



Etableringstidpunktens inverkan på sommarmellangrödors markkolsbidrag och ogräsbekämpande egenskaper - fältförsök på Hellegården 2019

The impact of the establishment date on the soil carbon contribution and weed control properties of summer intermediate crops - field trial at Hellegården 2019

Thomas Prade, David Hansson och Sven-Erik Svensson



Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Landskapsarkitektur, trädgård, växtproduktionsvetenskap: rapportserie 2022:1

2022

Etableringstidpunktens inverkan på sommarmellangrödors markkolsbidrag och ogräsbekämpande egenskaper - fältförsök på Helgegården 2019

The impact of the establishment date on the soil carbon contribution and weed control properties of summer intermediate crops - field trial at Helgegården 2019

Thomas Prade Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för biosystem och teknologi

David Hansson Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för biosystem och teknologi

Sven-Erik Svensson Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för biosystem och teknologi

Utgivare: Sveriges lantbruksuniversitet, Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Utgivningsår: 2022

Utgivningsort: Alnarp

Illustration: © David Hansson

Serietitel: Landskapsarkitektur, trädgård, växtproduktionsvetenskap: rapportserie

Delnummer i serien: 2022:1

ISBN: 978-91-576-9003-6 (elektronisk)

978-91-576-9004-3 (tryckt)

Nyckelord: Etableringstidpunkt, mellangröda, samodling, baljväxt, markkol, markolssupplemen-
tation, kolinlagring, ogräs, ogräskontroll, mineraliserat kväve, skörd, biogassubstrat, fordonsgas, biogödsel, växthusgas, biodiversitet, ekosystemtjänster

Innehåll

Förord	5
Utökad sammanfattning	6
Short summary	11
Inledning.....	13
Bakgrund	13
Fortsatta försök med sommarmellangrödor under 2019 på Helgegården, Skepparslöv ..	15
Litteraturgenomgång	16
Material och metod.....	21
Fältförsök	21
Temperaturen under försöksperioden - 1 juli till 31 december 2019.....	23
Metod för ogräsinventering och grödans marktäckningsgrad.....	24
Provtagning - biomassaskörd	24
Provhantering	24
Analyser	24
Beräkningar	25
Uppskattning av markkolsbidrag	25
Provtagning av mineraliserat kväve, N-min, i jordprofilen 0-90 cm	25
Resultat.....	26
Biomassaavkastning och markkolsbidrag vid såtidpunkt nr 1 (11 juli).....	26
Provtagning 15 september.....	26
Provtagning 9 oktober	28
Provtagning 18 november	30
Biomassaavkastning och markkolsbidrag vid såtidpunkt nr 2 (29 juli).....	32
Provtagning 15 september.....	32
Provtagning 9 oktober	34
Provtagning 18 november	36
Biomassaavkastning och markkolsbidra vid såtidpunkt nr 3 (31 augusti).....	39
Provtagning 18 november	39
Biomassaavkastning och markkolsbidrag – sammanfattning	40
Ogräseffekt efter såtidpunkt nr 1 (11 juli).....	42
Ogräseffekt efter såtidpunkt nr 2 (29 juli).....	43
Ogräseffekt efter såtidpunkt nr 3 (31 augusti)	46
Sommarmellangrödornas effekt på N-min i jordprofilen i december 2019	47
Mellangrödornas potential för produktion av biogas	49

Mellangrödornas potential för reduktion av klimatgaser	50
Diskussion	52
Markkoleffekt	52
Ogräseffekt	53
Somarmellangrödornas biomassaproduktion och potential som biogassubstrat.....	54
Potentialen för växthusgasreduktion vid nedmyllning jämfört med biogasproduktion ...	55
Erfarenheter att etablera somarmellangrödor vid olika tidpunkter	55
Odlingsrekommendationer vid odling av mellangrödor för markkolsuppbyggnad	56
Odlingsrekommendationer vid odling av mellangrödor för ogräskonkurrens	56
Referenser.....	58

Förord

Denna rapport sammanfattar resultaten från projektet ”Etableringstidpunktens inverkan på sommarmellangrödors markkolsbidrag och ogräsbekämpande egenskaper” som finansierats av Jordbruksverket (Dnr. 4.1.18-17109/18) samt från projektet ”Strategi för hantering av sommarmellangrödors biomassa på hösten, som leder till hög kvävemängd i jordprofilen nästkommande vår” som finansierats av SLU Partnerskap Alnarp (PA 1021).

Syftet med projekten var att öka kunskapen om hur multifunktionella sommarmellangrödor kan integreras i ekologiska växtföljder med grönsaker, potatis och spannmål, för att förbättra odlingssystemets hållbarhet, bland annat genom en ökad markkolsuppbbyggnad, förbättrad ogräskontroll, förbättrad växtnäringens balans och förbättrad biodiversitet samt kunna bidra med biomassa för produktion av biogas och biogödsel.

Målet var att visa hur olika såtidpunkter för olika slag av sommarmellangrödor, odlade i renbestånd respektive i samodling med baljväxter, påverkar dess biomassatillväxt ovan och under jord, mellangrödornas ogräskonkurrerande förmåga, växtnäringens dynamiken, samt hur klimatgassituation och risken för växtnäringens läckage påverkas om mellangrödorna myllas ner i marken för maximal kolinlagring alternativt skördas för produktion av biogas och biogödsel.

Förhoppningen är att resultaten i denna rapport kommer att bidra till en bredare kunskapsbas för att formulera odlingsrekommendationer för sommarmellangrödor där bl. a. markkolsbidraget, ogräseffekten, växtnäringens dynamiken samt biomassans hantering och användning kan länkas till viktiga växtföljds- och hållbarhetsfrågor.

Vi vill rikta ett stort tack till Jordbruksverket och SLU Partnerskap Alnarp samt alla andra som har bidragit till att projektet kunnat genomföras och då främst till försöksgenomföraren Fredrik Persson, HS Skåne, Skepparslöv, Hortonom Ingvar Jonsson som ogräsavläsare, samt Olssons Frö i Helsingborg som tillhandahållit utsäde till försöket med de multifunktionella sommar-mellangrödorna.

Alnarp, januari 2022

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

Fotot på framsidan är taget av David Hansson, på Helgegården, 29 augusti 2019.

Utökad sammanfattning

Under 2019 genomfördes ett fältförsök på Helgegården, Skepparslöv, vid Kristianstad i nordöstra Skåne, för att studera hur etableringstidpunkten hos multifunktionella sommarmellangrödor, integrerade i ekologiska växtföljder med grönsaker, potatis och spannmål, påverkar markkolsupbyggnaden, ogräskontrollen, växtnärbalansen och produktionen av biomassa, t.ex. för produktion av biogas och biogödsel eller som foder.

Sommarmellangrödorna (bovete, honungsört, hampa, oljerättika) odlades i renbestånd alternativt i samodling med de kvävefixerande mellangrödorna luddvicker eller doftklöver (persisk klöver). Mellangrödorna såddes efter skörd av vårkorn vid tre tidpunkter, den 11 juli, 29 juli och 31 augusti. I renbestånd var mellangrödorna ogödslade respektive gödslade med 40 kg ammoniumkväve per hektar, i form av biogasgödsel. Försöksleden med de kvävefixerande mellangrödorna i samodling gödslades inte.

I försöket fanns 12 led med mellangrödor och dessa var upprepade i tre block. Försöket var placerat på en lätt sandjord med vårkorn som förfrukt, antingen skördad som helsäd eller som tröskad spannmålskärna, beroende på vårkornets skördedatum inför sådden av mellangrödorna.

Sommarmellangrödornas markkolsbidrag

För de två första etableringstidpunkterna, i början respektive i slutet av juli, så bidrog de bästa mellangrödorna med i snitt 310 kg stabilt kol per hektar, om hela mellangrödorna myllades ner. Detta resultat stämmer bra överens med tidigare erfarenheter för oskördade mellangrödor, se Poeplau m. fl. (2015). När vi skördade mellangrödorna, vilket medförde att endast dess rötter och 10 cm hög stubb bidrog till markkolsbidraget, då halverades inlagringen av stabilt kol till ca 140 kg per hektar. Markkolsbidraget sjönk också tydligt med en senare etableringstidpunkt. Tidig etablering i början av juli gav i snitt 430 respektive 180 kg stabilt kol per hektar, för nedmyllad respektive skördad mellangröda. Etablering i slutet av juli gav 200 respektive 100 kg stabilt kol per hektar och sen etablering i slutet av augusti gav 67 respektive 24 kg stabilt kol per hektar.

Gödslade icke kvävefixerande mellangrödor gav 30 % mer markkolsupbyggnad jämfört med när de var ogödslade, men bara 23 % mer markkolsbidrag jämfört med när de var samodlade med en baljväxt. I ett tidigare fältförsök under 2018 var denna skillnad betydligt större (Hansson m. fl. 2021). Detta resultat från 2019 innebär att icke kvävefixerande mellangrödor i samodling med baljväxter kan vara ett mycket intressant alternativ när det gäller att odla mellangrödor utan gödsling.

Ur klimatgassynpunkt skulle det dock vara 2,5-3 gånger bättre att skörda de ogödslade och samodlade mellangrödorna för produktion av biogas och biogödsel, jämfört med att mylla ner mellangrödorna för maximal kolinlagring. Läs mer om dessa resultat i avsnittet "Mellangrödornas potential för växthusgasreduktion vid nedmyllning resp. skörd" i denna sammanfattning.

Ogödsling är ett krav för att kunna erhålla stöd för odling av mellangrödor på ekologiska fokusarealer. Baljväxten behövde i de flesta fall betydligt längre tid för att etablera sig och bidrog i mycket liten omfattning till markkolsupbyggnaden kort tid efter etableringen. För de mellangrödor som mognar tidigt och därmed vissnar ner, så blev samodling med baljväxter ett bra komplement som kunde bromsa eller vända minskningen i biomassaavkastningen och slutligen öka markkolsbidraget. Samodlingen kan därmed

tillämpas både för att öka odlingssystemets hållbarhet genom ökad kvävefixering, ökad kolinlagring i marken, ökad ogräskontroll och ökad biodiversitet.

För att uppnå en bra markkolveffekt kan vi rekommendera att:

- Etablera mellangrödan så tidigt som möjligt.
- För att maximera kolinbindningen vid tidig sådd, välj en mellangröda med hög biomassaavkastning, såsom hampa, honungsört och oljerättika.
- Vid senare etablering (i slutet av augusti) välj en mellangröda som etablerar sig snabbt och som har en bra tillväxt långt in i hösten (t.ex. honungsört eller oljerättika) och undvik bovete i renbestånd.
- Samodla med en baljväxt om du vill kompensera för en tidigt mognande mellangröda (välj t.ex. bovete i kombination med doftklöver) eller om du förväntar dig en stark biomassatillväxt, men vill undvika att gödsla mellangrödan (t.ex. oljerättika i kombination med luddvicker).

Sommarmellangrödornas effekt på fröogräs

Mellangrödorna som såddes den 11 juli resp. den 29 juli hade bra ogräskonkurrerande egenskaper. Mängden fröogräs var dock relativt hög i bovete och hampa som etablerades den 31 augusti, speciellt i de gödslade leden, medan honungsört och oljerättika hade bra ogräskonkurrerande egenskaper.

I de mellangrödor som var ogödslade var fröogräsets marktäckningsgrad lägre, d.v.s. både i renbestånd och i de mellangrödor som samodlades med de kvävefixerande mellangrödorna. Ogräsens vikt reduceras radikalt av mellangrödorna. Ogräsvikten var 70 till 99 % lägre för ogödslade mellangrödor i renbestånd, sådda 11 juli resp. 29 juli, jämfört med den ogödslade kontrollen utan mellangrödor.

Gödsling ökar markens produktionsförmåga av både mellangröda och fröogräs. I försöket resulterade 40 kg ammoniumkväve per hektar, i form av biogödsel, i en större biomassa av ogräs, trots att mellangrödans bladyteindex (LAI) ökade med 7-28 % (7 % honungsört och 28 % hampa) och därmed även mellangrödans beskuggning av mark och lågväxande fröogräs.

Gödslingen gav en ökad höjdtillväxt hos sommarmellangrödorna. För mellangrödor sådda den 11 juli var höjdtillväxten störst i framför allt hampa och oljerättika. Höjdtillväxten efter gödsling var generellt inte lika stor i mellangrödor sådda den 29 juli resp. 31 augusti. Baserat på detta försök under 2019 och tidigare försök med sommarmellangrödor som vi genomfört, t.ex. Hansson m. fl. (2017a) och Hansson m. fl. (2021), kan vi ge följande rekommendationer rörande sommarmellangrödors ogräskonkurrerande förmåga:

- Vid sen sådd av mellangrödorna, i slutet av augusti, så gav honungsört och oljerättika en bra effekt mot fröogräs, även om mellangrödornas biomassaproduktion var relativt låg.
- Vid tidig sådd, dvs fram till början av augusti, så gav alla mellangrödorna; bovete, honungsört, hampa och oljerättika en bra effekt mot fröogräs.
- Effekten förstärktes när mellangrödorna var ogödslade och samodlade med de kvävefixerande mellangrödorna, doftklöver resp. luddvicker. Denna effekt var inte lika tydlig vid sådd i slutet av augusti.

- Gödsling med 40 kg kväve per hektar leder inte till bättre effekt mot ogräsen, även om grödan tillväxer bättre och ger bättre beskuggning marken och av ogräsen.
- I de fall man inte vill ha oljerättika i växtföljden, så finns det ur ogrässynpunkt flera bra alternativ, bland annat honungsört i renbestånd, eller i samodling med andra mellangrödor, t.ex. bovete om jordtemperaturen förväntas vara hög efter sådden.
- Inför sådd av mellangrödor, genomför gärna 1-2 falska såbäddar, 3-5 cm djupt, efter skörden av huvudgrödan, för att bekämpa fröogräs, t.ex. sent groende fröogräs såsom nattskatta och gängel.
- Om sådden av mellangrödorna fördröjs av de falska såbäddarna, så kan det leda till en sämre biomassaproduktion, men ändå ge en bra effekt på fröogräsen från mellangrödorna honungsört och oljerättika.
- När mellangrödorna såddes vid höga jordtemperaturer under ett tidigare försöksår, 2018, så verkade det som att honungsört gick i groningsvila, vilket resulterade i sämre etablering och sämre konkurrens mot ogräsen. De andra mellangrödorna i försöket verkade klara de höga jordtemperaturerna bättre, bland annat bovete.
- Denna erfarenhet leder till att vi föreslår en blandning av sommarmellangrödor bestående av honungsört, bovete och någon kvävefixerande gröda t.ex. doftklöver eller Alexandrinerklöver, för att sprida riskerna vid höga jordtemperaturer. Detta koncept bör även fungera vid senare sådd, i slutet av augusti, om man byter ut bovete mot en mellangröda som är mindre frostkänslig.

Sommarmellangrödornas biomassaproduktion och potential för biogasproduktion

Vår studie visar att mellangrödor som är ogödslade och samodlade med baljväxter kan generera relativt stora mängder biomassa, mellan 2 och 6 ton torrsbstans (ts) per hektar, när de är sådda före den 1 augusti och skördade från mitten av september till mitten av november. Vid en tidigare sådd, i mitten av juli, så gav mellangrödorna 3 till 6 ton ts per hektar, när de skördades från mitten av september till mitten av oktober.

Danska studier med mellangrödor som biogasråvara visar att de kan användas som biogassubstrat ur ekonomisk synvinkel om skördarna överstiger 1,8 till 2,7 ton ts per hektar. Med utgångspunkt från vår studie under 2019 på Helgegården ger mellangrödor, som sås före den 1 augusti en skördbar mängd biomassa på minst 2,5 ton ts per hektar, vid 10 cm stubbhöjd. Vid en specifik metangaspotential på 300 m³ metan per ton ts hos mellangrödorna, så resulterar detta i 750 m³ metan per hektar, vilket motsvarar energiinnehållet i ca 750 liter dieselolja.

Mellangrödorna kan lagra in stora mängder kväve i den ovanjordiska biomassan, 111-155 respektive 45-75 kg kväve per hektar, när de etablerades i början respektive i slutet av juli 2019, och när de skördades från mitten av september till mitten av november. Av denna kvävemängd kan 70-85 % bortföras med biogasråvaran. I princip kan hela denna kväveämgd återföras till nästa huvudgröda följande vår med biogödseln. Detta betyder att nyttjandegraden av den växtnäring som finns i mellangrödornas biomassa kan öka om dess biomassa skördas på hösten och därefter rötas. Restprodukten från biogasproduktionen, den näringsrika och mineraliserade biogosgödseln, sprids därefter till en ny huvudgröda.

Skördar man inte mellangrödan så går man miste om möjligheten att producera biogas och växtnäringsrik biogödsel. Vidare är risken mycket stor att den oskördade biomassans kväveinnehåll mineraliseras under höst och vinter, och att huvuddelen av detta kväve läcker ut till vattendrag eller till atmosfären, och inte blir tillgängligt till nästa års huvudgröda.

Sommarmellangrödornas effekt på N-min i jordprofilen, 0- 90 cm, i december 2019

Mellangrödor anses generellt kunna minska urlakningen av växtnäringsämnen, främst kväve, men även öka markkväveinnehållet, speciellt om kvävefixerande mellangrödor används. Oljerättika är speciellt bra ur kväveläckagesynpunkt, minskar mängden mineraliserat kväve, N-min, i jorden och reducerar utlakningen jämfört med när ingen mellangröda odlas. Detta visar sig genom att kvävekoncentrationen i dräneringsvattnet, på årsbasis, generellt är lägre från mark där det odlas oljerättika, jämfört med obevuxen mark. Koncentrationen av kväve i dräneringsvattnet kan dock vara förhöjd under huvudavvattningsperioden (december–februari), vilket indikerar att en del av den stora mängd kväve som bundits i oljerättikans ovanjordiska biomassa går förlorad före nästa huvudgrödans kväveupptag. Studier visar att frostkänsliga mellangrödor, som oljerättika, ger en kontinuerlig tillförsel av växttillgängligt kväve till marken, när mellangrödorna åldras och vissnar, vilket indikerar att mellangrödorna i viss mån bara fördröjer kväveläckaget.

Vår studie baserad på N-min-data från jordprovtagning i december 2019 på Helgegården, efter de tre etableringstidpunkterna för sommarmellangrödorna, indikerar tyvärr att ingen av mellangrödorna, förutom oljerättika, ger någon minskning av det lätturlakade NO₃-kvävet i jordprofilen, 0-90 cm djup, jämfört med kontrollen utan någon mellangröda. NO₃-kvävet i kontrolleret låg på ca 25 kg per hektar, på ca 10 kg per hektar för oljerättika i renbestånd, både gödslad och ogödslad, samt i intervallet 20–30 kg per hektar för de andra mellangrödorna. Vidare fanns det inte någon skillnad i markens innehåll av NH₄-kväve, som låg i intervallet 40-50 kg per hektar, för alla mellangrödorna och för kontrollen utan mellangröda.

Mellangrödornas potential för växthusgasreduktion vid nedmyllning resp. skörd

Vår studie baserad på skördedata från 2019 visar att det ur klimatgassynpunkt är 2,5-5 gånger bättre att skörda de gödslade mellangrödorna i renbestånd, för att producera biogas i form av fordonsgas och biogödsel, jämfört med att mylla ner hela mellangrödan på senhösten för att maximera markkolsinlagringen. För de ogödslade mellangrödorna i samodling med baljväxterna är det 2,5-3 gånger bättre att skörda mellangrödan. När mellangrödorna växer ogödslade i renbestånd, är det 2-3 gånger bättre ur klimatgassynpunkt att skörda mellangrödorna, jämfört med att mylla ner dem.

I beräkningarna för ogödslad bovete i renbestånd, som etablerades i slutet av juli så erhöll vi en skördbar mängd biomassa på ca 1200 kg ts per hektar, från mitten av september till mitten av oktober. Nermyllning av bovetet resulterade i en växthusgasreduktion med ca 367 kg CO₂ per hektar och år eller ca 100 kg C (kol) per hektar och år. Om vi istället skördar bovetet och producerar fordonsgas och biogödsel så får vi en växthusgasreduktion på ca 1173 kg CO₂ per hektar och år eller ca 320 kg C per hektar och år.

Beräkningen för ogödslad bovete visar alltså att det är 3,2 gånger bättre ur klimatgassynpunkt att skörda mellangrödan till biogas och biogödsel, än att mylla ner den för maximal kolinlagring. Gör vi om beräkningen, när bovetet gödslas med 40 kg N ammoniumkväve per hektar, så visar klimatgasberäkningen att det är nästan 4 gånger

bättre att skörda bovetets biomassa, ca 3 ton ts per hektar, som biogassubstrat under september till oktober, än att mylla ner det. Klimatgasvinsten blir 670 resp. 2650 kg CO₂ per hektar och år för de två alternativen, myllat jämfört med skördat till biogas.

Beräkningarna visar vidare att gödsling av bovetet med 40 kg ammoniumkväve per hektar, i kombination med skörd för produktion av biogas och biogödsel leder till mer än fördubblad klimatnytta ur växthusgassynpunkt, jämfört med ogödslat bovete till biogasproduktion, 2650 kg CO₂ per hektar respektive 1173 kg CO₂ per hektar.

