorp, 2020. Baljväxterna bidrog med väldigt lite kväveupptag, bara 1-6 kg N/ha.



Figur 68. Kväveupptag [kg N/ha] av mellangrödorna vid provtagningen den 9 november 2021, Lönstorp.

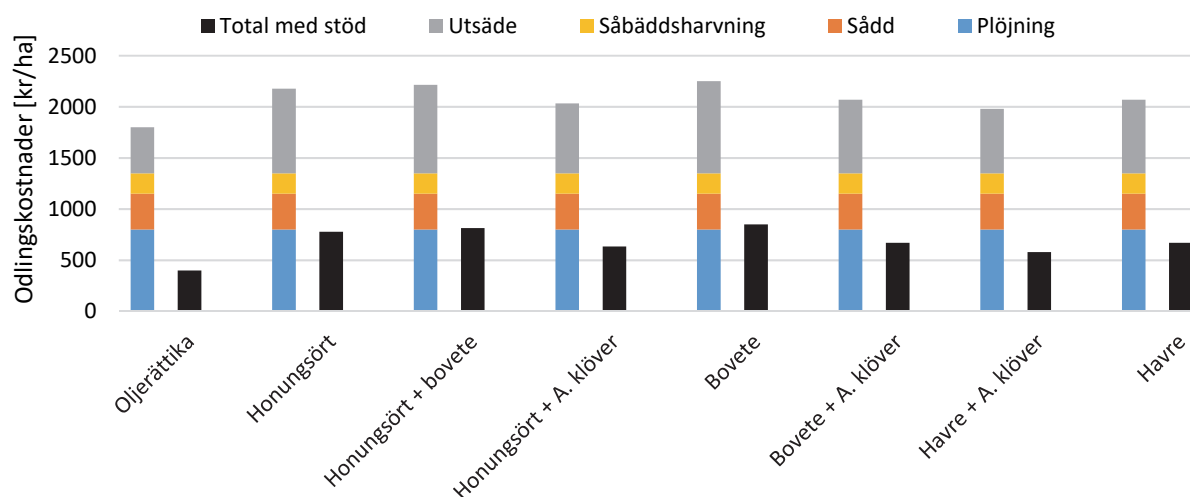
Fältförsöket i Skepparslöv, 2021, gav betydligt lägre kväveupptag jämfört med det i Lönstorp 2020 och 2021 (Figur 69). Oljerättika lagrade fortfarande in mest kväve, dock bara hälften av det jämfört med Lönstorp, 44 kg N/ha. Även honungsörten i renbestånd och i samodling lagrade bara hälften jämfört med Lönstorp 2020 och 2021. Skillnaden mot Lönstorp var mindre för havre i renbestånd och i samodling. Bovete i renbestånd och i samodling lagrade dock in mer kväve jämfört med Lönstorp 2020 och 2021, 28-30 kg N/ha. Baljväxterna bidrog med ett betydligt högre kväveupptag jämfört med Lönstorp 2020 och 2021, 10-25 kg N/ha.



Figur 69. Kväveupptag [kg N/ha] av mellangrödorna vid provtagningen den 25 november 2021, Skepparslöv. Observera att för samodlad honungssört och bovete antogs att förhållandet av den ovanjordiska biomassan vara honungssört:bovete 2:1, baserat på en okulär bedömning.