Våra kolbalansberäkningar för skördade respektive myllade mellangrödor visar att det ur klimatgassynpunkt skulle vara en mycket stor fördel om de skördas och används som substrat för produktion av biogas och biogödsel. Mellangrödor är numera, enligt Energimyndigheten, en godkänd råvara för produktion av drivmedel, vilket leder till skattebefrielse för de biodrivmedel som produceras utifrån denna råvara.

Utländska studier visar att skörden hos nästa års huvudgröda är opåverkad, eller eventuellt något större, efter att en mellangröda skördats och att det räcker att lämna rötterna och 7,5-10 cm stubb från mellangrödan, för att bibehålla markens bördighet. I studierna lyfter de även fram att skörd av mellangrödor, som foder eller för produktion av t.ex. biodrivmedel, kan vara en viktig drivkraft för att odla mellangrödor i större omfattning, för att på så sätt utveckla odlingssystemen i en mer hållbar riktning och samtidigt kunna leverera nya ekosystemtjänster såsom ökad biodiversitet samt minskad risk för växtnärläckage och jorderosion.

Short summary

In 2019, a field trial was carried out at Helgegården in Skepparslöv, near Kristianstad in north-eastern Skåne, Sweden, to study how the date of establishment of multifunctional summer intermediate crops, integrated in organic crop rotations with vegetables, potatoes and cereals, affects carbon sequestration, weed control, plant nutrient balance and biomass production, e.g. for production of biogas and biogas digestate or as feed. The intermediate crops (buckwheat, phacelia, hemp, oil radish) were grown in pure stands or alternatively intercropped with the nitrogen-fixing legume crops; hairy vetch (*Vicia villosa*) or Persian clover (*Trifolium resupinatum*).

The intermediate crops were sown after harvest of spring barley at three times, on 11 July, 29 July and 31 August. In pure stand, the intermediate crops were unfertilized respectively fertilized with 40 kg of ammonium nitrogen per hectare, in the form of biogas digestate. The plots with the nitrogen-fixing intermediate crops were not fertilized. In each of the field trials, there were 12 experimental plots with intermediate crops, and these were repeated randomly in three experimental blocks. The trial was placed on a light sandy soil with spring barley as a pre-crop, either harvested as a whole crop or as grain kernel, depending on the spring barley's harvest date, before sowing the intermediate crops.

For the first two establishment dates, at the beginning and at the end of July, the best intermediate crops contributed an average of 310 kg of stable carbon per hectare, if the entire crop was mixed into the soil in the late autumn. When we harvested the intermediate crops, in September to November, which meant that only the roots and 10 cm stubble contributed to the soil carbon effect, then the contribution to stable carbon was halved to about 140 kg per hectare. Fertilized non-nitrogen-fixing intermediate crops gave 30% more soil carbon contribution compared to when they were unfertilized, but only 23% more soil carbon compared to when they were intercropped with a legume.

Intermediate crops that were sown on 11 July and 29 July had good weed-competing properties. The weed weight was 70 to 99% lower for unfertilized intermediate crops in pure stand, sown on 11 July and 29 July, compared to the control without any intermediate crop. This indicates that intermediate crops radically reduce the weight of annual weeds. However, the number of annual weeds was relatively high for buckwheat and hemp, when they were established on 31 August, especially in the fertilized plots, while phacelia and oil radish had good weed-competing properties.

Our study shows that intermediate crops that are unfertilized and intercropped with legumes can generate large amounts of biomass, between 2 and 6 tonnes of dry matter per hectare, when sown before 1 August and harvested from mid-September to mid-November. In an earlier sowing, in mid-July, the intermediate crops yielded 3 to 6 tonnes of dry matter per hectare, when they were harvested from mid-September to mid-October.

Data of mineralized nitrogen (N-min) from soil sampling in the beginning of December 2019, after the three establishment dates for the intermediate crops, unfortunately indicates that none of the intermediate crops, except oil radish, gives any reduction of the easily leached NO₃-nitrogen in the soil profile, 0-90 cm depth, compared to the control without any intermediate crop. The amount of NO₃-nitrogen in the control plot was about 25 kg per hectare, about 10 kg per hectare for oil radish in pure stand, both fertilized and unfertilized, and in the range of 20 to 30 kg NO₃-nitrogen per hectare for the other intermediate crops. Furthermore, there was no difference in the content of NH₄-nitrogen in the soil profile, which was in the range of 40 to 50 kg per hectare, for all intermediate crops and for the control without any intermediate crop.

A carbon balance calculation shows that, from a climate gas point of view, it is 2.5-5 times better to harvest the fertilized intermediate crops in pure stand, to produce biogas in the form of vehicle gas and biogas digestate, compared to mix the entire intermediate crop into the soil, in the late autumn, to maximize soil carbon storage. For unfertilized intermediate crops, intercropped with the legumes, it is 2.5-3 times better to harvest the crop. When the intermediate crops are grown unfertilized in pure stand, it is 2-3 times better from a greenhouse gas point of view to use the intermediate crops in biogas production, compared to mulch them into the soil to maximize soil carbon storage.

Our carbon balance calculation, for harvested and mulched intermediate crops, shows that from a greenhouse gas point of view, it would be a very great advantage if the crops are harvested and used as a substrate for production of vehicle fuel and biogas digestate. In Sweden intermediate crops are approved as raw material for production of biofuels, which leads to a tax exemption for biofuels produced from this type of raw material.

Inledning

Syftet med detta projekt ”Etableringstidpunktens inverkan på sommarmellangrödors markkolsbidrag och ogräsbekämpande egenskaper” är att öka kunskapen om hur några multifunktionella sommarmellangrödor kan integreras i ekologiska växtföljder med grönsaker, potatis och spannmål, för att öka markens kolinnehåll, förbättra ogräskontrollen, öka odlingssystemets hållbarhet, öka biodiversiteten i odlingslandskapet samt bidra med biomassa till en ökad produktion av biogas och biogödsel eller foder.

Bakgrund

Tidigare erfarenheter från försök med sommarmellangrödor i en ekologisk växtföljd med färskpotatis, morot, lök och spannmål, på Norra Åsum, visar att honungsört konkurrerar relativt bra mot ogräs när den etableras i mitten av augusti, medan oljerättika konkurrerar något sämre när den etableras vid samma tidpunkt (Hansson m. fl. 2017a, Hansson m. fl. 2018, Hansson m. fl. 2020).

I växtföljdsförsöket, på Norra Åsum, studerades ogräskonkurrerande egenskaper hos mellangrödorna honungsört resp. oljerättika. Studien genomfördes i en femårig ekologisk växtföljd med färskpotatis, morot, plantlök och spannmål. Utöver honungsörtens och oljerättikans ogräskonkurrerande egenskaper undersöktes bl.a. kvävedynamiken, skördeutbytet hos såväl huvudgrödorna som mellangrödorna samt nematodförekomsten. Mellangrödorna i växtföljdsförsöket etablerades efter färskpotatis respektive, efter tröskad höstråg, efter en kort mini-träda med upprepade falska såbäddar.

Erfarenheterna visar att honungsört som såddes i början av augusti utvecklar sig väl, vilket gav en bra ogräskonkurrerande effekt och en relativt hög mängd biomassa per ha. Oljerättika, när den etablerades ca 14 dagar senare, d.v.s. i mitten av augusti, efter tröskad höstråg, växte inte tillräckligt kraftigt, vilket gav en dålig ogräskonkurrerande effekt och en relativt låg mängd biomassa per hektar. Växtföljdsförsöket finansierades inledningsvis av SLF och Jordbruksverket, under 2014-2016, vilket redovisas i Hansson m. fl. (2017b) samt under perioden 2017 – 2019 av Jordbruksverket och SLU Ekoforsk, vilket redovisas i Hansson m. fl. (2020).

I växtföljdsförsöket, på Norra Åsum, undersöktes både ”passiva” och ”aktiva” åtgärder för att reducera ogräsets fröbank i marken. Ogräset bekämpas med passiva åtgärder bland annat genom att odla flera olika huvudgrödor i växtföljden samt integrera olika mellangrödor i odlingen. Dessa grödor konkurrerar med ogräset, genom att hindra alternativt minska etablering och utveckling av ogräset. Detta leder i sin tur till minskad fröproduktion och därmed en minskad nyrekrytering till ogräsfröbanken i marken.

I växtföljdsförsöket användes aktiva ogräsbekämpningsåtgärder där groningen av ogräsfrön stimuleras genom olika former av jordbearbetning. Därefter bekämpas de framspirande och växande ogräsen med en ny jordbearbetningsåtgärd. Jordbearbetningen sker främst genom tillämpning av falska såbäddar i en mini-träda.

Efter att de falska såbäddarna utförts ett par gånger under några veckor etableras en mellangröda för att kontrollera ogräsen och för att öka markens kolinbindning och mullhalt via mellangrödornas rötter. Att både utnyttja huvudgrödors och mellangrödors ogräskonkurrerande

egenskaper parallellt med aktiva åtgärder är viktiga strategier mot ogräs, både inom den ekologiska och konventionella odlingen.

Resultaten från växtföljdsförsöket i den ekologiska växtföljden med grönsaker, färskpotatis och spannmål visar att det tidigare problemogräset nattskatta, på försöksfältet, går att kontrollera med hjälp av den valda strategin med färskpotatis med efterföljande mini-träda i kombination med mellangrödan honungsört. Oljeättikan ger inte lika bra resultat mot ogräsen, p.g.a. sen sådd efter kärnskörd av spannmål. Dock går det att uppnå en hög produktion av färskpotatis, plantlök och morot i odlingssystemet (Hansson m. fl. 2017b, Hansson m. fl. 2020).

I ett annat försök på Norra Åsum, under 2016 och 2017, har olika sommarmellangrödor etablerats tidigt, i mitten av juli, efter skörd av färskpotatis. Här har oljerättika gett bra effekt mot fröogräs. Försöket genomfördes med fokus på sommarmellangrödors ogräsbekämpande egenskaper samt dess biomassaproduktion. När sommarmellangrödorna etablerades i mitten av juli så hade oljerättika, honungsört och bovete bäst ogräskonkurrerande egenskaper. Även hampa samt hampa i samodling med luddvicker gav lika bra ogräskonkurrerande effekt som oljerättika, honungsört och bovete i renbestånd. I försöket jämfördes mellangrödornas ogräsbekämpande egenskaper både då de var ogödslade respektive gödslade med 40 kg N per hektar i form av biogasgödsel (Hansson m. fl. 2017a, Hansson m. fl. 2018).

Mot bakgrund av dessa tidigare resultat ville vi utveckla konceptet med sommarmellangrödor mot fröogräs och en ökad kolinbindning vidare, och undersökte därför, under 2018 på Norra Åsum, med finansiering från SLU Partnerskap Alnarp, bovete och hampa parallellt med oljerättika och honungsört för att ge svar på vilka sommarmellangrödor som kan rekommenderas, när de etableras från början av juli till slutet av augusti. Tidpunkterna valdes för att täcka hela perioden där mellangrödor kan vara aktuella att etablera. I försöket undersöktes mellangrödorna bovete, honungsört, hampa och oljerättika, både i renbestånd och samodlade med en kvävefixerande gröda. Bovete och honungsört samodlades med den kvävefixerande "bottengrödan" doftklöver (tidigare kallad persisk klöver). Hampa och oljerättika samodlades med den kvävefixerande växten luddvicker. Fyra led med mellangrödor, utan kvävefixerande växter, odlades både helt utan gödsling respektive med 40 kg N per hektar i form av biogasgödsel. Leden med de kvävefixerande mellangrödorna gödslades inte (Hansson m. fl. 2021).

Resultaten från försöket 2018 visar att de mellangrödor som var ogödslade, så var ogräsets marktäckningsgrad lägre, d.v.s. både i renbestånd och i de mellangrödor som samodlades med de kvävefixerande mellangrödorna. Ogräsen vikt reduceras radikalt av mellangrödorna. Ogräsvikten var 83 till 97 % lägre för ogödslade mellangrödor i renbestånd, sådda i början respektive i slutet av juli, jämfört med den ogödslade kontrollen utan mellangrödor. Vidare gav de gödslade icke kvävefixerande mellangrödorna 64 % mer markkolsuppbbyggnad jämfört med när de var ogödslade, men bara 10 % mer markkolsbidrag jämfört med när de samodlades med en baljväxt. Detta innebär att icke kvävefixerande mellangrödor i samodling med baljväxter kan vara ett mycket intressant alternativ när det gäller att odla sommarmellangrödor ur ett hållbarhetsperspektiv (Hansson m. fl. 2021).

Fortsatta försök med sommarmellangrödor under 2019 på Hellegården, Skepparslöv

Hitintills uppnådda resultat och erfarenheter rörande sommarmellangrödors kolinbindningspotential och ogräskonkurrerande egenskaper visar att det finns kunskapsluckor om hur olika faktorer, som såtidpunkt, samodling med baljväxter och gödsling, inverkar på mellangrödans biomassaproduktion (både över och under jord) samt ogräseffekten. Genom att upprepa 2018 års försök kan det bättre säkerställas att de samlade resultaten återspeglar olika årsmåner, där kunskap om variationen i resultaten kan användas till mer allmängiltiga slutsatser.

Optimal såtidpunkt för sommarmellangrödor beror på artvalet. Vår hypotes är att honungsort och oljerättika kan sås sent i augusti, medan bovete och hampa bör sås senast i början av augusti för att mellangrödorna skall hinna utvecklas väl och vara effektiva mot fröogräs. Enligt vår uppfattning så finns det bara vårt eget såtidsförsök med sommarmellangrödor på Norra Åsum under 2018 där etableringstidpunktens inverkan på markkols- och ogräseffekten har undersökts. Flera års observationer behövs dock för att säkerställa allmängiltiga resultat och kartläggning av resultat för olika årsmåner, särskilt med torkan under 2018 i minnet.

Målet med detta projekt är att visa hur tre såtidpunkter för fyra sommarmellangrödor, odlade i renbestånd respektive i samodling med baljväxter, påverkar dess biomassatillväxt ovan och under jord, mellangrödornas ogräskonkurrerande förmåga, växtnäringsdynamiken, samt hur klimatgassituation påverkas om mellangrödorna myllas ner i marken för maximal kolinlagring alternativt skördas för produktion av biogas och biogödsel.

I försöket, på Hellegården under 2019, undersöktes mellangrödorna bovete (*Fagopyrum esculentum*), honungsort (*Phacelia tanacetifolia*), hampa (*Cannabis sativa* var. *Futura 75*) och oljerättika (*Raphanus sativus*), både i renbestånd och samodlade med en kvävefixerande gröda. Bovete och honungsort samodlades med ”den kvävefixerande bottengrödan” doftklöver (*Trifolium resupinatum*). Hampa och oljerättika samodlades med den kvävefixerande växten luddvicker (*Vicia villosa*).

Resultaten från projektet kommer att bidra till en bredare kunskapsbas för att formulera odlingsrekommendationer för mellangrödor där bl. a. markkolsbidraget, ogräseffekten, växtnäringsdynamiken och biomassaavkastningen kan länkas till olika växtföljdsfrågor t.ex. för att undvika problem med förökning av sjukdomar och skadeorganismer (t.ex. nematoder) och för att stärka t.ex. nematodbekämpande effekter.

I denna studie har vi därför undersökt följande forskningsfrågor:

- Vilken potential har de olika sommarmellangrödorna för markkolsuppbyggnad?
- Vilken ogräsbekämpande effekt har mellangrödorna när de odlas i renbestånd resp. i samodling med en lämplig baljväxt, jämfört med en kontroll utan mellangröda?
- Hur ser sambandet ut för mellangrödans tillväxt efter tre etableringstidpunkter och ogräsförekomst när mellangrödorna är ogödslade respektive gödslade?
- Vilken klimateffekt ger de olika sommarmellangrödorna om de skördas och används som substrat för produktion av biogas och biogödsel, jämfört med att mylla ner mellangrödorna på hösten?
- Vilken potential har de olika sommarmellangrödorna för att fånga respektive fixera kväve för ökad och hållbar växtnäringsförsörjning?

Litteraturgenomgång

Enligt Aronsson m. fl. (2012) definieras en mellangröda som en gröda som växer mellan två huvudgrödor, och den kan ha många viktiga effekter i odlingsystemet. Nair (2015) redogör för olika mellangrödors multifunktionella egenskaper, bl.a. dess ogräskonkurrerande och mullbildande effekter, och listar lämpliga sommar- och vintermellangrödor för växtföljder med trädgårds- och jordbruksgrödor.

I projektet Oscar ”Optimise Subsidiary Crop Application in Rotations”, som är ett europeiskt forskningssamarbete rörande hållbara odlingsystem, utvecklas olika koncept för mellangrödor och bottengrödor (Friberg 2021). Agricultural Sustainability Institute vid University of California har tagit fram en databas för mellangrödor. Denna ger information för ett antal odlingsfaktorer t.ex. utsädesmängder, temperatur- och skötselkrav för ca 40 olika mellangrödor (CCD 2017).

En litteraturgenomgång av Abdalla m. fl. (2019), som täckte flera länder och klimatzoner, visar att mellangrödor signifikant minskar N-läckaget och ökar markkolsinbindningen utan att resultera i ökade lustgasutsläpp. Deras studie anger att mellangrödor kan förbättra klimatgasbalansen med $2,06 \pm 2,10$ ton CO₂-ekvivalenter per ha och år. Kaye m. fl. (2017) har i en litteraturgenomgång, inriktad på mellangrödors potential för att mildra klimatförändringarna, räknat på positiva och negativa effekter av mellangrödor med avseende på den globala uppvärmningen. Ett nyckelresultat från deras studie är att mellangrödor kan mildra uppvärmningseffekten med 1 till 1,5 ton CO₂-ekvivalenter per ha och år, motsvarande en inbindning av 270 till 410 kg kol per hektar. De menar att detta ger en större minskning än en övergång till reducerad jordbearbetning, i form av no-till. De viktigaste parametrarna i deras beräkningar är markens kolbindning samt den minskade gödsel användningen, som är resultatet efter odling av mellangrödor i form av kvävefixerande baljväxter.

Mellangrödors ogräskonkurrerande egenskaper kan reducera herbicidanvändningen och kostnaden för ogräsbekämpning (Bårberi m. fl. 2001, Dabney m. fl. 2001). Bårberi m. fl. (2001) har visat att mellangrödornas ogräskonkurrerande förmåga var större när dess biomassa var hög. Även forskning och försök i Sverige visar att mark bevuxen med en mellangröda innebär konkurrens med ogräsen, se bland annat Didon m. fl. (2014), Hansson m. fl. (2017a), Ahlqvist (2019) och Hansson m.fl. (2021).

En väletablerad, snabbväxande mellangröda kan vara avgörande för ogräskonkurrensen (Pålsson 2007). En mellangröda som bildar ett jämnt och tätt bestånd, trycker ned ogräsen genom ökad konkurrens om ljus, näring och vatten (Aronsson m. fl. 2012). I en ogrässtudie i majs och baljväxter av Bilalis m. fl. (2010) visades att ju mer fotosyntetiskt aktivt ljus (PAR) som togs upp av grödan desto lägre blev ogräsvikten och antalet ogräs. I ett försök gav samodling av majs och baljväxter ett större bladyteindex (LAI) än då grödorna växte var för sig. samodling av majs och baljväxter minskade mängden tillgängligt ljus för lågväxande ogräs. Detta resulterade i en lägre ogräsvikt och i ett lägre antal ogräs jämfört med då grödorna växte var för sig. Samma resultat fick även Didon m. fl. (2002) när de undersökte olika kornsorters ogräskonkurrerande egenskaper. Den bästa sorten ur ogrässynpunkt var den som släppte igenom den minsta mängden PAR-ljus.

Sommarmellangrödor kan integreras vid odling av grönsaker, potatis och spannmål för att minska ogräsproblematiken, framför allt fröogräs i ekologiska växtföljder. Goda effekter mot fröogräs har erhållits när sommarmellangrödorna har haft bra tillväxt under sensommaren och tidig höst (Hansson m. fl. 2017a) och (Ahlqvist 2019). Detta betyder att

mellangrödorna måste sås relativt tidigt under sommaren för att de skall hinna utvecklas väl.

Mellangrödor har generellt en stor potential till att minska ogräsbekämpningsbehovet, öka maskförekomsten, öka biodiversiteten i odlingslandskapet, gynna pollinerande insekter, sanera för vissa nematoder och vissa växtsjukdomar, minska markpackningens negativa effekter, öka markens infiltrationskapacitet och bördighet samt leverera biomassa för produktion av livsmedel, foder eller biogas. Dessutom kan mellangrödor även förbättra markens fysikaliska egenskaper, minska urlakningen av näringsämnen, öka markkväveinnehållet (speciellt om kvävefixerande växter används) och öka kolinlagringen i marken (Liebman m. fl. 2000, Dabney m. fl. 2001). Detta innebär att kol binds i marken från biomassan, vilket fungerar som en sänka för kol och är därmed ett sätt att motverka växthusgaseffekten. En ökad mullhalt ger också ökade skördar på de marker där mullhalten är lägre än 2,0 % organiskt kol, dvs. en mullhalt lägre än ca 3,4 %, (Kumm 2013, Biogas Syd 2015). Jordens sammansättning spelar en betydande roll för stabiliseringen av kol, där en hög lerhalt har förmågan att binda och stabilisera en större andel av kolet från ovanjordiska växtrester (Poeplau m. fl. 2015).