Ekonomisk analys

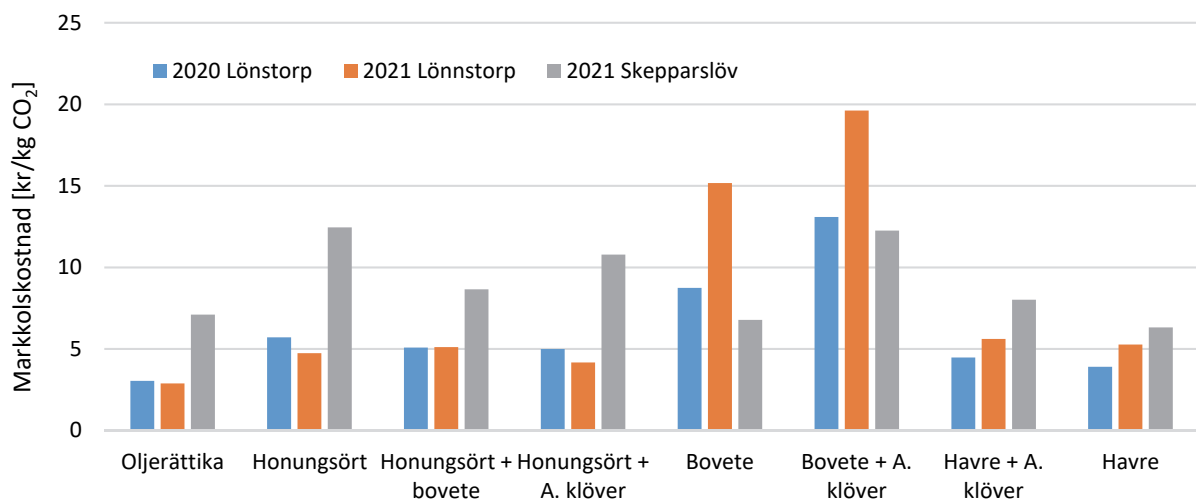
Odlingskostnaderna varierade mellan 1800-2250 kr/ha (Figur 70). Vi utgick ifrån att maskininsatserna var samma för alla mellangrödor. Skillnaderna mellan de olika mellangrödorna baseras alltså bara på skillnaderna i utsädeskostnader som varierade från 450-900 kr/ha. Med ett markkolsstöd på 1300 kr/ha, som motsvarar stödet för mellangrödor under 2023 (omräknat från 128 €/ha), blev den totala etableringskostnaden 400-850 kr/ha. Oljerättika hade med marginal lägsta kostnader, 400 kr/ha, följt av havre och honungssört samodlade med alexandrinerklöver, 580 respektive 634 kr/ha. Bovete i renbestånd och samodlat med honungssört blev dyrast med 850 respektive 814 kr/ha.



Figur 70. Odlingskostnader utan och med markkolsstödet på 1300 kr/ha.

För odlingsplatsen i Lönnstorp var kostnaden (utan stöd) för markkolsinlagring lägst för oljerättika, havre och havre samodlad med alexandrinerklöver, 2,1-3,7 kr/kg undviken CO₂ utsläpp (Figur 71), eller 7,5-13,6 kr/kg stabil markkolsinlagring (visas inte). Även honungssört och blandningar med honungssört hade relativt låg kostnad, 3,1-5,2 kr/kg undviken emission av CO₂. Bovete och bovete i samodling med alexandrinerklöver hade betydligt högre

kostnader för markkolsseffekten, 7,1-13,6 kr/kg undviken emission av CO₂, pga. av dyrt utsäde och relativt lågt bidrag till markkolsseffekten. För odlingsplatsen Skepparslöv var det havre som hade lägst kostnad för markkolsinlagring, 4,5 kr/kg undviken CO₂ utsläpp, vilket var dock mer än det dubbla jämfört med det alternativet med de lägsta kostnaderna i Lönnstorp, oljerättika. Även kostnaden för oljerättika var mer än dubbelt så hög jämfört med kostnaderna i Lönnstorp, 2020 och 2021. Det enda alternativet som blev billigare i Skepparslöv jämfört med Lönnstorp var bovete i renbestånd och i samodling med alexandrinerklöver som hade stor biomassa och högt markkolsbidrag. Med det aktuella stödet för odling av mellangröda på 1300 kr/ha inräknat ligger kostnaderna för mellangrödor på 2,1-4,7 kr/kg stabil kol, eller 0,6-1,3 kr/kg CO₂ som bundits i marken (inte visat).



Figur 71. Kostnad för markkolsinlagring (utan stöd) för de undersökta mellangrödorna per enhet av undvikna växthusgasemissioner [kr/kg CO₂] baserat på resultaten från Lönnstorp 2020-2021 och Skepparslöv 2021.

Diskussion om markkolsseffekt och markkolskostnader

Med rätt val av mellangröda, t.ex. oljerättika, honungssört eller havre, kunde en markkolsseffekt på 90-200 kg/ha stabilt kol (C) uppnås under försöken 2020 och 2021. Det är något mer än i andra studier med en liknade så- och provtagningstidpunkt, där 100-140 kg/ha stabilt C uppnåddes (Hansson *et al.*, 2021; Prade *et al.*, 2022).

Oljerättika, honungssört och havre i renbestånd eller samodlade med en baljväxt har som mellangrödor levererat över 100 kg/ha stabilt kol i Lönnstorp. Havre har därmed visat sig vara ett intressant alternativ till oljerättika som behöver undvikas i växtföljder där raps eller andra kålväxter ingår. Dock har resultaten inte varit konsistenta för alla försöksplatser. I Skepparslöv bidrog havre med betydligt mindre markkolsseffekt, bara runt 30 kg C/ha.

Bovetet hade mycket varierande avkastningsnivåer. Det är en mycket tidigt mognande mellangröda och då kan markkolsbidraget underskattas om provtagningen sker efter att bovetet har börjat vissna. Under liknande förutsättningar kunde bovete bidra med betydligt mer till markkolsseffekten när den etablerades tidigare, i slutet av juli. Då bidrog bovetet med 100-250 kg/ha stabilt C i september till november (Hansson *et al.*, 2021; Prade *et al.*, 2022). Det var bara i Skepparslöv som åtminstone 100 kg C/ha uppnåddes 2021. På grund av dess frostkänslighet är bovetet mindre lämpligt för en sen etablering, dvs. efter mitten eller slutet av augusti.

Även ekonomisk sticker bovete ut som en mellangröda med relativt höga utsädeskostnader per hektar, vilket driver upp kostnaderna för kolinlagring betydligt. För mellangrödorna som levererade mer än 130 kg/ha stabilt C var kolinlagringskostnaden utan stöd inräknat 7,5–16,3 kr/kg stabilt kol, eller 2,1–4,4 kr/kg CO₂ som bundits i marken. Med stödet på 1300 kr/ha för mellangrödor inräknat, blev kolinlagringskostnaden 2,1–6,7 kr/kg stabilt kol, eller 0,6–1,8 kr/kg CO₂ som bundits i marken. Kostnaderna för kolinlagring i marken via mellangrödor ligger därmed delvis lägre jämfört med koldioxidskatten som för närvarande ligger på 1,15 kr/kg CO₂. Det är dock så att kolinlagringen även kan bidra till ökade skördar, minskat växtnäingsbehov och en fortsatt hög eller ökad markbördighet. Det senare är en grundförutsättning för hållbar livsmedelsproduktion och speciellt viktig när t.ex. spannmålsdominerade växtföljder tillämpas, vilket kan leda till en kontinuerlig reduktion av markens mullhalt. Spannmålsdominerade växtföljder är vanligt förekommande på Götalands södra och norra slättbygder (Björnsson *et al.*, 2016a).

Referenser

- Ahlqvist, A (2019) Summer cover crops after harvest of early potatoes control seed weeds. Sommarmellangrödor etablerade efter färskpotatis kontrollerar fröogräs. Master's Thesis Project in Horticultural Science. SLU, Alnarp. 54 p. [Länk](#)
- Andersson, Per (2022). Personligt meddelande Olsons frö, Helsingborg.
- Andrade Díaz, C., Zamora-Ledezma, E., Hamelin, L. (2023) To harvest or not? Tradeoffs between SOC maintenance and overall environmental performance of harvesting crop residues for the bioeconomy. [10.21203/rs.3.rs-3093300/v1](#)
- Aronsson, H., Ernfors, M., Kätterer, T., Bolinder, M., Svensson, SE., Hansson, D., Prade, T., Bergkvist, G. (2023) Mellangrödor i växtföljden – för kolinlagring och effektivt kväveutnyttjande. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. (Ekohydrologi, 179)
- Ayalew H, Kumssa TT, Butler TJ & Ma X-F (2018) Triticale Improvement for Forage and Cover Crop Uses in the Southern Great Plains of the United States. *Front. Plant Sci.* 9:1130. doi: 10.3389/fpls.2018.01130
- Blanco-Canqui, H., S. J. Ruis, C. A. Proctor, C. F. Creech, M. E. Drewnoski and D. D. Redfearn (2020) "Harvesting cover crops for biofuel and livestock production: Another ecosystem service?" *Agronomy Journal* **112**(4): 2373-2400.
- Blanco-Canqui H, Shaver T M, Lindquist J L, Shapiro C A, Elmore R W, Francis C A & Hergert G W (2015) Cover Crops and Ecosystem Services: Insights from Studies in Temperate Soils. *Agronomy Journal* 107(6): 2449-2474.
- Bleeker P et al. (2007) New ways of sowing or planting onions for innovative intra-row weeders. 7th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control. S103 Salem, Germany.
- Björnsson, L., T. Prade and M. Lantz (2016a) Grass for biogas - Arable land as carbon sink. An environmental and economic assessment of carbon sequestration in arable land through introduction of grass for biogas production. Stockholm, Sweden, Energiforsk.
- Björnsson L., Prade T. & Lantz M. (2016b) Åkermark som kolsänka: En utvärdering av miljö- och kostnadseffekter av att inkludera gräsvall för biogas i spannmålsrika växtföljder. Miljö- och energisystem, LTH, Lunds universitet.
- Chaput J (1998) Management of Organic Soils. Factsheet. M.R. McDonald - Muck Research Station. Ministry of Agriculture, food and rural affairs. Toronto Ontario. Canada.
- Dabney S M, Delgado J A & Reeves D W (2001) Using winter cover crops to improve soil and water quality. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, 7 & 8 (32), pp. 1221-1250.
- Dabney S M, Delgado J A, Meisinger J J et al. (2010) Using cover crops and cropping systems for nitrogen management. *Advantages in Nitrogen Management*, Chapter 9. pp. 230-281. FAO (2019) Food and Agriculture Organization. [Link](#)
- Dahlgren H (2023) Grönmassa höll ogräset borta. [Grönmassa höll ogräset borta | ATL](#)
- De Notaris C, Abalos D, Mikkelsen M H & Olesen J E (2022). Potential for the adoption of measures to reduce N₂O emissions from crop residues in Denmark. *Science of the Total Environment*, 835, 155510. [Link](#)
- FAO (2019) Food and Agriculture Organization.
- Garland G, Edlinger A, Banerjee S et al. (2021) Crop cover is more important than rotational diversity for soil multifunctionality and cereal yields in European cropping systems. *Nature Food* 2(1):28-37. DOI: 10.1038/s43016-020-00210-8 [Link](#).
- Hallama M, Pekrun C, Lambers H, et al. (2019) Hidden miners – the roles of cover crops and soil microorganisms in phosphorus cycling through agroecosystems. *Plant Soil* 434: 7.
- Hansson D, Svensson S-E, Ascard J, Hanson M, Johansson O, Malmström J, Modig P, Wälstedt T, Ögren E (2015) Nya ogräsbekämpningsmetoder vid tidig etablering av radodlade grönsaker i ekologisk odling - Resultat från 2012-2014. New weed control