Förutom den ovanjordiska delen, så kan mellangrödorna när de kultiveras in i marken bidra till markkolsuppbyggande genom rotbiomassans kolinnehåll. Tidigare studier har visat att rotbiomassans bidrag till markkolsuppbyggande blir ca 3 gånger större per viktenhet, då en större andel av rotbiomassans kol stabiliseras, jämfört med den ovanjordiska biomassans (Kätterer m. fl. 2011).

Även om den ovanjordiska biomassan (förutom stubben) bortförs, så kan mellangrödorna i stor utsträckning bidra till markkolsuppbygganden. Detta har bland annat visats av Blanco-Canqui m. fl. (2020) som anger att skörd av mellangrödor inte ger någon negativ inverkan på markens egenskaper, eller på efterföljande huvudgrödans skördeavkastning eller på mellangrödans förmåga att undertrycka ogräs. De anger vidare, om 7,5-10 cm stubb lämnas vid skörden av mellangrödorna, så är det tillräckligt för att upprätthålla markens bördighet, bibehålla mullhalten och bidra med flera andra viktiga ekosystemtjänster, t.ex. minskad risk för erosion och växtnärläckage. IVA (2019) anger att även om den ovanjordiska biomassan bortförs så kan mellangrödor i stor utsträckning bidra till markkolsuppbyggand, med ca 330 kg stabilt kol per hektar och år.

Utöver mellangrödornas gynnsamma effekter på markens mullhalt, vattenhållande förmåga etc. kan mellangrödor skördas för produktion av biogas (Szerencsits m. fl. 2015). De menar att mellangrödor med fördel kan skördas, som råvara för biogasproduktion, utan att konkurrera med livsmedelsproduktion i områden, där endast en huvudgröda kan skördas per år. Vidare anger de att en mellangröda som avkastar 4,5 ton ts per hektar, i genomsnitt, ger ett bruttoenergiutbyte på ca. 1300 m³ metan (CH₄) per hektar, vilket motsvarar energiinnehållet i ca 1300 liter diesololja. De anger också att nettoenergiutbytet blir ca. 1000 m³ metan per hektar efter att energin för odling, transport, bioförgasning och uppgradering till fordonsgaskvalitet, ca 25 %, dragits ifrån bruttoenergiutbytet.

Baserat på uppgifterna från Szerencsits m. fl. (2015) kan den specifika metanpotentialen i genomsnitt för en mellangröda beräknas till 290 m³ metan per ton ts. Andra referenser, bland annat Molinuevo-Salces m. fl. (2013a), anger betydligt högre specifik metanpotential för olika sommarmellangrödor, 368–450 m³ metan per ton VS för oljerättika. Detta motsvarar 310-380 m³ metan per ton ts, med omräkningsfaktorn 1 kg ts = 0,85 kg VS.

I en annan studie av Molinuevo-Salces m. fl. (2013b) betonar de att om mellangrödor skall kunna användas som biogassubstrat, ur ett ekonomiskt perspektiv, så måste åtgärder

som gynnar en hög biomassaavkastning tillämpas samt mellangrödor med hög specifik metangaspotential och hög ts-halt väljas. Vidare anger Molinuevo-Salces m. fl. (2014) i en tredje studie att biomassaavkastningen för fång- och mellangrödor, inte behöver vara högre än 1-1,5 ton ts per hektar, om skördekostnaden bara uppgår till 1350 kr per ha, för att få en ekonomiskt lönsam biogasproduktion.

Ytterligare en dansk studie, Madsen m. fl. (2013), har undersökt biomassaproduktionen hos eftersådda mellangrödor, vilka etablerades vid fyra tillfällen från slutet av juli till slutet av augusti. Här betonas vikten av en tidig etablering för att uppnå en ovanjordisk biomassaproduktion på 2,5-3,0 ton ts per hektar, av icke vinterhårdiga mellangrödor. I genomsnitt minskade utbytet av biomassans torrsbstans med 2-3,5 % per dag, som sådden senarelades under augusti månad. När mellangrödorna skördades så bortfördes i genomsnitt 57 kg N, 9 kg P och 36 kg K per ha med biomassan.

Vidare är mellangrödor (och vall) godkända råvaror för produktion av biodrivmedel i Sverige, vilket leder till skattebefrielse bland annat vid tillverkning av fordonsgas och biogasol (Energimyndigheten 2015, Regeringen 2020).

Enligt Liebman m. fl. (2000) och Dabney m. fl. (2001) kan mellangrödor minska urlakningen av växtnäringssämnen och öka markkväveinnehållet, speciellt om kvävefixerande grödor används. Detta resultat modereras något i två nyare studier, en av Norberg m. fl. (2020) och en av Storr m. fl. (2021). I dessa studier har man bland annat undersökt den frostkänsliga mellangrödor oljerättika, både i Sverige (Lönnstorp, SLU Alnarp, Skåne) och i England (Cambridge). Studierna visar att oljerättika minskar halten av mineraliserat kväve, N-min, i jorden och minskar kväveutlakningen jämfört med när ingen mellangröda odlas. De visade även att koncentrationen av kväve i dräneringsvattnet, på årsbasis, från den 1 augusti–31 juli, generellt var lägre från de dränerade försöksytorna med oljerättika jämfört med ytor utan rättika. Koncentrationen av kväve i dräneringsvattnet var dock förhöjd under huvudavvattningsperioden (december–februari), vilket indikerar att en del av den stora mängd kväve som binds i oljerättikan gick förlorad före nästa huvudgrödor kväveupptag. Studien visar att frostkänsliga mellangrödor ger en kontinuerlig tillförsel av växttillgängligt kväve till marken, när mellangrödorna åldras och vissnar. De menar vidare att beroende på markfuktigheten och väderförhållandena under vintern, så kan det finnas risk för N-läckage, vilket indikerar att oljerättikan i viss mån bara fördröjt kväveläckaget till omgivningen. Risken för N-läckage under vintern från oljerättikan skulle troligen kunna minskas om mellangrödor skördas, enligt förslagen från bland annat från Molinuevo-Salces m. fl. (2013a,b), Szerencsits m. fl. (2015) och Blanco-Canqui m. fl. (2020).

I försök med mellangrödor efter tidig skörd av konservärt (mitten av juli) visas att odling av mellangrödor, oberoende om de skördas eller ej, är en lämplig strategi för att minska förlusterna av kväve, medan de relativt sett små fosforförlusterna inte minskar. Om mellangrödor gödslas är det viktigt att skapa goda förutsättningar för dess tillväxt, men efter konservärt finns det tillräckliga mängder kväve i marken för mellangrödor, även utan gödsling. Resultaten från lustgasmätningarna i försöken indikerar att skörd och bortförsl av mellangrödor kan vara ett sätt att minska dessa emissioner. Försöken genomfördes på lätt sandjord i södra Halland, Lilla Böslid, Hushållningssällskapet, under 2016-2017 (Aronsson m. fl. 2019).

Under 2018 införde Jordbruksverket flera förändringar i förgröningsstödet, som är inrättat för att främja den biologiska mångfalden och minska jordbrukets klimatpåverkan. En viktig förändring är att mellangrödor får odlas på ekologisk fokusareal och att begreppet ”mellangröda” används parallellt med ”fånggröda” i stödsystemen. Efter skörd av

huvudgrödan får man så en blandning av minst två mellangrödor och räkna dessa som ekologisk fokusareal. Blandningen av mellangrödor skall sås före den 1 september och skall bestå av minst två grödor från följande lista: betor, blodklöver, bovete, havre (vår), honungsört, korn (vår), oljerättika, persisk klöver, purrhavre, rajgräs, raps (vår), rybs (vår), råg (vår), rågvete (vår), rättika, solros, subklöver, sudangräs, tagetes, vete (vår), vicker, vitsenap, ärter. Mellangrödan på en ekologisk fokusareal får brytas tidigast den 1 november (SJV 2018). Även hampa i renbestånd är numera tillåten som mellangröda efter skörd av en huvudgröda (SBA 2021).

Fältförsök i en ekologisk växtföljd med färskpotatis, morot, lök och spannmål, genomförda 2014-2015 på Norra Åsum, visar att honungsört konkurrerar bra mot ogräs, medan oljerättika konkurrerar sämre. I detta fall etablerades mellangrödorna i början respektive i mitten av augusti (Hansson m. fl. 2020). Under 2016-2018 undersöktes i fortsatta fältförsök flera nya sommarmellangrödor parallellt med honungsört och oljerättika för att ge svar på vilka sommarmellangrödor som kan rekommenderas. Resultaten visar att oljerättika, honungsört, bovete och hampa, har bra förutsättningar att konkurrera mot ogräs, när de sås i mitten av juli. Detta under förutsättning att mellangrödorna etablerar sig bra och att de har en god tillväxt under sommaren och tidig höst. Gödning av sommarmellangrödorna, med ca 40 kg ammoniumkväve per ha, i form av biogödsel, resulterade generellt i något fler ogräs och en något ökad ogräsvikt, men med betydligt mer biomassa från mellangrödorna per hektar (Hansson m. fl. 2017a, Hansson m. fl. 2021).

Etablering av sommarmellangrödorna i mitten av juli månad begränsar vilka kulturer (t.ex. färskpotatis, tidig morot och ev. höstkorn) som de kan kombineras med. En senare etablering av mellangrödorna ökar möjligheterna till kombinationer med fler kulturer, som kan ingå i en hållbar växtföljd med t.ex. spannmål, kål, lök och matpotatis.

Både honungsört och oljerättika har gett mycket bra ogräseffekt, när de har etablerat sig väl efter sådd i mitten av augusti. Detta har konstaterats under flera års försök på Kronoslätt, vid Klagstorp i södra Skåne, (Olanders 2021). Både honungsört och oljerättika i renbestånd samt honungsört samodlad med blodklöver har gett bra ogräseffekt när dessa varit efter-sådda i mitten av augusti, efter skörd av stärkelsevete (Svensson m. fl. 2020). Oljerättika kan dock öka risken för klumprotsjuka i växtföljder med korsblommiga växter (Brassicaceae), t.ex. i huvudgrödorna kål, raps och rybs samt i fång- och mellangrödorna rättika och vitsenap.

I ett fältförsök med ovan nämnda mellangrödor, som genomförts under 2018, togs prover på rotbiomassa för bedömning av dess bidrag till kolinlagring i marken. Detta försök i Norra Åsum drabbades både av torra och av en relativ tidig frost på sensommaren, vilket påverkade mellangrödornas tillväxt negativt. Trots detta blev bidraget till uppbyggande av stabilt markkol 31-476 kg kol per ha och år, 75-1069 kg kol per ha och år och 64-724 kg kol per ha och år för ogödslade, gödslade respektive ogödslade mellangrödor samodlade med en baljväxt. Skördades mellangrödornas ovanjordiska växtdelar, bidrog 10 cm stubb och rötterna fortfarande med 14-185 kg kol per ha och år, 20-378 kg kol per ha och år och 20-357 kg kol per ha och år för ogödslade, gödslade respektive ogödslade mellangrödor samodlade med en baljväxt (Hansson m. fl. 2021). Detta kan jämföras med en markkoleffekt vid odling av havre och höstvetete som huvudgröda på 150 respektive 320 kg kol per ha och år (Björnsson m. fl. 2013).

Samodling av mellangrödorna med lämpliga baljväxter kan ytterligare förbättra ogräsbekämpningseffekten, utan att mellangrödorna behöver gödglas samt resultera i ökad biodiversitet i odlingslandskapet. Dessutom bör det resultera i minskad övergödning om

välutvecklade sommarmellangrödor skördas på hösten, t.ex. som foder eller som biogassubstrat, i stället för att myllas ner under senhösten. IVA (2019) pekar på denna möjlighet där mellangrödor skördas och används för biogasproduktion eller som foder.

Intresset för mellangrödor som foder har aktualiserats efter den mycket torra sommaren i södra Sverige 2018. Spörndly m. fl. (2019) beskriver ingående hur olika mellangrödor kan användas som ersättningsfoder till nötkreatur vid foderbrist. De skriver att en hel del mellangrödor såddes i juli 2018 med hopp om att regn till slut skulle komma. Tanken var att mellangrödorna skulle växa under augusti och september för att komplettera den tidigare låga grovfoderskörden. De rekommenderar snabbväxande arter, vilket kan resultera i en skörd på 2–3 ton ts per ha i början av oktober, om sådd sker senast den 1 augusti, och om regn kommer. Deras förslag på lämpliga arter är havre, råg, eller vallgräs, t.ex. westerwoldiskt rajgräs, alternativt kålväxter såsom oljerättika, vitsenap, grönfoderraps, fodermärgkål eller foderrova.

Material och metod

Fältförsök

Fältförsöket under 2019 var placerat på en sandjord vid Hellegården, Skepparslöv, väster om Kristianstad, hos Hushållningssällskapet Skåne (56,019295 N, 14,064928 Ö). All skötsel av försöket har utförts av Hushållningssällskapet Skåne, Kristianstad. Försöket inleddes med att vårkorn såddes den 25 april 2019. Vårkornet skördades vid två tillfällen inför etableringen av mellangrödorna. Vårkornet skördades som helsäd inför första såtidpunkten och som tröskad spannmålskärna före den andra och tredje såtidpunkten för mellangrödorna. Försöket bevattnades för att få en bra etablering och tillväxt hos mellangrödorna under sensommaren 2019.



Bild 1. Försöksfältet i Skepparslöv den 16 augusti. Mellangrödorna på bilden såddes den 11 juli 2019. Foto David Hansson

Försöket bestod av 12 försöksled med mellangrödor och 2 kontroller (Tabell 1):

- 8 försöksled med mellangrödor i renbestånd (A-D), varav 4 var gödslade och 4 var ogödslade.
- 4 ogödslade försöksled med samodlade mellangrödor (E-H).
- 2 kontroller utan mellangrödor (ogödslat och gödslat)

Tabell 1. Mellangrödor som ingick i försöket på Helgegården under 2019, utsädesmängd samt tusenkornvikt.

Mellangrödor	Utsädesmängd (kg/ha)	Tusenkorvikt (g)	Antal sådda frö (st/m ²)
A Bovete	60	25	240
B Honungört	12	1,9	630
C Hampa	25	11	225
D Oljerättika	15	13	115
E* Bovete + doftklöver	30 + 6	25 / 1,4	120 + 430
F Honungört + doftklöver	7,0 + 6	1,9 / 1,4	315 + 430
G Hampa + luddvicker	12,5 + 25	11 / 30	112 + 83
H Oljerättika + luddvicker	7,5 + 25	13 / 30	57 + 83

* Ca 16 % av blandningen är här en kvävefixerare (doftklöver) och ansluter därmed till förslaget om max 15 viktsprocent av baljväxter i en mellangrödeblandning för att vara en godkänd mellangröda, enligt förslag från Jordbruksverket hösten 2020 (SJV 2020).

Försöket upprepades randomiserat i tre block. Varje parcell var 4 m bred och 8 m lång. I samband med sådden gödslades 4 av de 8 försöksleden med mellangrödor i renbestånd, med 40 kg ammoniumkväve per ha, i form av biogödsel. De ogödslade mellangrödorna i försöket kan anses vara fånggrödor. I försöket gödslades inte de kvävefixerande mellangrödorna, eftersom kvävegödsling troligen inte skulle ge någon ökad biomassaproduktion jämfört med ogödslat.

Före sådden av mellangrödorna bearbetades fältet i följande ordning med:

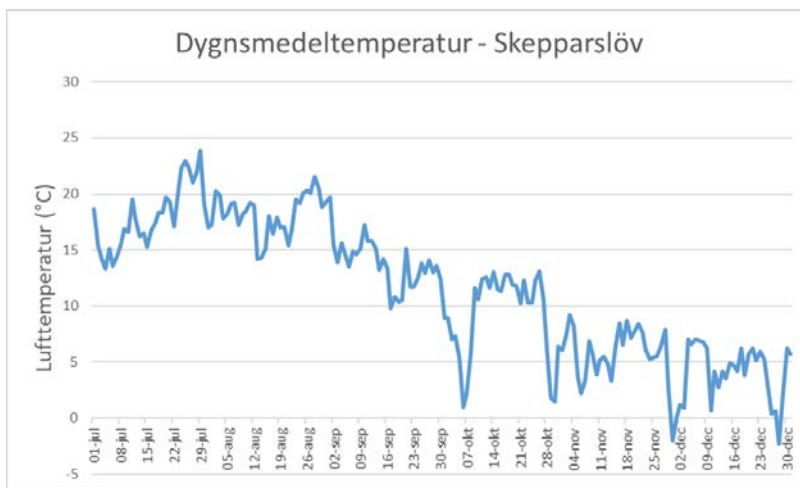
- Tallriksredskap, 1 gång.
- Såbäddsharv, 2 gånger.
- Vältning, Cambridge vält, 1 gång före sådd och 1 gång efter sådd.

Sådden utfördes vid tre tidpunkter 11 juli, 29 juli och 31 augusti och såmaskinen var utrustad med släpbillar. Mellangrödorna i renbestånd såddes på 12,5 cm radavstånd. När mellangrödorna samodlades med de kvävefixerande mellangrödorna (luddvicker alt. doftklöver) så etablerades de med varannan såbill på såmaskinen. Avståndet mellan raderna av mellangrödor blev då 25 cm och mitt däremellan såddes luddvicker alt. doftklöver. Detta betyder att radavståndet mellan de samodlade grödorna blev 12,5 cm.

Temperaturen under försöksperioden - 1 juli till 31 december 2019

Temperaturen är en viktig faktor för sommarmellangrödornas tillväxt och utveckling under sensommaren, liksom för dess invintring alternativt avdödning under senhösten. I figur 1 visas dygnsmedeltemperaturen och i figur 2 den lägsta temperaturen som uppnåddes under den tid som försöket med sommarmellangrödor pågick under 2019 på Helgegården vid Skepparslöv.

Utifrån temperaturdata som presenteras i figur 1 har vi beräknat temperatursumman (graddagar) för de tre etableringstidpunkterna fram till den 18 nov 2019. För de tre etableringstidpunkterna blev temperatursumman 1134, 878 respektive 442, när basen var 5 °C i beräkningen.



Figur 1. Dygnsmedeltemperatur under försöksperioden på Skepparslöv 2019.

I figur 2 framgår tydligt att det fanns två rejäla frostknäppar, med temperaturer ner mot -5 °C, både i början och i slutet av oktober, d.v.s. minst en månad före jordprovtagningen, i början av december, inför bestämning av mängden mineraliserat kväve (N-min) i mellangrödornas jordprofil, 0-90 cm.



Figur 2. Lägsta temperatur under försöksperioden på Skepparslöv 2019.

Metod för ogräsinventering och grödans marktäckningsgrad

Ogräsavläsningar utfördes i mellangrödorna:

- vid 2 tillfällen den 29 augusti och 24 september efter sådden den 11 juli,
- vid 2 tillfällen den 2 oktober och 5 december efter sådden den 29 juli,
- vid 2 tillfällen den 20 november och 5 december efter sådden den 31 augusti.

För mellangrödorna som såddes den 11 juli räknades antalet ogräs vid de båda avläsningstillfällena och ogräset vägdes vid det sista avläsningstillfället.

För mellangrödorna som såddes den 29 juli vägdes och räknades antalet ogräs vid det första avläsningstillfället och vid det sista avläsningstillfället bestämdes spillsädens marktäckningsgrad okulärt.

För mellangrödor sådda den 31 augusti avlästes spillsädens marktäckningsgrad okulärt och ogräsvikten vägdes vid det första avläsningstillfället och vid det sista avläsningstillfället vägdes och räknades antalet ogräs.

Sommarmellangrödornas bladyteindex (LAI) mättes den 2 oktober för de mellangrödor som såddes den 29 juli. Mellangrödans bladyteindex mättes med hjälp av SunScan Canopy Analysis System (SunScan, 2021; <http://www.delta-t.co.uk/product/sunscan>).

Provtagning - biomassaskörd

Den 15 september, 9 oktober och 18 november togs prover i fältförsöket för att uppskatta mellangrödornas biomassaavkastning och utifrån denna även mellangrödornas bidrag till markkolsuppsygnad. 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.

Provhantering

Biomassan torkades vid 65°C i ca 48 timmar (tills vikten på provet blev stabil). Biomassaavkastningen bestämdes som mängden torrsbstans (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 tre delar; rot (allt underjordisk), stubb (0-10 cm över markytan) och skörd (>10 cm över markytan). Biomassan torkades vid 65°C i ca 48 timmar (tills vikten blev stabil).

Representativa delprover om 10-20 g var från skördefraktionerna och rotfraktionen maldes med en IKA knivkvärv. 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 noterades och kapseln förslöts försiktigt med hjälp av en pincett.

Analyser

Den totala halten av kol och kväve i mellangrödornas ovanjordiska och underjordiska biomassa analyserades i proven med hjälp av en elementaranalysator (Flash 2000, Thermo Scientific) med externa standarder acetanilid (N-fenylacetamid) och kända referensprov för kvantifiering.

Beräkningar

Kolhalten från kol/kväve-analyserna, användes för att korrigera för föroreningar av växtmaterialet med jordpartiklar, genom att justera vikten av växtmaterialet mot en referenskolhalt på 42,5 % (Ma m. fl. 2018). Kvävehalten korrigerades med samma förhållande mellan uppmätt kolhalt och referenskolhalt. Viktförhållanden mellan skörd och stubb beräknades liksom viktförhållanden mellan skörd och rotbiomassa.