- methods in early establishment of row grown vegetables in organic production - Results from 2012-2014. LTV-fakultetens Rapportserie. SLU Alnarp. Rapport 2015:12, 81 s. ISBN 978-91-576-8902-3.
- Hansson D, Prade T, Tufvesson L, Svensson S-E (2017) Sommarmellangrödors ogräsbekämpande egenskaper – resultat från två fältförsök 2016. Inst. för biosystem och teknologi, SLU Alnarp. LTV-fakultetens Rapportserie. SLU Alnarp. Rapport 2017:20. 16s. ISBN 978-91-576-8951-1.
- Hansson D, Svensson S-E, Nilsson A, Andersson L (2017a) Bekämpningsstrategier med miniträda och avbrottsgrödor mot nattskatta och bågarnattskatta i en ekologisk växtföljd – Slutrapport till SLF för projekt H1356158. 10 s.
- Hansson D, Björkholm A-M & Svensson S-E (2017b) Integrerad ogräsbekämpning i sådd lök. SLU Alnarp. LTV-fakultetens faktablad 2017:36. 4s. [Link](#).
- Hansson D, Prade T, Tufvesson L & Svensson S-E (2018) Sommarmellangrödors ogräsbekämpande egenskaper – resultat från ett fältförsök 2017. Inst. för biosystem och teknologi, SLU Alnarp. September 2018. 16 s.
- Hansson, D., S.-E. Svensson and T. Prade (2021) Etableringstidpunktens inverkan på sommarmellangrödors ogräsbekämpande egenskaper, markkolsbidrag och potential som biogasråvara – fältförsök Norra Åsum 2018. Landskapsarkitektur, trädgård, växtproduktionsvetenskap: rapportserie. 2021:1. Alnarp, Biosystem och teknologi, Sveriges lantbruksuniversitet. [Länk](#)
- Hoepting C (2019) Expanding the use of Brassica cover crops in onion production. Cornell Cooperative Extension Vegetable Program. SARE. USA.
- Kätterer, T., M. A. Bolinder, O. Andrén, H. Kirchmann and L. Menichetti (2011) "Roots contribute more to refractory soil organic matter than above-ground crop residues, as revealed by a long-term field experiment." *Agriculture, Ecosystems & Environment* **141**(1–2): 184–192.
- Lagerquist E & Bergkvist G (2021) Halva ytan bearbetas - Odling utan tung jordbearbetning i ett system med radhackning och insådda mellangrödor. SLU Ekoforsk. [Link](#)
- Launay C, Houot S, Frédéric S, Girault R, Levvasseur F, Marsac S, Constantin J. (2022) Incorporating energy cover crops for biogas production into agricultural systems: benefits and environmental impacts. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 42: 57. DOI: 10.1007/s13593-022-00790-8.
- Levvasseur F, Kouakou PK, Constantin J, Cresson R, Ferchaud F, Girault R, Jean-Baptiste V, Lagrange H, Marsac S, Pellerin S, Houot S. (2023) 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.
- Ma S., He F, Tian D, Zou D, Yan Z, Yang Y, Zhou T, Huang K, Shen H and Fang J (2018). Variations and determinants of carbon content in plants: a global synthesis. *Biogeosciences* 15(3): 693-702. <https://doi.org/10.5194/bg-15-693-2018>.
- Molinuevo-Salces, B., S. U. Larsen, B. K. Ahring and H. Uellendahl (2013a) "Biogas production from catch crops: Evaluation of biomass yield and methane potential of catch crops in organic crop rotations." *Biomass and Bioenergy* **59**(0): 285-292.
- Molinuevo-Salces, B., S. U. Larsen, R. Biswas, B. K. Ahring and H. Uellendahl (2013b) Key factors for achieving profitable biogas production from agricultural waste and sustainable biomass. Recovering (bio) resources for the world: Proceedings of the 13th World Congress on Anaerobic Digestion, Santiago de Compostela, Spain, IWA.
- Morris NL*, Miller PCH, Orson JH and Froud-Williams RJ (2010) The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment—A review. *Soil & Tillage Research* 108, 1–15.
- Nielsen, O. (2022) Sukkerroer i andre omgivelser. *NBR Nordic Beet Research* (2) 8-9. [Länk](#)