Uppskattning av markkolsbidrag

Markkolsbidraget av mellangrödornas olika delar (skörd, stubb, rötter) uppskattades utifrån biomassaavkastningen, viktförhållanden mellan de olika plantdelarna och en humifieringskoefficient på 0,12 för ovanjordisk biomassa och 0,35 för rotbiomassa (Kätterer m. fl. 2011). Förutom själva rotbiomassan antogs även rotexudater bidra till markkol, vilket uppskattades som 65 % av rötternas kolbidrag (Bolinder m. fl. 2007).

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

I början av december 2019 togs jordprov i hela försöket, för de tre såtidpunkterna, på tre djup i jordprofilen, 0-30, 30-60 och 60-90 cm, för att undersöka om mellangrödornas såtidpunkt påverkar markens innehåll av mineraliserat kväve, N-min, på senhösten. Totalt analyserades 405 jordprov på dess innehåll av NO₃-N och NH₄-N, vid Inst. för biosystem och teknologi, SLU Alnarp, för att bestämma hur mycket mineraliserat kväve som det fanns i jordprofilen.

Resultat

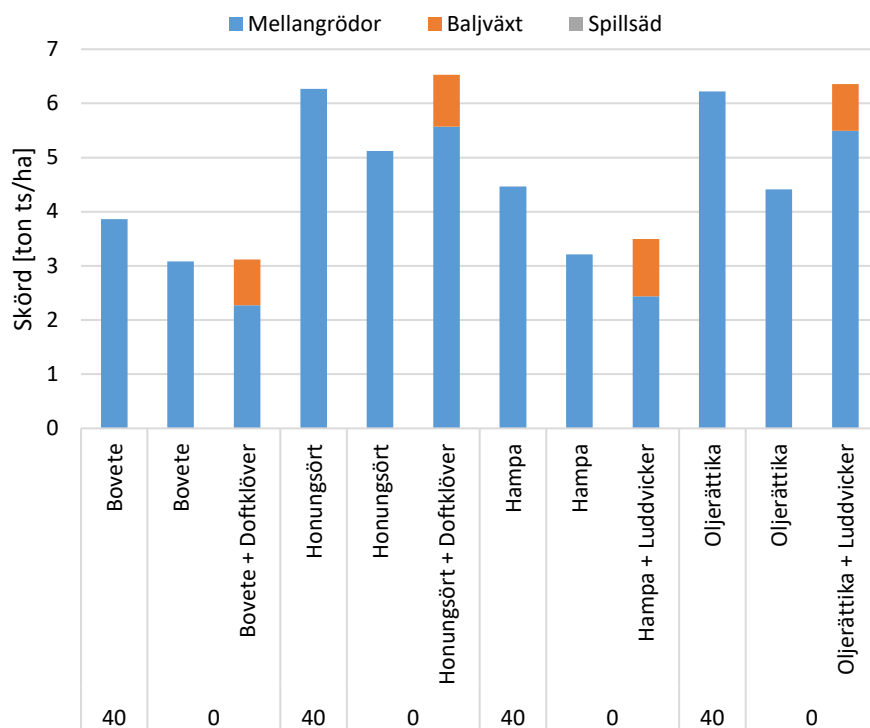
Genom det nu genomförda projektet där fyra olika sommarmellangrödor, etablerade i renbestånd respektive samodlade med en kvävefixerande gröda, och etablerade i början av juli, i slutet av juli och i slutet av augusti, med och utan gödsling med 40 kg ammoniumkväve per hektar, i form av biogasgödsel, så kan vi ge mycket säkrare svar på vilka sommarmellangrödor som kan rekommenderas framöver, vilka såtidpunkter som är lämpliga för de olika mellangrödorna och om de behöver gödslas med kväve för att ge en bra tillväxt, en stor kolinlagring i marken, en bra ogräsbekämpningseffekt och en stor biomassaskörd samt hur N-min i marken på senhösten påverkas av de gödslade respektive ogödslade mellangrödorna.

Biomassaavkastning och markkolsbidrag vid såtidpunkt nr 1 (11 juli)

Provtagning 15 september

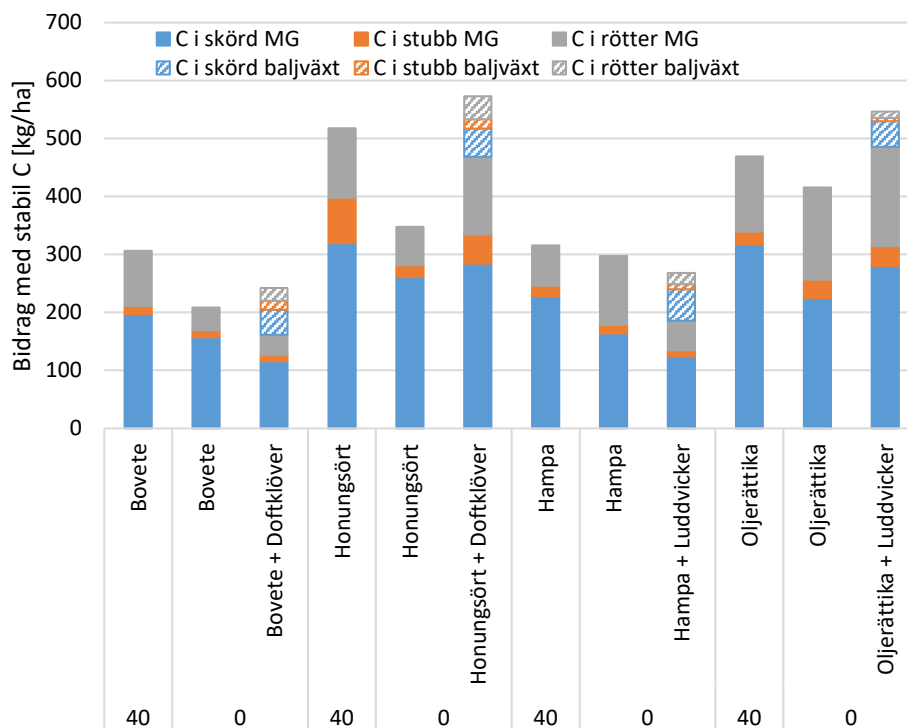
Vid provtagningen den 15 september gav mellangrödorna, vid en stubbhöjd på 10 cm, en skörd av ovanjordisk biomassa på 3,1-6,5 ton ts per ha (Figur 3). De ej kvävefixerande mellangrödornas andel av totalskörden varierade mellan 70 och 100 % och resterande andel var kvävefixerande mellangrödor. Ogräs och spillsäd bidrog inte med biomassa.

När de ej kvävefixerande mellangrödorna var gödslade, så producerade de i snitt 16 % mer biomassa jämfört med när de var ogödslade eller när dessa ogödslade mellangrödor var samodlade med en baljväxt. I den samodlade honungsörten och den samodlade oljerättikan hjälpte doftklövern respektive luddvickern att öka biomassaavkastningen till samma nivå som gödslad honungsört. I samodlad ogödslad hampa ökade luddvickern biomassaavkastningen, men inte upp till nivån som gödslad hampa i renbestånd hade. Kvävehalten i mellangrödornas biomassa var i medeltal 2,83 % (1,34-5,68 %) och mellangrödornas ovanjordiska biomassa innehöll i medeltal 155 (65-346) kg kväve per hektar, av vilket 85 (52-98) % skulle kunna skördas, vid en stubbhöjd på 10 cm.



Figur 3. Biomassaavkastning [ton ts/ha] av icke kvävefixerande mellangröda, baljväxt (kvävefixerande mellangröda), spillsäd och ogräs vid provtagningen den 15 september efter sådd den 11 juli (1:a etableringstidpunkten).

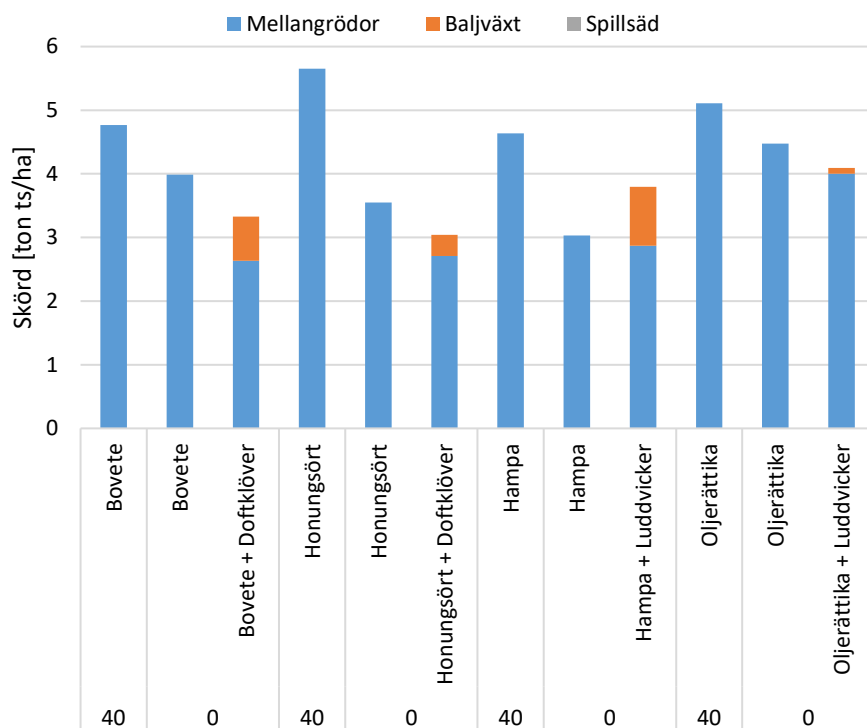
Den totala biomassan från mellangrödorna, ovan och under jord, bidrog med 210-570 kg stabilt kol per hektar om hela mellangrödorna "plöjs ned", respektive 50-240 kg stabilt kol per hektar om mellangrödorna skördas och bara rötter och stubb på 10 cm bidrar till markkolsupbyggnaden (Figur 4). Vid samodling med en baljväxt stod den icke kvävefixerande mellangrödan i snitt för 80 % av markkolsbidraget. Gödslade mellangrödor i renbestånd bidrog i snitt med 27 % mer respektive lika mycket stabilt kol jämfört med ogödslade respektive samodlade ogödslade mellangrödor. De samodlade mellangrödorna bidrog i snitt med 28 % mer stabilt kol jämfört med ogödslade mellangrödor. Honungsört som var gödslad samt honungsört och oljerättika som var samodlade, bidrog med mer än 500 kg stabilt kol per ha.



Figur 4. Uppskattat markkolsbidrag i form av stabilt kol [kg/ha] av mellangrödorna och eventuell baljväxt vid provtagningen den 15 september efter sådd den 11 juli (1:a etableringstidpunkten).

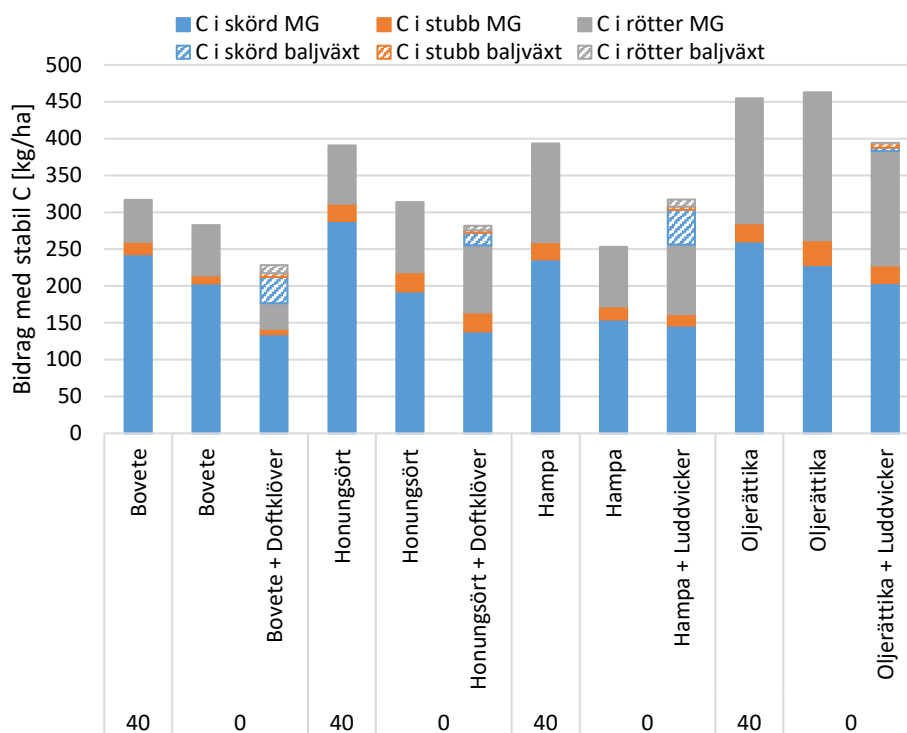
Provtagning 9 oktober

Vid provtagningen den 9 oktober gav mellangrödorna, vid en stubbhöjd på 10 cm, en skörd av ovanjordisk biomassa på 3,0–5,7 ton ts per ha (Figur 5). De ej kvävefixerande mellangrödornas andel av totalskörden varierade mellan 76 och 100 %. Avkastningen av honungsörten hade minskat betydligt, förmodligen hade växterna vissnat pga. några tidiga frostnätter. Gödslade mellangrödor producerade i snitt 31 % mer biomassa jämfört med ogödslade mellangrödor eller mellangrödor samodlade med en baljväxt. I alla mellangrödor bidrog baljväxten bara i mycket begränsat omfattning, och för bovete, honungsört och oljerättika var den totala biomassaavkastningen lägre jämfört med den ogödslade mellangrödorna i renbestånd. Ogräs och spillsäd bidrog inte med biomassa. Kvävehalten i mellangrödornas biomassa var i medel 2,20 % (1,49–3,57 %) och mellangrödornas ovanjordiska biomassa innehöll i medeltal 111 (45–185) kg kväve per hektar, av vilket 86 (67–94) % skulle kunna skördas, vid en stubbhöjd på 10 cm.



Figur 5. Biomassaavkastning [ton ta/ha] av icke kvävefixerande mellangröda, baljväxt (kvävefixerande mellangröda), spillsäd och ogräs vid provtagningen den 9 oktober efter sådd den 11 juli (1:a etableringstidpunkten).

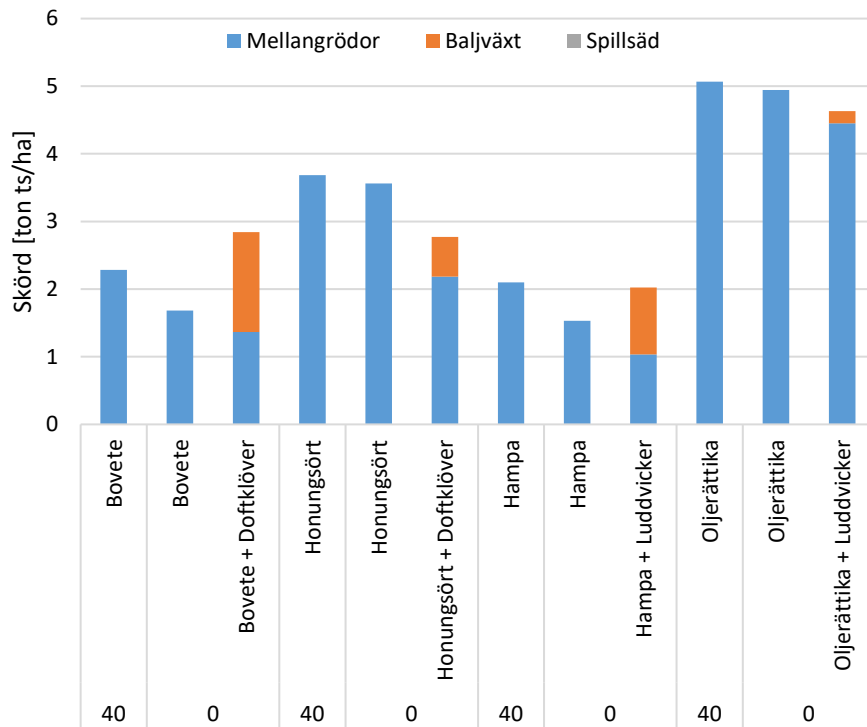
Mellangrödorna bidrog med 230-460 kg stabilt kol per hektar, om hela mellangrödan “plöjs ned”, respektive 60-230 kg stabilt kol per hektar om mellangrödan skördas och bara rötter och stubb bidrar till markkolsupbyggnaden (Figur 6). Vid samodling stod de icke kvävefixerande mellangrödorna i snitt för 88 % av bidraget, andelen från baljväxterna hade minskat något sedan provtagningen i september. Gödslade mellangrödor bidrog i snitt med 24 respektive 27 % mer stabilt kol, jämfört med ogödslade respektive samodlade mellangrödor. Samodlade mellangrödor bidrog i snitt med lika mycket stabilt kol jämfört med ogödslade mellangrödor. Den gödslade och ogödslade oljerättikan bidrog med runt 450 kg stabilt kol per hektar.



Figur 6. Uppskattat markkolsbidrag i form av stabilt kol [kg/ha] av mellangrödorna och eventuell baljväxt vid provtagningen den 9 oktober efter sådd den 11 juli (1:a etableringstidpunkten).

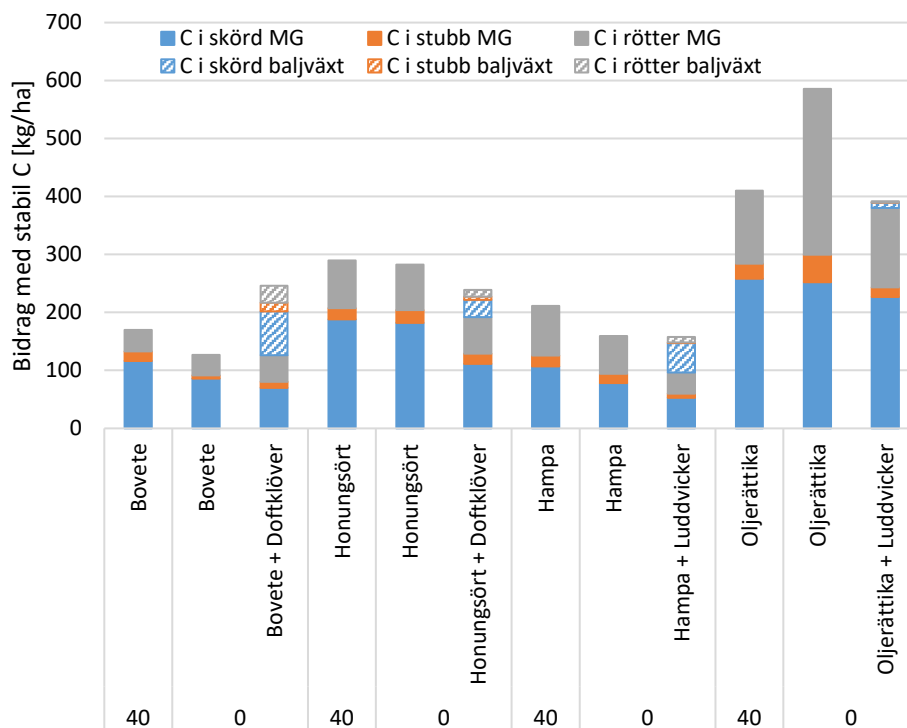
Provtagning 18 november

Vid provtagningen den 18 november gav mellangrödorna, vid en stubb höjd på 10 cm, en skörd av ovanjordisk biomassa på 1,5-5,1 ton ts per ha (Figur 7). De ej kvävefixerande mellangrödornas andel av totalskörden varierade mellan 48 och 100 %. När dessa mellangrödor var gödslade producerade de i snitt 8 % mer biomassa jämfört med när de var ogödslade respektive när de var samodlade med en baljväxt. Avkastningen av bovete, honungssört och hampa i renbestånd hade minskat pga. att växterna hade blommat över och börjat vissna. Den gödslade oljerättikan fortsatte växa, dock förblev biomassaavkastningen ungefär lika jämfört med provtagningen i oktober, medan den ogödslade oljerättikan ökade biomassaavkastningen något. Kvävehalten i mellangrödornas biomassa var i medel 2,93 % (0,67-6,77 %) och mellangrödornas biomassa ovan mark innehöll i medeltal 128 (18-402) kg kväve per hektar, av vilket 86 (73-98) % skulle kunna skördas, vid en stubb höjd på 10 cm.



Figur 7. Biomassaavkastning [ton ts/ha] av icke kvävefixerande mellangröda, baljväxt (kvävefixerande mellangröda), spillsäd och ogräs vid provtagningen den 18 november efter sådd den 11 juli (1:a etableringstidpunkten).

Mellangrödorna bidrog med 130-590 kg stabilt kol per hektar, om hela mellangrödoran plöjs ned, respektive 40-330 kg stabilt kol per hektar om mellangrödoran skördas och bara rötter och stubb bidrar till markkolsuppbyggnaden (Figur 8). Vid samodling med en baljväxt stod den icke kvävefixerande mellangrödoran i snitt för 76 % av bidraget. Markkolsbidraget från baljväxterna hade därmed ökat sedan provtagningen i oktober. Gödslade mellangrödor bidrog i snitt med 6 % mindre respektive 9 % mer stabilt kol jämfört med ogödslade respektive samodlade mellangrödor. Samodlade mellangrödor bidrog i snitt med 14 % mindre stabilt kol jämfört med ogödslade mellangrödor. Den ogödslade oljerättikan bidrog med mer än 600 kg stabilt kol per hektar. Den gödslade och den samodlade oljerättikan hade nu ett något mindre markkolsbidrag jämfört med provtagningen i oktober, runt 400 kg stabilt kol per hektar.

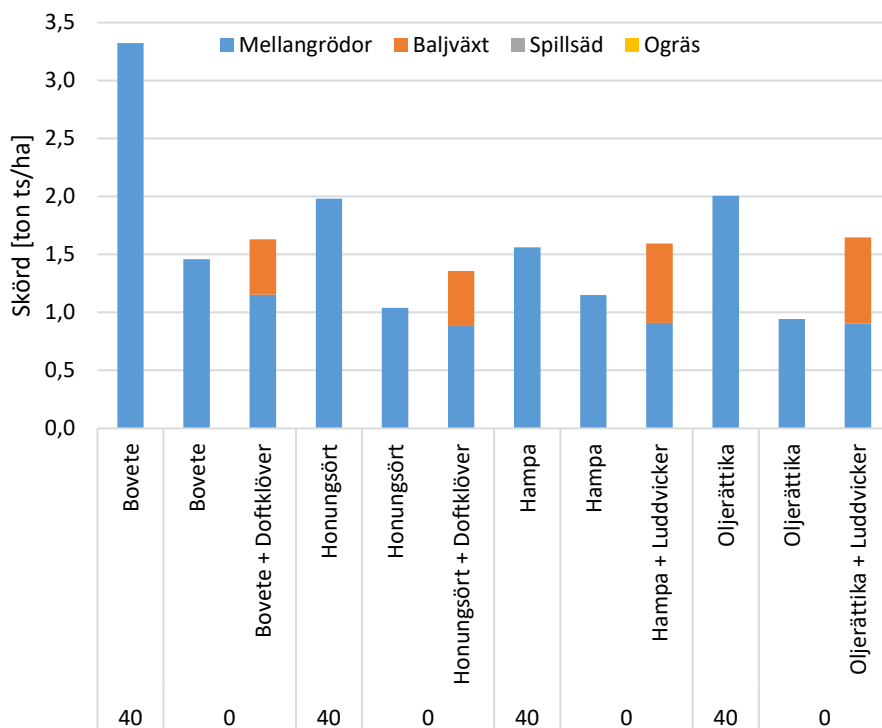


Figur 8. Uppskattat markkolsbidrag i form av stabilt kol [kg/ha] av mellangrödan och eventuell baljväxt vid provtagningen den 18 november efter sådd den 11 juli (1:a etableringstidpunkten).

Biomassaavkastning och markkolsbidrag vid såtidpunkt nr 2 (29 juli)

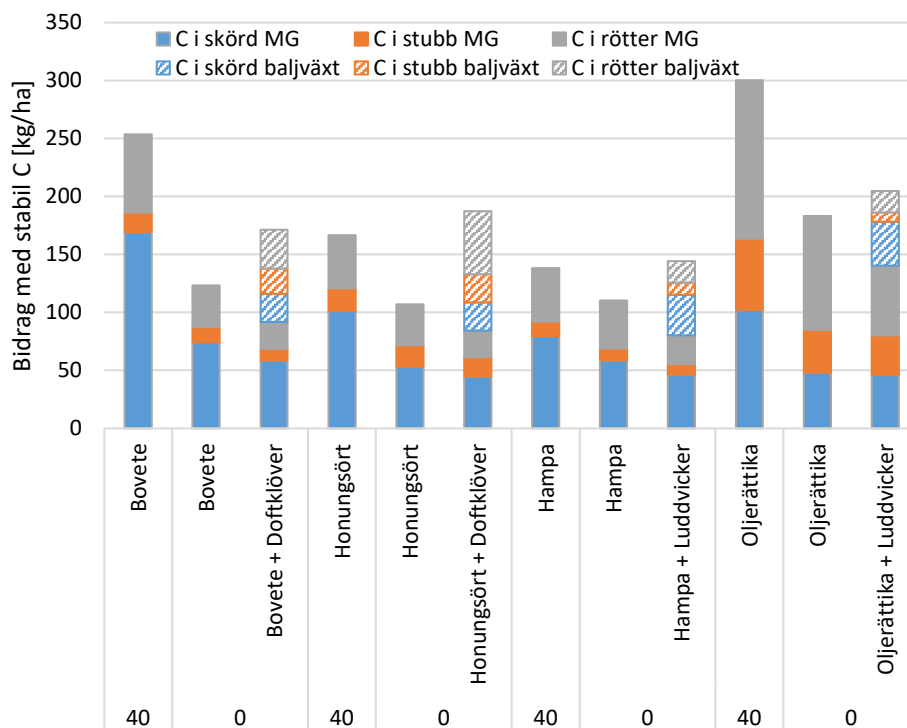
Provtagning 15 september

Vid provtagningen den 15 september var det bara bovete, som generellt har en mycket snabb uppkomst och som bidrog med en nämnvärd mängd biomassa. Avkastningen för alla mellangrödor låg på 0,9-3,3 ton ts per ha (Figur 9). De icke kvävefixerande mellangrödornas andel av totalskörden varierade mellan 55 och 100 %. När dessa mellangrödor var gödslade producerade de i snitt 50 % mer biomassa jämfört med när de var ogödslade respektive när de var samodlade med en baljväxt. Baljväxterna bidrog med 0,5-0,7 ton ts per ha till den producerade biomassan. Samodlad honungssört, hampa och oljerättika hade 48 % högre biomassaavkastningen jämfört med när mellangrödan var ogödslad och i renbestånd. Kvävehalten i mellangrödornas biomassa var i medel 2,81 % (1,23-4,48 %) och mellangrödornas ovanjordiska biomassa innehöll i medel 71 (18-198) kg kväve per hektar, av vilket 70 (35-89) % skulle kunna skördas, vid en stubbhöjd på 10 cm.



Figur 9. Biomassaavkastning [ton ts/ha] av icke kvävefixerande mellangröda, baljväxt (kvävefixerande mellangröda), spillsäd och ogräs vid provtagningen den 15 september efter sådd den 29 juli (2:a etableringstidpunkten).

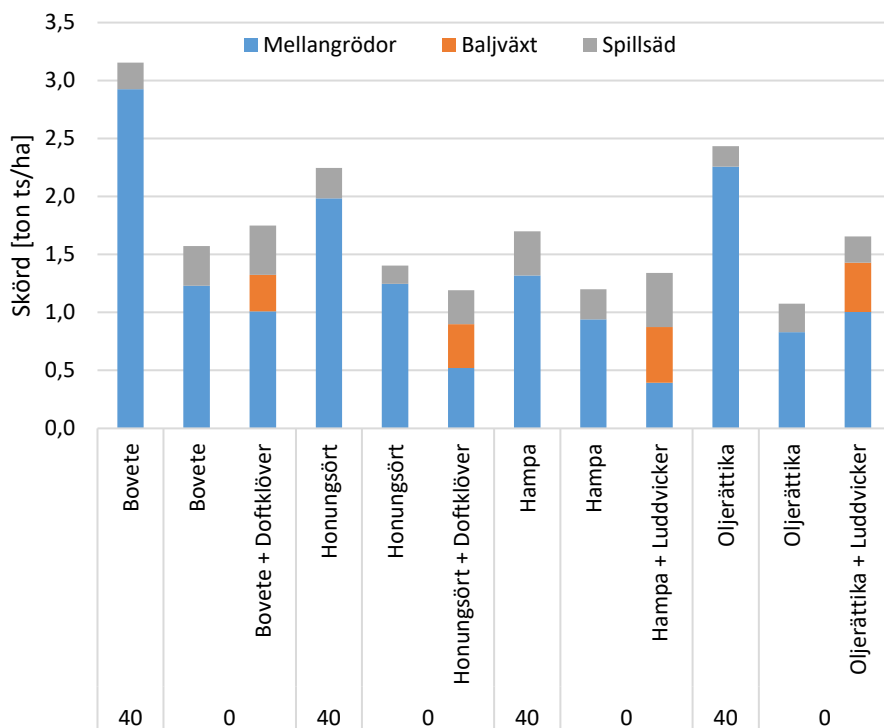
Mellangrödorna bidrog med 110-300 kg stabilt kol per hektar om hela mellangrödoran plöjs ned respektive 50-200 kg stabilt kol per hektar om de skördas och bara rötter och stubb bidrar till kolinlagringen (Figur 10). Det var dock bara bovete och hampa som hade en tillväxt över 10 cm stubb som skulle kunna skördas. Vid samodling med en baljväxt stod den icke kvävefixerande mellangrödoran i snitt för bara 56 % av markkolsbidraget. När de icke kvävefixerande mellangrödorna var gödslade bidrog de i snitt betydligt mer, relativt sett, nämligen med 64 respektive 21 % mer stabilt kol, jämfört med när de var ogödslade respektive samodlade med baljväxter. De samodlade mellangrödorna bidrog med 35 % mer markkol jämfört med ogödslade mellangrödor, trots halverad utsädesmängd, dock med ett tydligt bidrag från baljväxten.



Figur 10. Uppskattat markkolsbidrag i form av stabil kol [kg/ha] av mellangrödan och eventuell baljväxt vid provtagningen den 15 september efter sådd den 29 juli (2:a etableringstidpunkten).

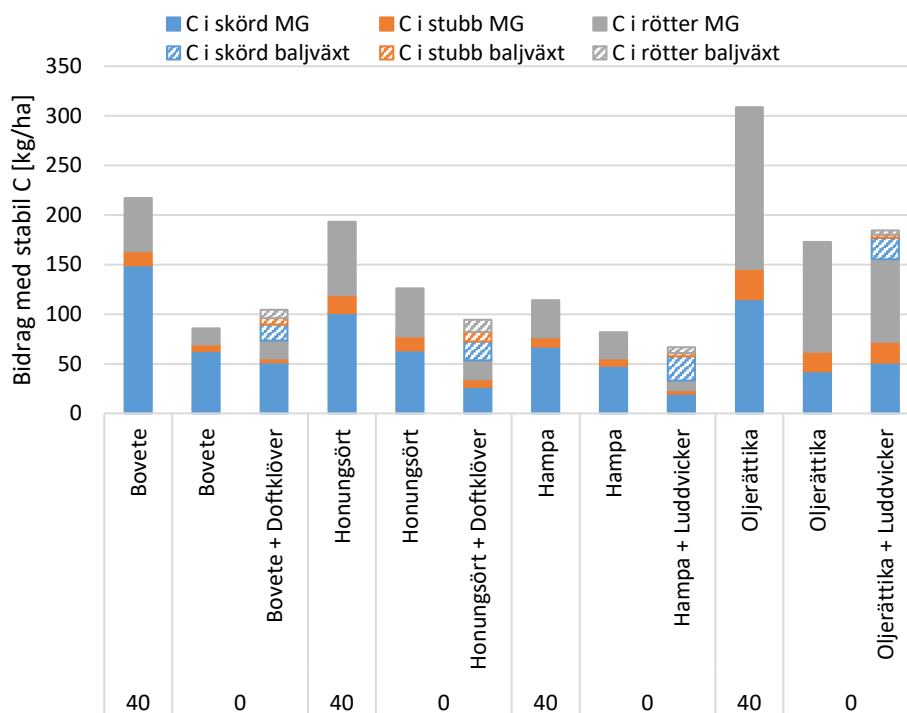
Provtagning 9 oktober

Vid provtagningen den 9 oktober så hade oljerättika i renbestånd växt ifatt bovete och hampa (Figur 11). De tre mellangrödorna hade en biomassaavkastning på 0,4–2,9 ton ts per ha, medan honungssörten producerade 0,5–2,0 ton ts per ha. Den icke kvävefixerande mellangrödans andel av totalskörden varierade mellan 29 och 93 %. När dessa mellangrödor var gödslade producerade de i snitt 55 % mer biomassa, jämfört med när de var ogödslade respektive samodlade med en baljväxt. För bovete och oljerättika bidrog baljväxten med extra biomassa utöver det som den ogödslade mellangrödan producerade. Spillsäd producerade upp till 470 kg ts per ha i biomassa. Kvävehalten i mellangrödornas biomassa var i medel 2,41 % (1,27–4,37 %) och mellangrödornas ovanjordiska biomassa innehöll i medel 44 (19–88) kg kväve per hektar, av vilket 75 (30–91) % skulle kunna skördas, vid en stubb höjd på 10 cm.



Figur 11. Biomassaavkastning [ton ts/ha] av icke kvävefixerande mellangröda, baljväxt (kvävefixerande mellangröda), spillsäd och ogräs vid provtagningen den 9 oktober efter sådd den 29 juli (2:a etableringstidpunkten).

Mellangrödorna bidrog med 70-310 kg stabilt kol per hektar, om hela mellangrödan “plöjs ned”, respektive 20-190 kg stabilt kol per hektar om mellangrödan skördas och bara rötter och stubb bidrar till markkolsuppbbyggnaden (Figur 12). När den icke kvävefixerande mellangrödan samodlades med en baljväxt stod den i snitt för 70 % av bidraget, där baljväxtens andel av markkolsbidraget förblev oförändrat sedan provtagningen i september. På grund av den starka tillväxten i den gödslade oljerättikan bidrog gödslade mellangrödorna i snitt betydligt mer relativt sett, nämligen med 73 respektive 80 % mer stabilt kol, jämfört med ogödslade respektive samodlade mellangrödor. Samodlade mellangrödor bidrog i snitt med lika mycket stabilt kol, jämfört med ogödslade mellangrödor. Bovete och honungsört som var gödslade bidrog med runt 200 kg stabilt kol per hektar, medan den gödslade oljerättikan bidrog med över 300 kg stabilt kol per hektar.

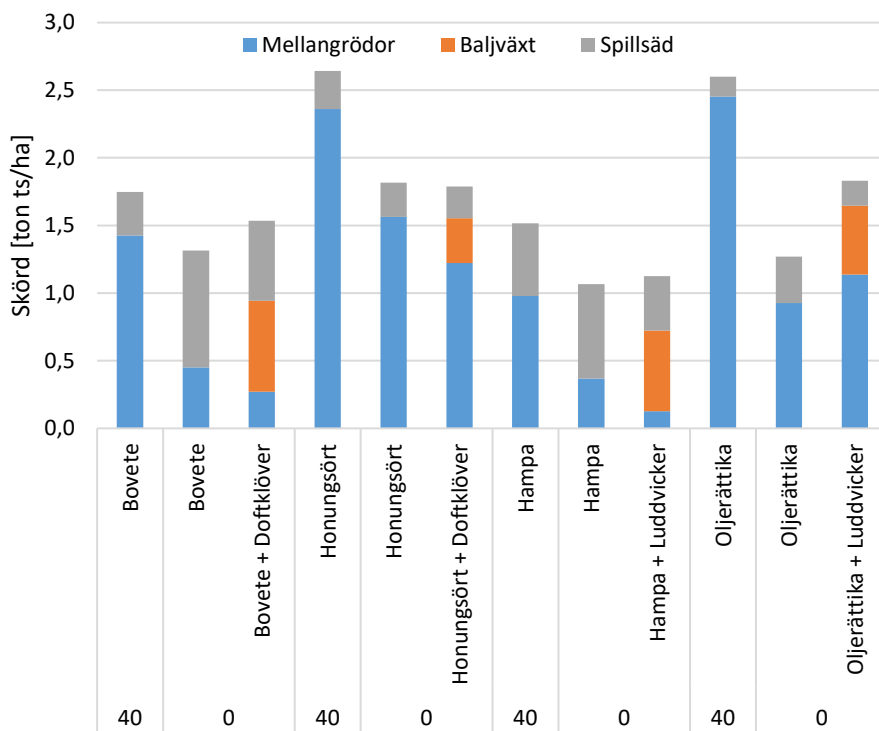


Figur 12. Uppskattat markkolsbidrag i form av stabilt kol [kg/ha] av mellangrödan och eventuell baljväxt vid provtagningen den 9 oktober efter sådd den 29 juli (2:a etableringstidpunkten).

Provtagning 18 november

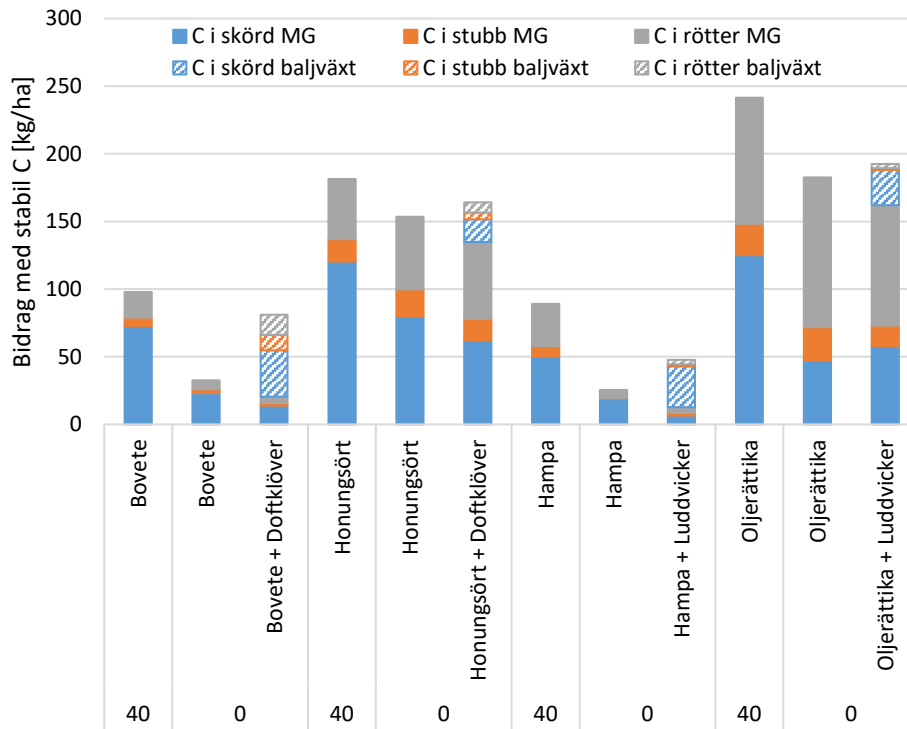
Vid provtagningen den 18 november hade tillväxten avstannat i alla mellangrödor.

Avkastningen minskade dock för bovete efter några frostiga nätter som gjorde att plantorna vissnade (Figur 13). Mellangrödorna hade en biomassaavkastning på 1,1–2,6 ton ts per ha, där deras andel av totalskörden varierade mellan 11 och 94 %. När dessa mellangrödor var gödslade producerade de i snitt 35 % mer biomassa jämfört med när de var ogödslade eller samodlade med en baljväxt. Baljväxterna bidrog i stor omfattning till den producerade biomassan men kunde inte öka avkastningen utöver nivån i den gödslade mellangrödan. För hampa ledde samodling inte till en ökning av biomassaavkastningen. Spillsäd producerade upp till 860 kg ts per ha i biomassa. Kvävehalten i mellangrödornas biomassa var i medel 2,49 % (0,52-4,69 %) och mellangrödornas ovanjordiska biomassa innehöll i medel 46 (2-190) kg kväve per hektar, av vilket 80 (50-95) % skulle kunna skördas, vid en stubbhöjd på 10 cm.



Figur 13. Biomassaavkastning [ton ts/ha] av icke kvävefixerande mellangröda, baljväxt (kvävefixerande mellangröda), spillsäd och ogräs vid provtagningen den 18 november efter sådd den 29 juli (2:a etableringstidpunkten).

Mellangrödorna bidrog med 30-240 kg stabilt kol per hektar, om hela mellangrödan “plöjs ned”, respektive 10-140 kg stabilt kol per hektar om mellangrödan skördas och bara rötter och stubb bidrar till markkolsupbyggnaden (Figur 14). När de icke kvävefixerande mellangrödorna samodlades med en baljväxt stod de icke kvävefixerande mellangrödorna i snitt för 68 % av bidraget, andelen markkolsbidrag från baljväxten låg därmed ganska stabilt sedan provtagningen i oktober. En gödslad icke kvävefixerande mellangröda bidrog med betydligt mer stabilt kol, 62 %, jämfört med om den var ogödslad. Samodlade mellangrödor bidrog i snitt med 29 % mer stabilt kol jämfört med ogödslade mellangrödor, men 21 % mindre jämfört med gödslade mellangrödor. Gödslad honungsört och oljerättika i renbestånd bidrog med runt 180 respektive 240 kg stabilt kol per hektar. Samodling lyfte avkastningen över det ogödslade alternativet, men inte i paritet med gödslade mellangrödor. Pga. att bovete redan hade vissnat bidrog doftklöver i samodlingen med över 60 % av markkolsbidraget.