- Norberg, L. and H. Aronsson (2020) "Effects of cover crops sown in autumn on N and P leaching." *Soil Use and Management* **36**(2): 200-211.
- Olsen P and Dubgaard A (2008) Sustainable agriculture and soil conservation. Case Study Report (WP2 findings) – Denmark. 33 p.
- Olofsson F & Ernfors M (2022) Frost killed cover crops induced high emissions of nitrous oxide. *Science of the Total Environment* **837** (2022) 155634.
- Peoples M B, Herridge D F & Ladha J K. (1995) Biological nitrogen fixation: an efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? *Plant Soil* **174**:3–28.
- Poepflau, C., T. Kätterer, M. A. Bolinder, G. Börjesson, A. Berti and E. Lugato (2015). Low stabilization of aboveground crop residue carbon in sandy soils of Swedish long-term experiments. *Geoderma* **237–238**(0): 246-255. [Link](#).
- Poepflau C, Don A (2015) Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis. *Review. Agri, Ecosy & Environ.* Volume 200, pp 33-41. [Link](#)
- Plaza A, Feliks Ceglarek, Barbara Gasiorowska, D. Buraczyńska (2012) Effect of undersown catch crops cultivated in conventional and organic farming systems on the mineral nitrogen content of soil determined in autumn and spring. January 2012 *Fresenius Environmental Bulletin* **21**(12):3966-3970.
- Prade, T., D. Hansson and S.-E. Svensson (2022) Etableringstidpunktens inverkan på sommarmellangrödors markkolsbidrag och ogräsbekämpande egenskaper - fältförsök på Helgegården 2019. *Landskapsarkitektur, trädgård, växtproduktionsvetenskap: rapportserie.* 2022:1. Alnarp, Biosystem och teknologi, Sveriges lantbruksuniversitet. [Länk](#)
- Shelton R E , Jacobsen K L & McCulley R L (2018) Nitrogen Loss in Organic and Conventional Conservation Agriculture Systems. *Frontiers in Plant Science*, Volume 8, 14 p. Article 2260. [Link](#)
- Storr, T., R. W. Simmons and J. A. Hannam (2021) "Using frost-sensitive cover crops for timely nitrogen mineralization and soil moisture management." *Soil Use and Management* **37**(3): 427-435.
- Sturm D J (2018) Cover cropping in integrated weed management. Dissertation. Faculty of Agricultural Sciences. University of Hohenheim. [Link](#)
- Szerencsits, M., C. Weinberger, M. Kuderna, F. Feichtinger, E. Erhart and S. Maier (2015) "Biogas from Cover Crops and Field Residues: Effects on Soil, Water, Climate and Ecological Footprint." *International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering* **9**(4): 413-416.
- Thorup-Kristensen K (1994) The effect of nitrogen catch crop species on the nitrogen nutrition of succeeding crops. *Fertilizer Research* **37**: 227-234.
- Wang K, McSorley R, Gallaher R N & Kokalis-Burelle N (2008) Cover crops and organic mulches for nematode weed and plant health management. *Nematology* **10**:231–242.
- Yorgey G, McGuire A (2018) Strip-tillage for onions and sweet corn. *Pacific Northwest Extension publications.* Washington State University. 14 p. [Link](#)