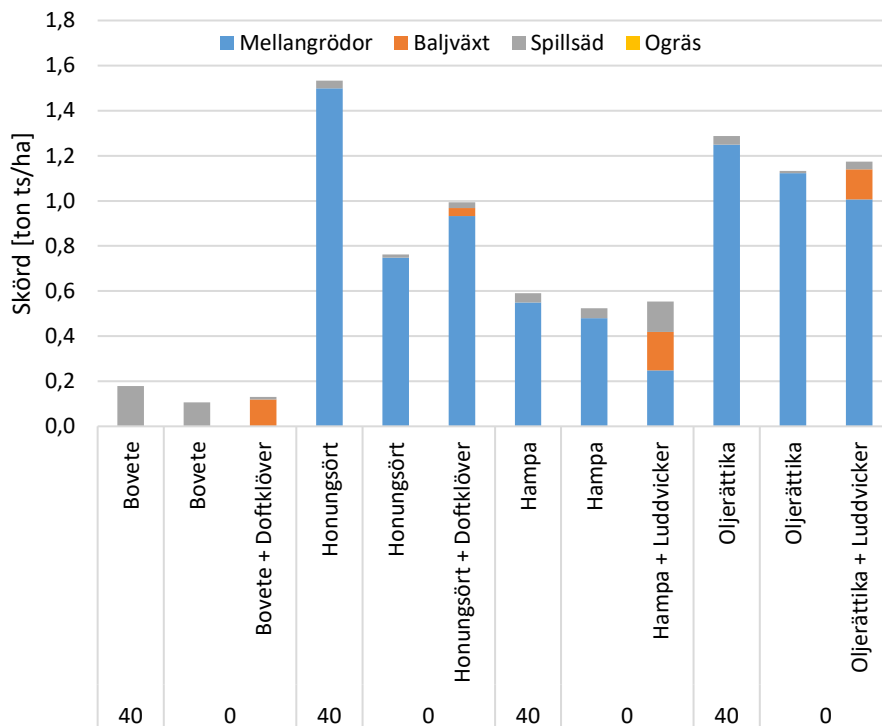


Figur 14. Uppskattat markkolsbidrag i form av stabilt kol [kg/ha] av mellangrödan och eventuell baljväxt vid provtagningen den 18 november efter sådd den 29 juli (2:a etableringstidpunkten).

Biomassaavkastning och markkolsbidra vid såtidpunkt nr 3 (31 augusti)

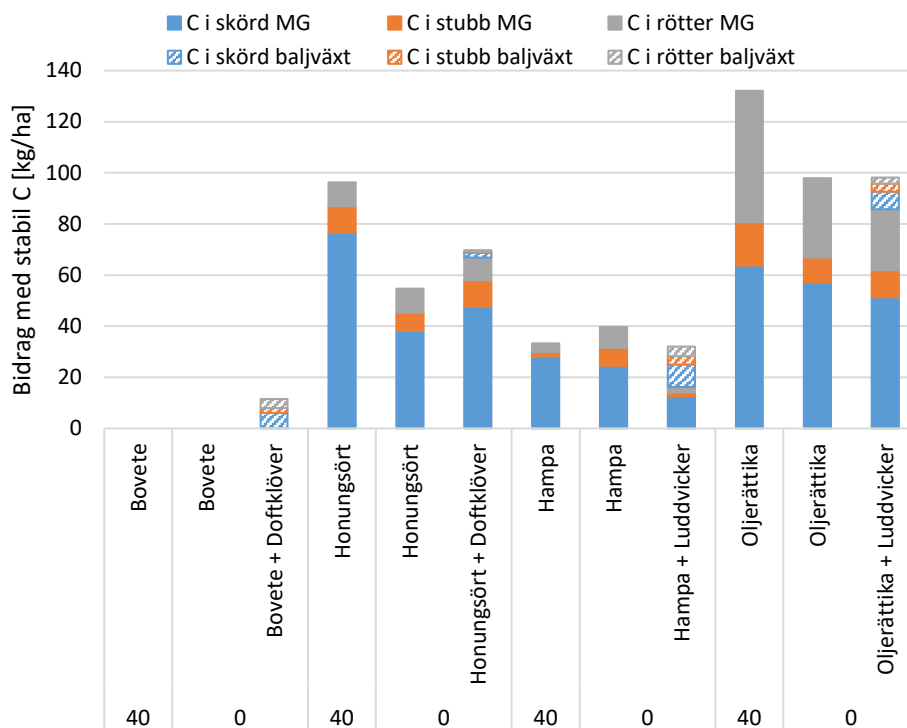
Provtagning 18 november

Vid provtagningen den 18 november gav honungsört, hampa och oljerättika, vid en stubbhöjd på 10 cm, en skörd av ovanjordisk biomassa på 0,5-1,5 ton ts per ha (Figur 15). Dessa mellangrödors andel av totalskörden var 45-99 %. Bovete hade inte etablerat sig. Spillsäd producerade upp till 180 kg ts per ha i biomassa. Kvävehalten i mellangrödornas biomassa var i medel 4,42 % (2,95-6,07 %) och mellangrödornas ovanjordiska biomassa innehöll i medel 43 (6-78) kg kväve per hektar, av vilket 80 % (57-95 %) skulle kunna skördas, vid en stubbhöjd på 10 cm.



Figur 15. Biomassaavkastning [ton ts/ha] av icke kvävefixerande mellangröda, baljväxt (kvävefixerande mellangröda), spillsäd och ogräs vid provtagningen den 18 november efter sådd den 31 augusti (3:e etableringstidpunkten).

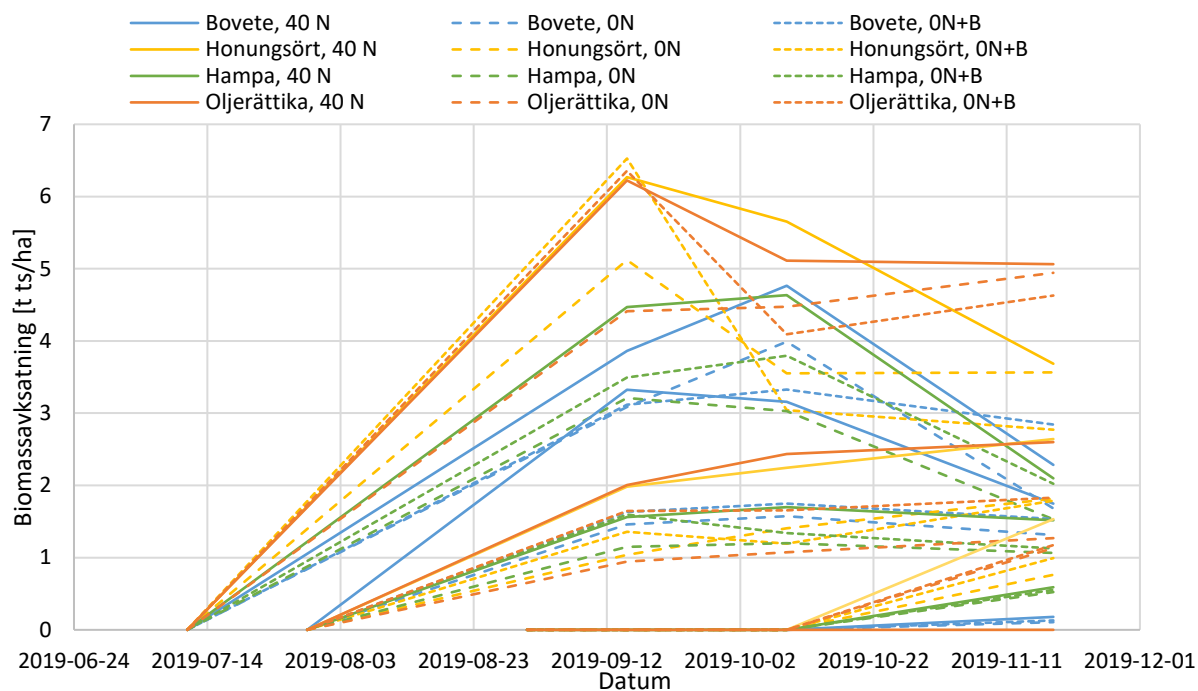
Mellangrödorna bidrog med 10-130 kg stabilt kol per hektar, om hela mellangrödorna plöjs ned, respektive 10-70 kg stabilt kol per hektar om mellangrödorna skördas och bara rötter och stubb bidrar till markkolsuppbbyggnaden (Figur 16). När de icke kvävefixerande mellangrödorna samodlades med en baljväxt, stod de icke kvävefixerande mellangrödorna i snitt för 84 % av bidraget. När de icke kvävefixerande mellangrödorna var gödslade bidrog de i snitt betydligt mer, relativt sett, nämligen med 40 respektive 65 % mer stabilt kol, jämfört med när de var ogödslade respektive samodlade med baljväxter. Gödslad honungsört och oljerättika i renbestånd bidrog med cirka 95 respektive 130 kg stabilt kol per hektar. Hampa etablerade sig, men bidrog med relativt lite stabilt kol, drygt 40 kg per hektar.



Figur 16. Uppskattat markkolsbidrag i form av stabilt kol [kg/ha] av mellangrödan och eventuell baljväxt vid provtagningen den 18 november efter sådd den 31 augusti (3:e etableringstidpunkten).

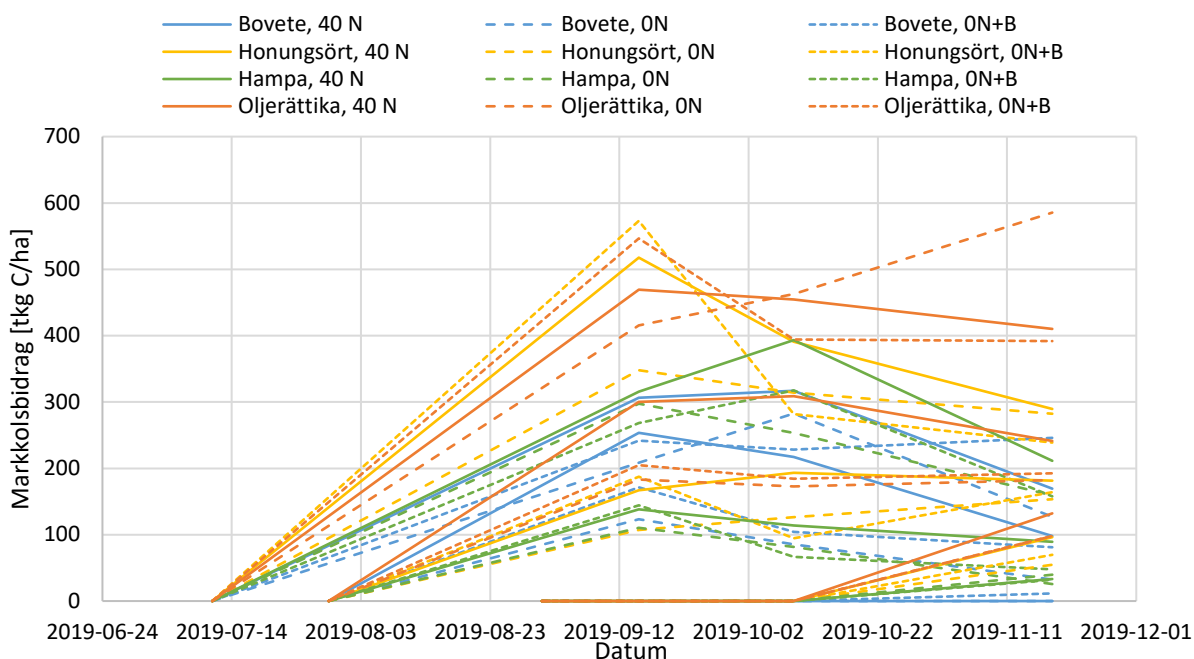
Biomassaavkastning och markkolsbidrag – sammanfattning

Mellangrödornas ovanjordiska biomassaavveckling över alla etablerings- och provtagningstidpunkter, ger en överblick över försöksresultaten, och visas i (Figur 17). En generell slutsats är att en senare etablering av mellangrödorna, i slutet av augusti, ger betydligt mindre biomassaavkastning. För bovete var tillväxten vid etablering den 29 juli ca 15 % mindre jämfört med etablering den 11 juli. Honungssört etablerad i slutet av augusti visar en mycket reducerad tillväxt över tid jämfört med en tidigare etablering. Tillväxten för gödslad oljerättika etablerad den 29 juli är dock snabbare än vid etableringen den 11 juli. Detta i samband med en lång tillväxtperiod, även efter korta frostknäppar, betyder att oljerättika fortfarande kan leverera biomassa sent in på hösten. Även ogödslad och samodlad oljerättika visar en bra tillväxt, där luddvicker i samodlingen levererar en stor del av biomassan. En ännu senare etablering den 31 augusti har lyckats för honungssört, hampa och oljerättika, dock inte för bovete som är mycket känslig för låga temperaturer.



Figur 17. Utveckling av biomassaavkastningen av mellangröderna över etablerings- och provtagningspunkter.

När det gäller markkolsbidraget så ser bilden ganska liknande ut (Figur 18). Allmänt ger oljerättika ett något större bidrag till markkolsuppbyggande, dels pga. sin stora ovanjordiska biomassatillväxt och dels är andelen rotbiomassa av den totala biomassan större jämfört med de andra mellangröderna. Trots att oljerättika tog lång tid att bilda biomassa i andra etableringsomgången, var tillväxten stark och fortsatte långt in i november och december. Utöver oljerättikan bidrog den gödslade honungsörten med ett bra tillskott till markkolet även när den etablerades sent under sommaren. Även hampa bidrog med stora mängder kol i första och andra etableringsomgången.



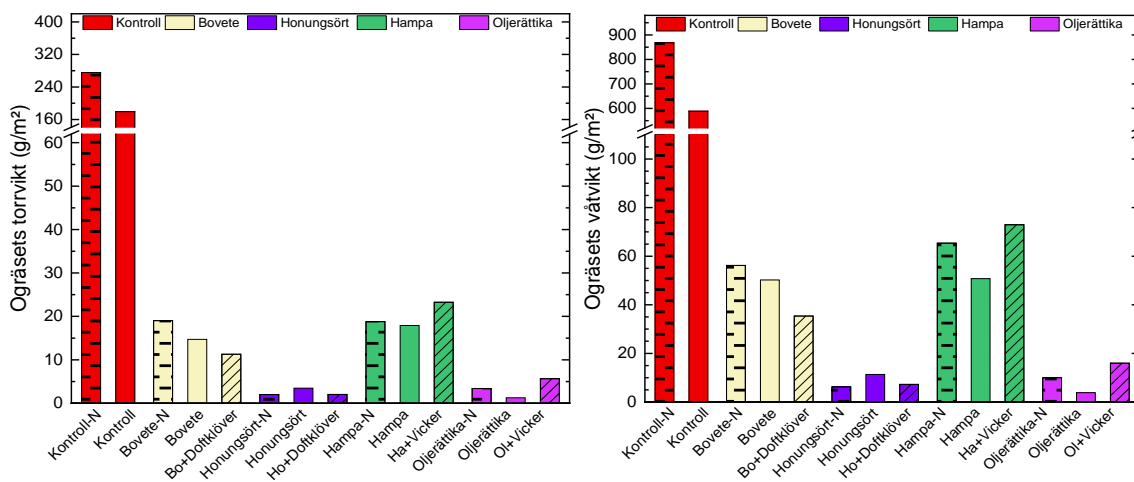
Figur 18. Utveckling av mellangrödernas markkolsbidrag över etablerings- och provtagningspunkter.

Ogräseffekt efter såtidpunkt nr 1 (11 juli)

Ogräsvikten (torrvikt, våtvikt) reduceras radikalt av mellangrödorna som såddes den 11 juli. I kontrollen som gödslades (utan mellangrödor) var ogräsvikten ca 25 gånger större än för mellangrödorna som gödslades med 40 kg ammoniumkväve per ha. I den ogödslade kontrollen var ogräsvikten ca 20 gånger större än i de ogödslade mellangrödorna (Figur 19).

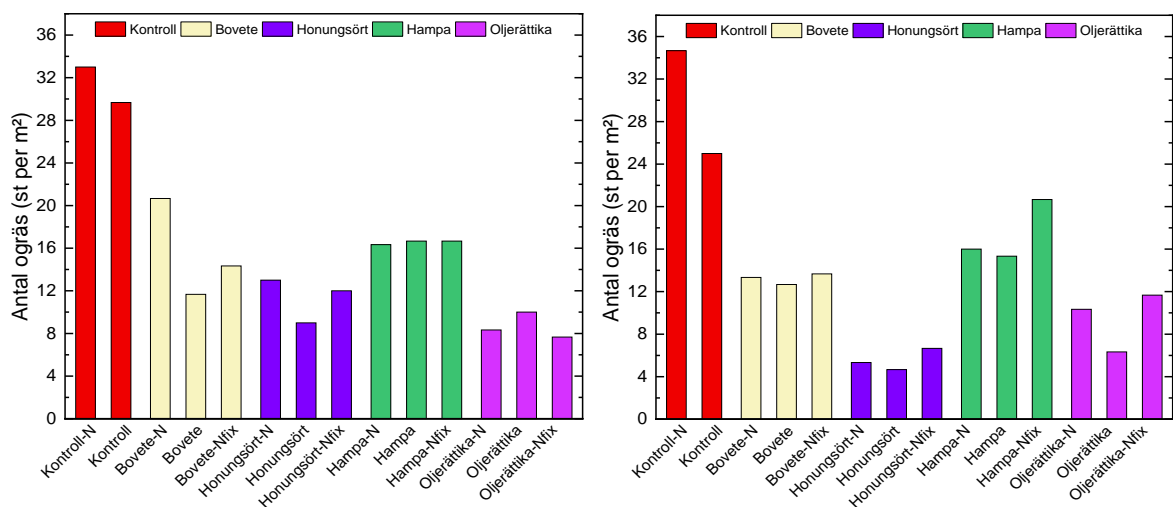
Ogräsvikten var ungefär den samma både i de gödslade och i de ogödslade mellangrödorna. Samodling med kvävefixerande växter påverkade inte ogräsvikten i någon större utsträckning.

Oljerättika och honungsrört konkurrerade bäst med ogräset. Ogräsvikten var lägst i dessa mellangrödor. Bovete och hampa konkurrerade också bra med ogräset, men inte lika bra. År 2018 jämfört med 2019, hade bovete en relativt bättre ogräseffekt och honungsrörten en sämre ogräseffekt. Det kan ev. bero på att bovetes konkurrensförmåga är bättre vid varmare väder (2018), medan honungsrörten konkurrensförmåga är bättre vid något svalare väder (2019).



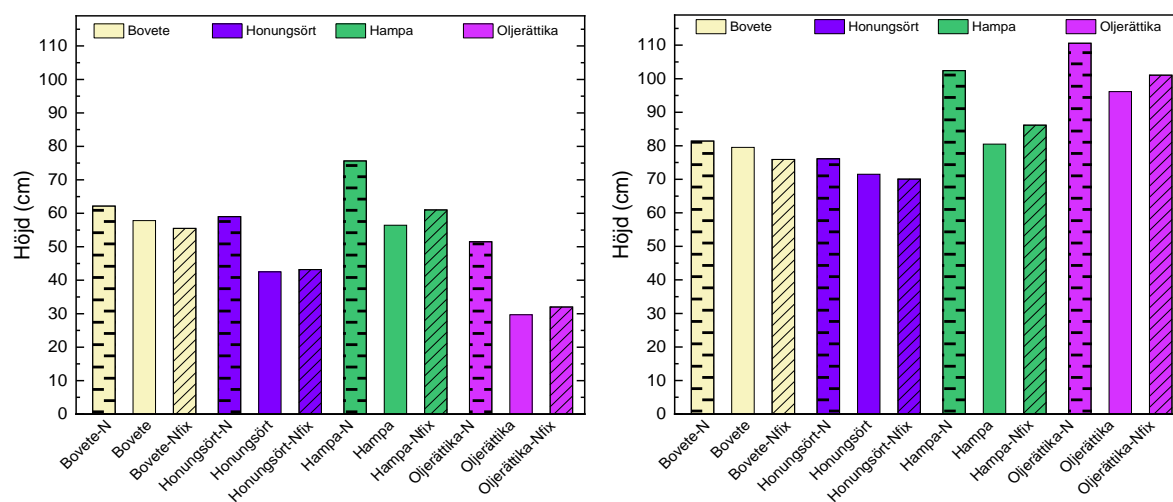
Figur 19. Ogräsets torrvikt (g/m^2) (vä) och våtvikt (hö) den 24 september 2019 för gödslade (N) och ogödslade sommarmellangrödor sådda 11 juli. Bo = bovete, Ho = honungsrört, Ha = hampa, Ol = oljerättika och Vicker = luddvicker. ($1 \text{ g/m}^2 = 10 \text{ kg/ha}$, $100 \text{ g/m}^2 = 1 \text{ ton/ha}$).

Antalet ogräs reducerades av att mellangrödor odlades på fältet (Figur 20). Antalet ogräs var ungefär den samma i de gödslade och ogödslade mellangrödorna i renbestånd, samt vid samodling med kvävefixerande mellangrödor. Antalet ogräs (för de mellangrödor som odlades i renbestånd) var som lägst i honungsrört och oljerättika, medan det fanns fler ogräs i bovete och hampa.



Figur 20. Antal ogräs (st/m²) den 29 augusti (vä) och 24 september (hö) 2019 för gödslade (N) och ogödslade sommarmellangrödor sådda 11 juli. Bo = bovete, Ho = honungört, Ha = hampa, Ol = oljerättika. Nfix = samodling med kvävefixerande mellangrödor.

Gödsling gav en ökad höjdtillväxt i framför allt hampa och oljerättika (Figur 21). Även gödslat bovete och honungssört blev högre, men denna effekt var inte lika tydlig.



Figur 21. Mellangrödornas höjd (cm) den 29 augusti (vä) och 24 september (hö) 2019 för gödslade (N) och ogödslade sommarmellangrödor sådda 11 juli. Bo = bovete, Ho = honungört, Ha = hampa, Ol = oljerättika. Nfix = samodling med kvävefixerande mellangrödor. Höjden mättes endast på de ej kvävefixerande mellangrödorna.

Ogräseffekt efter såtidpunkt nr 2 (29 juli)

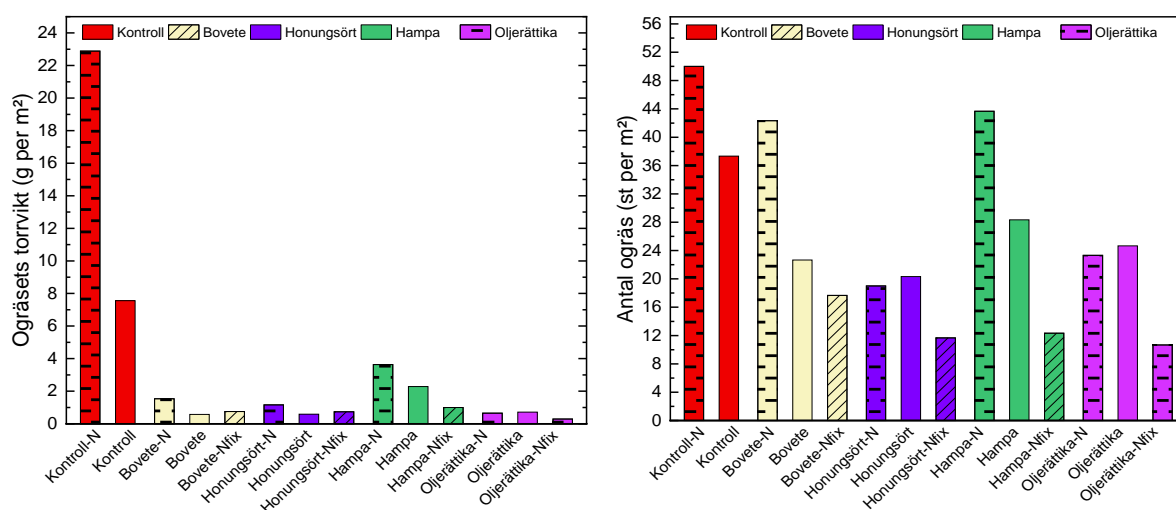
Ogräsvikten reduceras radikalt av mellangrödorna som såddes den 29 juli. I kontrollen som gödslades (utan mellangrödor) var ogräsvikten ca 13 gånger större än för mellangrödorna som gödslades (40 kg ammoniumkväve per ha i form av biogödsel). I den ogödslade kontrollen var ogräsvikten ca 7 gånger större än i de ogödslade mellangrödorna (Figur 22).

Ogräsvikten var ungefär den samma i de gödslade och ogödslade mellangrödorna. Samodling med kvävefixerande växter minskade ogräsvikten med 2,5 ggr jämfört med de gödslade mellangrödorna i renbestånd.

Oljerättika, honungsvört och bovete konkurrerade bäst med ogräset. Ogräsvikten var lägst i dessa mellangrödor. Hampa konkurrerade också bra med ogräset, men inte lika bra.

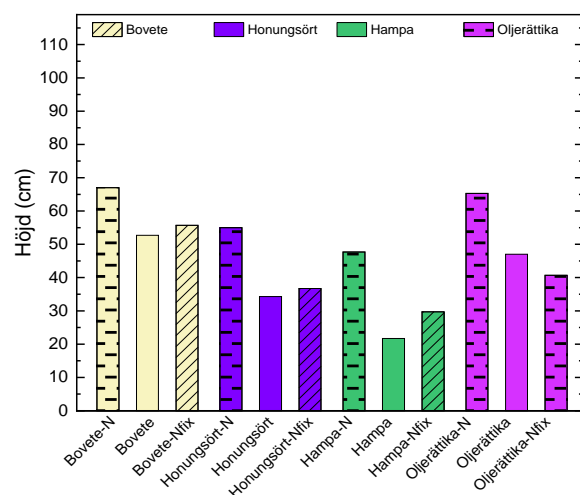
Antalet ogräs reduceras av att mellangrödor odlades på fältet (Figur 22). De fanns ett lägre antal ogräs i de samodlade mellangrödorna med kvävefixerande växter jämfört med de mellangrödor som odlades i renbestånd (oavsett om de gödslades eller ej). Vidare var antalet ogräs något fler i de gödslade mellangrödorna jämfört med de ogödslade mellangrödorna ($P=0,061$).

Antalet ogräs (för de mellangrödor som odlades i renbestånd) var som lägst i honungsvört och oljerättika, medan det fanns fler ogräs i bovete och hampa. Det var endast signifikant skillnad mellan honungsvört och hampa.



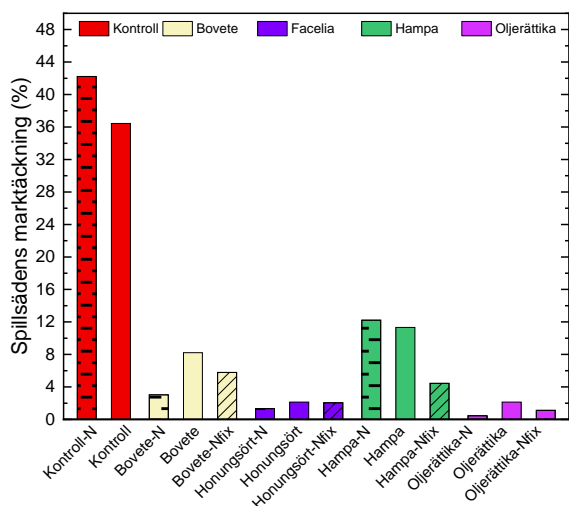
Figur 22. Ogrässets torrsvikt (g/m^2) (vä) och antal ogräs (st/m^2) (hö) den 2 oktober 2019 för gödslade (N) och ogödslade sommarmellangrödor sådda 29 juli. Bo = bovete, Ho = honungsvört, Ha = hampa, Ol = oljerättika. Nfix = samodling med kvävefixerande mellangrödor. ($1 \text{ g}/\text{m}^2 = 10 \text{ kg}/\text{ha}$, $100 \text{ g}/\text{m}^2 = 1 \text{ ton}/\text{ha}$).

Gödsling gav en ökad höjdtillväxt för mellangrödorna (Figur 23). Tillväxten för mellangrödorna sådda 29 juli var dock lägre jämfört med de mellangrödor som såddes den 11 juni.



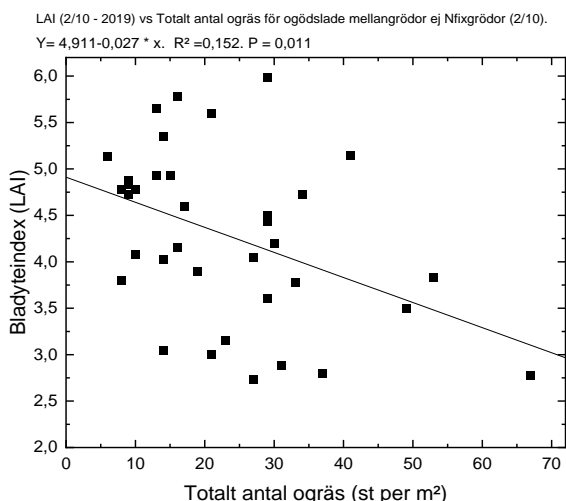
Figur 23. Mellangrödornas höjd (cm) den 2 oktober 2019 för gödslade (N) och ogödslade sommarmellangrödor sådda 29 juli. Bo = bovete, Ho = honungsvört, Ha = hampa, Ol = oljerättika. Nfix = samodling med kvävefixerande mellangrödor. Höjden mättes endast på de ej kvävefixerande mellangrödorna.

Det var mycket spillsäd på det fält där mellangrödorna såddes den 29 juli. I början av december var spillsädens marktäckningsgrad ca 40 % i kontrollleden (Figur 24). Mellangrödorna kunde dock begränsa spillsädens utveckling. Här var både oljerättika och honungört effektiva på att reducera spillsädens marktäckning. Spillsädens marktäckningsgrad var 17 till 92 gånger lägre i dessa mellangrödor, beroende på gödning och om de samodlades med kvävefixerande mellangrödor. Den spillsäd som fanns i försöket kunde effektivt hämmas av oljerättika och honungört. Hampa och bovete hade inte samma effekt, vilket till stor del berodde på att dess ogräskonkurrerande egenskaper avtog efter nattfrosten den 6-7 oktober.



Figur 24. Spillsädens (vårkorn) marktäckningsgrad (%) den 5 december 2019 för gödslade (N) och ogödslade sommarmellangrödor sådda 31 augusti. Bo = bovete, Ho = honungört, Ha = hampa, Ol = oljerättika. Nfix = samodling med kvävefixerande mellangrödor.

För sommarmellangrödorna (i renbestånd och i samodling med kvävefixerande), fanns det den 2 oktober en negativ korrelation mellan bladyteindex (LAI) och det totala antalet ogräs. På samma sätt fanns det även ett samband mellan LAI och ogräsets torrsvikt. Det vill säga att ju större LAI var desto lägre blev antal ogräs och ogräsvikten (Figur 25).

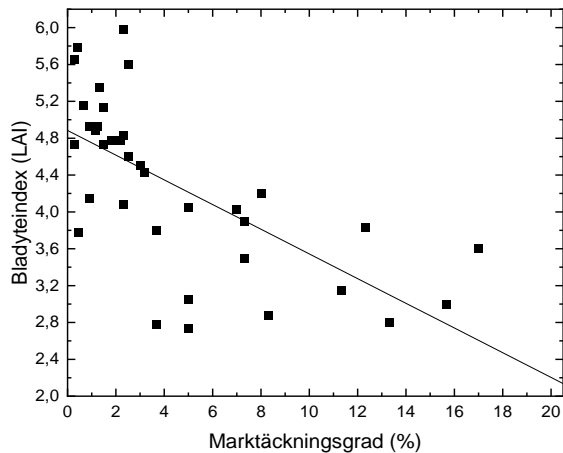


Figur 25. Relation mellan LAI (bladyteindex) för sommarmellangrödor i renbestånd (bovete, honungört, hampa, oljerättika) och i samodling med kvävefixerande växter den 2 oktober till det totala antalet ogräs samma datum. Linjens ekvation: $Y = 4,911 - 0,027x$. $R^2 = 0,152$.

Effekten av ett bladyteindex (LAI), på spillsädens marktäckningsgrad, uppmätt vid en viss tidpunkt visar sig tydligare senare på säsongen. I försöket uppmättes mellangrödornas effekt på spillsäden den 2 oktober. När man jämför LAI vid denna tidpunkt med spillsädens marktäckningsgrad ca 2 månader senare (5 dec.) blev det ett mycket tydligt samband (Figur 26).

Här visade det sig att ju större LAI var desto lägre blev spillsädens marktäckningsgrad. Spillsäden i detta försök betraktades som ett ogräs.

YI (2/10 - 2019) vs TG för Spillsäd. Alla LED (5/12). $Y = 4,884 - 0,165 * x$. $R^2 = 0,485$. $P = 0,000012$

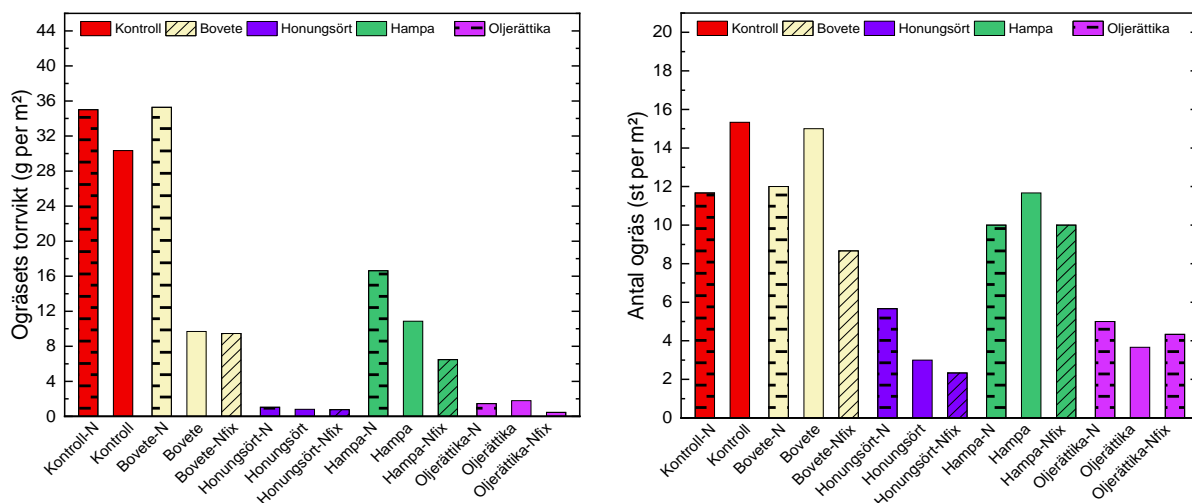


Figur 26. Relation mellan LAI (bladyteindex) för sommarmellangrödor i renbestånd (bovete, honungssört, hampa, oljerättika) och i samodling med kvävefixerande växter den 2 oktober och spillsädens marktäckningsgrad den 5 december. Linjens ekvation: $Y = 4,884 - 0,165x$. $R^2 = 0,485$.

Om spillsäden får växa utan konkurrens från olika grödor, kan den delvis få samma funktion som en sådd mellangröda. Risken ökar dock för att olika typer av växtskadegörare angriper spillsäden och hämmar dess tillväxt. Skadegörarna kan dessutom förstärka olika typer av växtföljdsproblem.

Ogräseffekt efter såtidpunkt nr 3 (31 augusti)

Bäst ogräskonkurrens gav honungssört och oljerättika. Mellangrödornas ogräskonkurrerande egenskaper förstärktes när de samodlades de kvävefixerande mellangrödorna luddvicker och doftklöver. Det växte förhållandevis mycket ogräs i främst bovetet, speciell i det gödslade ledet, men även i hampan (Figur 27). Det kan förklaras med att det nattetid var ner till 4 minusgrader den 6-7 oktober. Bovetet och hampan frös ned, vilket innebar att dess ogräskonkurrerande egenskaper minskade.



Figur 27. Ogrässets torrsvikt (g/m^2) (vä) och antal ogräs (st/m^2) (hö) den 5 december 2019 för gödslade (N) och ogödslade sommarmellangrödor sådda 31 augusti. Bo = bovete, Ho = honungssört, Ha = hampa, Ol = oljerättika. Nfix = samodling med kvävefixerande mellangrödor. ($1 g/m^2 = 10 kg/ha$, $100 g/m^2 = 1 ton/ha$).

Sommarmellangrödornas effekt på N-min i jordprofilen i december 2019

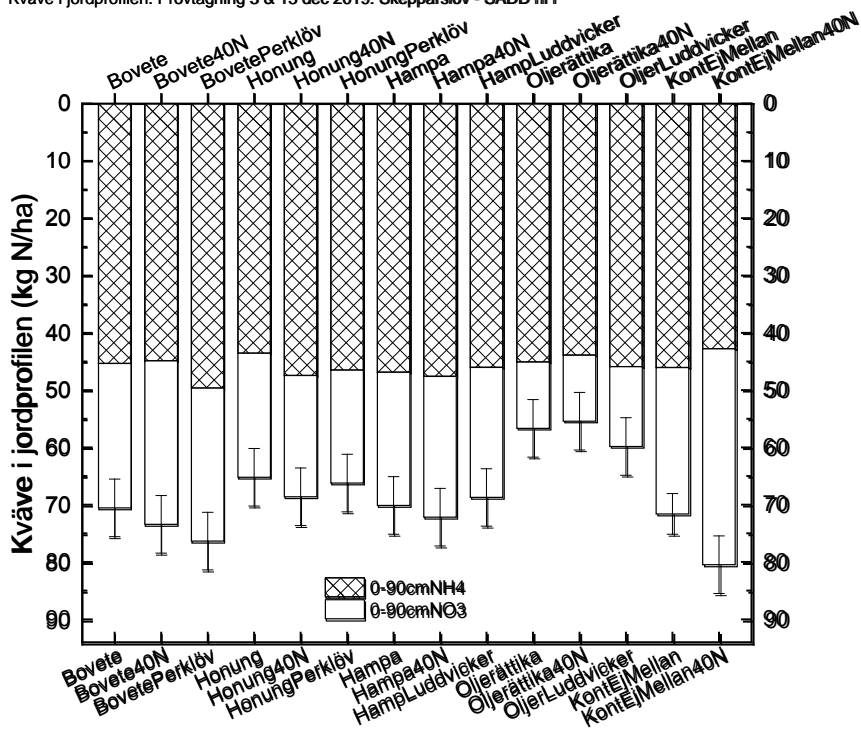
Mellangrödor anses generellt kunna minska urlakningen av växtnäringsämnen, främst kväve, och även öka markkväveinnehållet inför nästa huvudgröda, speciellt om kvävefixerande mellangrödor används. Oljerättika bedöms vara speciellt bra ur kväveläckagesynpunkt och reducerar utlakningen jämfört med när ingen mellangröda odlas. Detta visar sig genom att kvävekoncentrationen i dräneringsvattnet, på årsbasis, generellt är lägre från mark där det odlas oljerättika, jämfört med obevuxen mark (Liebman m. fl. 2000, Dabney m. fl. 2001, Aronsson m. fl. 2019).

Koncentrationen av kväve i dräneringsvattnet kan dock vara förhöjd under huvudavvattningsperioden (december–februari), vilket indikerar att en del av den stora mängd kväve som bundits i oljerättikan går förlorad före nästa huvudgrödans kväveupptag. Studier visar att frostkänsliga mellangrödor, som oljerättika, ger en kontinuerlig tillförsel av växttillgängligt kväve till marken, när mellangrödorna åldras och vissnar (Norberg m. fl. 2020, Storr m. fl. 2021). Detta indikerar i viss mån att utvintrande mellangrödor bara fördröjer kväveläckaget.

Vår studie baserad på mängden mineraliserat kväve (N-min) efter jordprovtagning i december 2019, efter de tre etableringstidpunkterna för sommarmellangrödorna, indikerar tyvärr att ingen av mellangrödorna, förutom oljerättika, ger någon minskning av det lätturlakade nitratkvävet, $\text{NO}_3\text{-N}$, i jordprofilen, 0-90 cm djup, jämfört med kontrollen utan någon mellangröda, se figur 28-30.

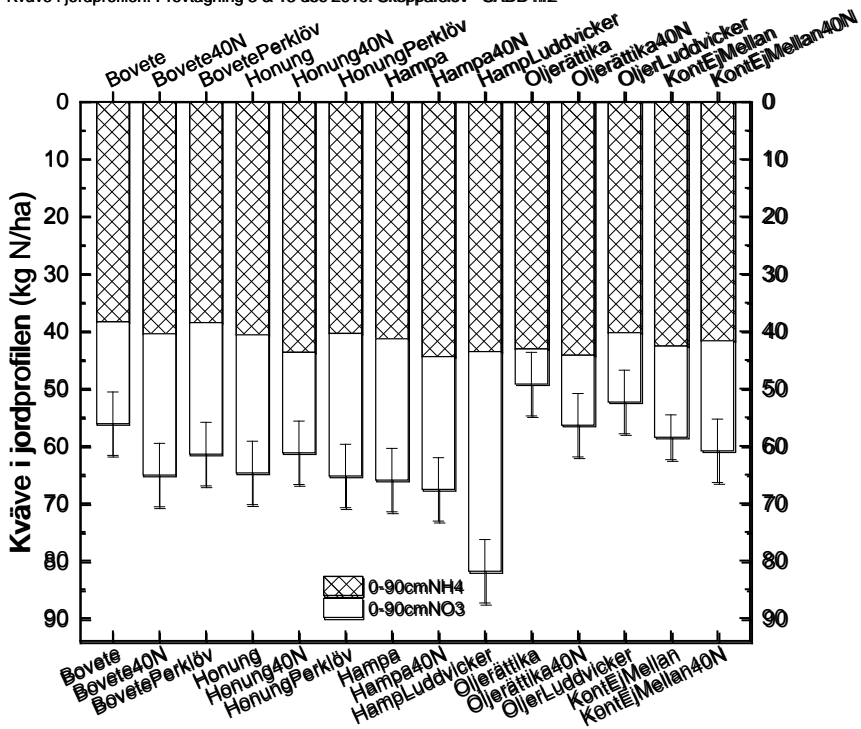
I figur 28 framgår att innehållet av $\text{NO}_3\text{-N}$ för det ogödslade kontrolledet utan mellangröda ligger på ca 25 kg per ha, på 10, 10 resp. 15 kg per ha för de tre leden med oljerättika och i intervallet 20–30 kg per ha för de övriga mellangrödorna. Resultatet visar vidare att det inte finns någon skillnad i jordprofilernas innehåll av ammoniumkväve, $\text{NH}_4\text{-N}$, som ligger i intervallet 40-50 kg per ha, både för mellangrödorna och för den ogödslade kontrollen utan mellangröda, se figur 29-30.

Kväve i jordprofilen. Provtagning 3 & 13 dec 2019. Skepparslöv - SÄDD nr1

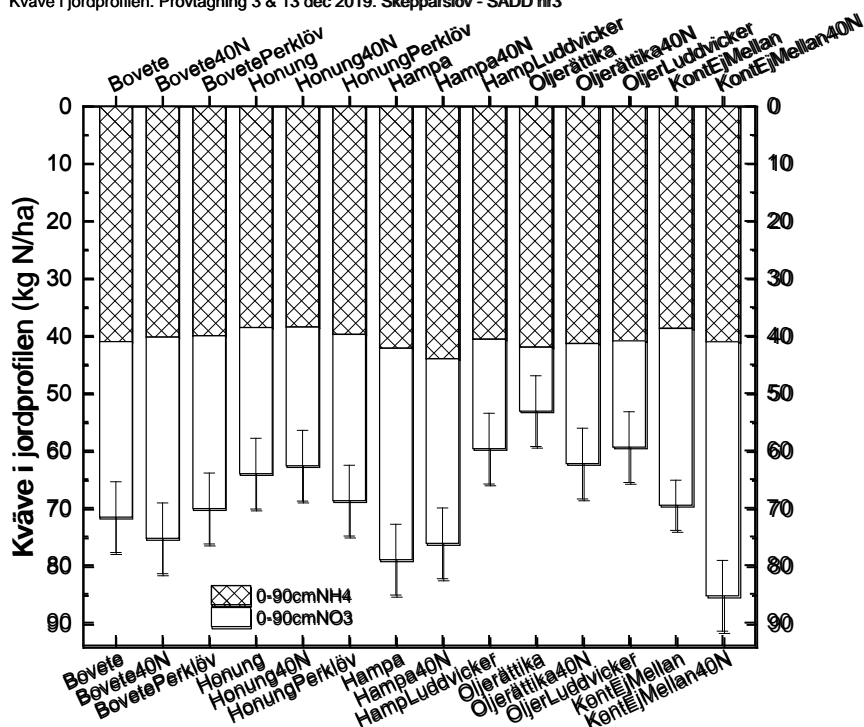


Figur 28. Mängden mineraliserat kväve, N-min (NH₄ och NO₃) kg/ha i jordprofilen (0-90 cm) på Skepparslöv efter mellangrödor sådda 11 juli 2019. Provtagning december 2019.

Kväve i jordprofilen. Provtagning 3 & 13 dec 2019. Skepparslöv - SÄDD nr2



Figur 29. Mängden mineraliserat kväve, N-min (NH₄ och NO₃) kg/ha i jordprofilen (0-90 cm) på Skepparslöv efter mellangrödor sådda 29 juli 2019. Provtagning december 2019.



Figur 30. Mängden mineraliserat kväve, N-min (NH₄ och NO₃) kg/ha i jordprofilen (0-90 cm) på Skepparslöv efter mellangrödor sådda 31 augusti 2019. Provtagning december 2019.

Mellangrödornas potential för produktion av biogas

Flera vetenskapliga studier med mellangrödor som biogassubstrat har genomförts, bland annat av Molinuevo-Salces m. fl. (2013b). Deras beräkningar anger att mellangrödor, ur ekonomisk synpunkt, kan användas som biogassubstrat om skördarna överstiger 1,8 till 2,7 ton ts per ha. Variationen på ca 1 ton ts per ha i deras beräkningar, beror på att mellangrödornas ts-halter och specifika metanpotentialer (liter CH₄ per kg ts) varierar vid olika skördetidpunkter.

Vår studie på Hellegården i Skepparslöv, under 2019, visade att honungsört och oljerättika, var de två mellangrödor i försöket som hade störst biomassaproduktion och därmed bäst potential som biogassubstrat. När dessa mellangrödor såddes vid det första etableringstillfället, i mitten av juli, odlades i renbestånd och gödslades alternativt var ogödslade, men samodlade med doftklöver respektive luddvicker, så genererade de i snitt en skördbar biomassa på drygt 6 ton ts per ha i mitten av september och ca 4 ton ts per ha i mitten av oktober (se figur 3 och 5).

Vid den andra etableringstidpunkten, i slutet av juli, var gödlat bovete den mellangröda som hade bäst potential som biogassubstrat. med en skördbar mängd biomassa på ca 3 ton ts per ha, från mitten av september till mitten av oktober (se figur 22 och 24). Även vid det första etableringstillfället, i mitten av juli, gav bovete, oberoende om det var gödlat eller ej, en hög skördbar mängd biomassa, med 3-4 ton ts per ha, från mitten av september till mitten av oktober (se figur 3 och 5).

Inga lab-analyser av mellangrödornas specifika metanpotential har gjorts i denna studie, men bland annat Molinuevo-Salces m. fl. (2013a) visar att mellangrödor kan ha en relativt hög

specifik metangaspotential. Deras studie anger t.ex. att mellangrödornas metangaspotential låg i intervallet 315 – 380 m³ CH₄ per ton ts.

Antar vi en snittskörd på 3-4 ton ts per ha för bovetet, under förutsättningarna ovan, så blir metanproduktionen 900-1200 m³ CH₄ per ha, motsvarande energiinnehållet i 900-1200 liter dieselolja, när bovetet skördas med ca 10 cm stubbhöjd och vid en antagen specifik metanpotential på 300 m³ CH₄ per ton ts för bovetet.

Mellangrödorna som såddes den 11 juli innehåller stora mängder kväve i den ovanjordiska biomassan, i medeltal 111-155 kg kväve per ha, vid de tre provtagstillfällena från mitten av september till mitten av november. Av denna kvävemängd kan ca 85 % bortföras med skörden, om stubbhöjden är ca 10 cm. När mellangrödorna istället såddes den 29 juli, då innehöll de i medeltal 45-75 kg kväve per ha, vid de tre provtagningstillfällena, och 70-80 % av kvävet i biomassan kunde bortföras med skörden.

Om mellangrödorna används som biogassubstrat kan större delen av detta kväve och övriga växtnäringsämnen i biomassan överföras till en ny huvudgröda följande växtsäsong, genom att gödsla grödan med biogödseln som produceras vid rötningen av mellangrödan.

Mellangrödornas potential för reduktion av klimatgaser

För att kunna ge svar på, vilket som är bäst ur klimatgassynpunkt, att skörda en gödslad mellangröda, som sås relativt tidigt, i detta fall i slutet av juli, eller mylla ner den i marken på senhösten, så gör vi en kolbalansberäkning för bovete baserat på biomassaskörden samt dess markkolsbidrag, med data från figurerna 3-4. Det gödslade bovetet antas kunna skördas från mitten av september till mitten av oktober och avkasta ca 3 ton ts per ha.

Beräkningarna nedan visar att det är 3,95 gånger bättre, ur klimatgassynpunkt, att skörda det gödslade bovetet som biogasråvara, för att producera biogas (fordonsgas) och biogödsel, jämfört med att plöja ner hela bovetets biomassa på hösten, för att maximera markkolsinlagringen, se tabell 2.

I kolbalansberäkningen för gödslat bovete gör vi följande antaganden:

- 1) av kvävet i mellangrödans biomassa, ca 70 kg N per ha, så blir ca 30 %, dvs ca 20 kg N per ha tillgängligt för nästa års huvudgröda efter nermyllning av mellangrödan på hösten
- 2) och ca 90 %, ca 62 kg N per ha av mellangrödans kväveinnehåll blir tillgängligt via gödsling med biogödseln följande vår till en ny huvudgröda,
- 3) av mellangrödans energiinnehåll i form av metangas, 2925 kg ts * 300 l CH₄ per kg ts = 865 m³ CH₄, motsvarande 865 liter diesel, avräknas 15 %, ca 130 liter diesel, för skörd och transport av mellangrödan, spridning av den biogödsel som mellangrödan producerar samt för uppgradering av biogas till fordonsgaskvalitet och distribuering av producerad biogas.

Tabell 2. Kolbalansberäkning [kg C per ha] över gödslat bovete när sådden gjordes i slutet av juli och skörden genomfördes från mitten av september till mitten av oktober under 2019.

Bovete gödslat med 40 kg N per ha	Nermyllning	Skörd
Ovanjordisk biomassa [kg ts/ha]	2925	2925
Biometanpotential [m ³ /ha]	0	865
Kolbalansberäkning		
Markkolsbidrag från skördbar biomassa	149	0
Återfört stabilt kol med biogödseln ^{a)}	0	75
Markkolsbidrag från rötter och stubb	68	68
Undviken fossil kol via växttillgängligt	37	112
Kol till atmosfären - gödsling 40 kg N ^{b)}	-72	-72
Biometan som ersätter fossil diesel ^{c)}	0	539
Summa klimateffekt [kg C per ha]	182	722
Klimateffekt-kvot; skördat C / myllat C ^{d)}		3,95^{d)}

a) Hälften av det stabila kolet i mellangrödan återförs med biogödseln: 50 % * 149 kg C = 75 kg C/ha.

b) 1,8 kg C per kg tillverkat N är beräknad via faktorn 12/44 (andelen C i CO₂) från 6.6 kg CO₂-ekv per kg N (Börjesson m. fl. 2010). 20 kg N/ha * 1,8 kg C/kg N = 37 kg C/ha. 62 kg N/ha * 1,8 kg C/kg N = 112 kg C/ha.

c) 1 liter diesel MK1 = 2,69 kg CO₂-ekv enligt Energimyndigheten Växthusgasutsläpp (2021).

865 m³ CH₄ * (100 % - 15 %) = 735 m³ CH₄ = 735 l diesel * 2,69 kg CO₂ per l diesel =

1978 kg CO₂ * 12/44 = 539 kg C/ha.

d) Klimateffekt-kvoten för de två systemen, myllad respektive skördad mellangröda till biogas, beräknas som:

722 (kg C per ha) / 182 (kg C per ha) = 3,95

Kolbalansberäkningen, i tabell 2, visar att det ur klimateffektsynpunkt är ca 4 gånger bättre att skörda det gödslade bovetet, som biogasråvara, jämfört med att plöja ner hela mellangrödans biomassa på hösten. Observera dock att eventuella utsläpp i form av lustgas eller andra växthusgaser från nedmyllad mellangröda och utspridd biogödsel inte har beaktats i dessa beräkningar. Lashermes m. fl. (2022) pekar dock på att vi hitintills underskattat risken för N₂O-utsläpp från nermyllade skörderester, mellangrödor etc., som är färska och inte tillräckligt mogna.

Även Guenet m. fl. (2021), som utvärderat mängden kol som kan lagras in i marken via olika grödor, och som samtidigt studerat förändringarna i N₂O-utsläpp, menar att för att kunna beräkna klimatfördelarna med en ökad kolinlagring i marken, så måste tillhörande N₂O-utsläpp beaktas, annars sker generellt sett en överskattning av kolinlagringens betydelse.

Vidare räddas ca 42 kg växttillgängligt kväve per ha (62 – 20 = 42 kg N per ha) från att ”försvinna” från markprofilen under vintern, om mellangrödan skördas i stället för att myllas ner under hösten, när bovetets biomassaskörd uppgår till ca 3 ton ts per ha.

Om vi nu jämför biomassaskörden, biometanpotentialen och klimateffekt-kvoten för gödslat med ogödslat bovete, vid samma så- och skördetidpunkt, så visar det sig att biomassa-produktionen och biometanpotentialen minskar med ca 60 % per hektar, när bovetet är ogödslat. Kolbalansberäkningen, i tabell 3, visar vidare att det ur klimateffektsynpunkt är ca 3,25 gånger bättre att skörda bovetet, som biogasråvara, jämfört med att mylla ner hela mellangrödan, för att maximera markkolsinlagringen. I detta fall med ogödslat bovete ”räddas” endast ca 13 kg växttillgängligt kväve per ha (20 – 7 = 13 kg N per ha) från att ”försvinna” från markprofilen

under vintern, om mellangrödan skördas i stället för att myllas ner, när skördenivån ligger på ca 1200 kg ts per ha.

Tabell 3. Kolbalansberäkning [kg C per ha] över ogrödslat bovete när sådden gjordes i slutet av juli och skörden genomfördes från mitten av september till mitten av oktober under 2019

Bovete ogrödslat	Nermyllning	Skörd
Ovanjordisk biomassa [kg ts/ha]	1231	1231
Biometanpotential [m ³ /ha]	0	365
Kolbalansberäkning		
Markkolsbidrag från skörddbar biomassa	63	0
Återfört stabilt kol med biogödseln ^{a)}	0	31
Markkolsbidrag från rötter och stubb	23	23
Undviken fossil kol via växttillgängligt	13	38
Kol till atmosfären - gödsling 0 kg N	0	0
Biometan som ersätter fossil diesel ^{c)}	0	227
Summa klimateffekt [kg C per ha]	98	319
Klimateffekt-kvot; skördat C / myllat C ^{d)}		3,25 ^{d)}

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

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

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

365 m³ CH₄ * (100 % - 15 %) = 310 m³ CH₄ = 310 l diesel * 2,69 kg CO₂ per l diesel =

835 kg CO₂ * 12/44 = 227 kg C/ha.

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

319 (kg C per ha) / 98 (kg C per ha) = ca 3,25

Diskussion

Markkoleffekt

Oljerättika var den mellangröda som i snitt producerade mest biomassa och bidrog därmed mest till markkolsuppbbyggnaden. För de två första etableringstidpunkterna och provtagningstillfällena bidrog de bästa mellangrödorna i snitt med 310 kg stabilt kol per hektar, om hela mellangrödan plöjs ner. Detta resultat stämmer bra överens med tidigare bedömningar för oskördade mellangrödor (Poeplau m. fl. 2015). Om mellangrödan skördas och bara rötter samt stubben, 10 cm hög, bidrar till markkoleffekten, då minskar inlagringen till ca 140 kg stabilt kol per hektar. Markkolsbidraget sjönk dock tydligt med en senare etablering, där tidig etablering i början av juli gav 430 respektive 180 kg stabilt kol per hektar. Etablering i slutet av juli gav 200 respektive 100 kg stabilt kol per hektar och sen etablering i slutet av augusti gav 67 respektive 24 kg stabilt kol per hektar. Dessa beräkningar gäller för när hela mellangrödan plöjs ner respektive när den skördas. När mellangrödorna bovete, honungsört, hampa och oljerättika odlades i renbestånd och gödslades bidrog de med i snitt 12 % mer till markkolsuppbbyggnaden jämfört med när de var ogrödslade. När de ogrödslade mellangrödorna i renbestånd jämfördes med de ogrödslade och samodlade, så gav de samodlade i de flesta fall ett större markkolsbidrag.

Detta innebär att samodling är ett intressant alternativ när det gäller att odla mellangrödor utan gödsling, vilket är nödvändig för att kunna erhålla stöd för odling av mellangrödor på ekologiska fokusarealer, enligt Jordbruksverkets gällande regelverk. Baljväxten behövde i de flesta fall något längre tid att etablera sig och bidrog inledningsvis i ganska liten omfattning till markkolsuppbbyggnaden. För de mellangrödor som mognar och vissnar tidigt på hösten, såsom bovete, blev baljväxten ett komplement som kunde bromsa eller vända minskningen i både biomassaavkastningen och i markkolseffekten.

Ogräseffekt

Alla mellangrödor som har studerats i de två fältförsöken under 2018 och 2019 har goda ogräskonkurrerande egenskaper. Vid val av mellangröda får man istället ta hänsyn till hur bra den passar in i en viss växtföljd med tanke på växtföljdssjukdomar, den önskade kulturtiden för mellangrödan, möjlig etableringstidpunkt och hur frosttålig den är. Val av mellangröda kan även styras av vilka andra ekosystemtjänster som man vill att mellangrödan skall ge (t.ex. markkolsbidrag, kvävefixering, pollinering, biomassaproduktion till bioekonomin, etc.). Givetvis bör man även väga in utsädeskostnaden för de olika mellangrödorna.

Bovete kommer snabbt i gång med tillväxten efter sådden. Detta tillsammans med dess relativt stora örtblad, leder till att bovete ger en snabb och tidig ogräskonkurrens. Bovete är en bra mellangröda om man eftersträvar en relativt kort växtperiod. När den har växt färdigt vissnar den ned och ger därefter sämre ogräskonkurrerande egenskaper. Bovetet var den mellangröda som var känsligast för frost, vilket kan vara positivt om man vill att grödan skall utvintra. Vidare verkar bovetet klara etablering vid höga jordtemperaturer under högsommaren, vilket t.ex. honungört inte verkar klara.

Honungört har varit en av de mellangrödor som haft de bästa ogräskonkurrerande egenskaperna. Den är mycket mer frosttålig än bovete och den har en längre kulturtid. Honungört som såddes under den varmaste perioden under sommaren 2018 hade dock betydligt sämre uppkomst jämfört med de andra mellangrödorna. Honungörten är troligen den mellangröda i försöken som de pollinerande insekterna föredrar allra mest, även om både bovete och oljerättika också kan locka till sig olika pollinerande insekter.

Oljerättika tillsammans med honungört är de mellangrödor som har haft bäst ogräskonkurrerande egenskaper. En god etablering med tillräcklig mängd kväve i marken ökar oljerättikans ogräskonkurrerande egenskaper. Vidare skall konkurrensen inom beståndet av oljerättika inte vara för stor. Försöken har visat att oljerättika växer mycket bra om den gödslas med 40 kg kväve per ha i samband med sådden. Detta under förutsättning att sådden sker senast i början av augusti. Därefter blir effekten av gödslingen betydligt lägre. Problem kan uppstå vid odling av oljerättika, genom att den kan uppföröka växtföljdsjukdomar, som t.ex. klumprotsjuka. Det leder till problem i växtföljder där det ingår kål- och oljevaxter. Växtföljdsproblemen är vanligtvis inte lika stora vid odling av bovete, honungört och hampa som för oljerättika. Oljerättika kan även överleva vintern om den är mild.

Hampa brukar inte vara den mellangröda som i renbestånd ger bäst ogräskonkurrens, men ögödslad hampa tillsammans med luddvicker är mycket effektivt mot ogräs. Hampa har en stor potential att producera mycket biomassa. Precis som för oljerättika växer den mycket bra om den gödslas med ca 40 kg kväve per ha vid sådden. Om hampan gödslas bör sådden inte ske senare än i början av augusti. Enligt regelverket, för odling av hampa som mellangröda, gäller att den skall odlas i renbestånd (SJV 2021).

Om mellangrödorna får fröa av sig kan de bli ett ogräsproblem framöver i odlingen. Det

gäller främst för honungsört och bovete. För att minska denna risk kan mellangrödorna skördas eller putsas innan livskraftiga frö bildats.

Spillsäd som växer vidare efter att spannmålsskörden utförts, och eventuellt efter att en grund halmharvning genomförts, kan användas som mellangröda om risken för uppförökning av växtpatogener bedöms vara låg. Samma gäller i viss mån även för fröogräs. Om fröogräs används som mellangröda är det mycket viktigt att se till att de aldrig producerar livskraftiga frön. Detta innebär att fröogräs, som mellangröda, troligen passar bäst under korta perioder under växtsäsongen.

Sommarmellangrödornas biomassaproduktion och potential som biogassubstrat

Vår studie visar att mellangrödor som är ogödslade och samodlade med baljväxter kan generera relativt stora mängder biomassa, mellan 2 och 6 ton torrsbstans (ts) per hektar, när de är sådda före den 1 augusti och skördade från mitten av september till mitten av november. Vid en tidigare sådd, i mitten av juli, så gav mellangrödorna 3 till 6 ton ts per hektar, när de skördades från mitten av september till mitten av oktober. Vid denna tidiga såtidpunkt kunde höga skördar även erhållas för de ogödslade mellangrödorna i renbestånd.

Molinuevo-Salces m. fl. (2013a) som gjort flera studier på mellangrödor som biogasråvara, visar i sina beräkningar att mellangrödor kan användas som biogassubstrat ur ekonomisk synvinkel om skördarna överstiger 1,8 till 2,7 ton ts per hektar. Med utgångspunkt från vår studie kan vi anta att sommarmellangrödor som sås före den 1 augusti kan resultera i en skördbar mängd biomassa, när mellangrödorna skördas med ca 10 cm stubbhöjd, på i snitt minst 2,5 ton ts per hektar. Vid en specifik metangaspotential på 300 m³ CH₄ per ton ts hos mellangrödorna så resulterar detta i 750 m³ metan per hektar, vilket motsvarar energiinnehållet i 750 liter dieselolja,

Mellangrödorna kan lagra in stora mängder kväve i den ovanjordiska biomassan, 111-155 respektive 45-75 kg kväve per hektar, när de etablerades den 11 respektive den 29 juli 2019, och när de skördades från mitten av september till mitten av november. Av denna kvävemängd kan 70-85 % bortföras med biogasråvaran, vid en stubbhöjd på ca 10 cm. I princip kan hela denna kväveängd, tillsammans med övriga växtnäringsämnen i mellangrödans biomassa, återföras till nästa huvudgröda följande vår med biogödseln. Detta betyder att nyttjandegraden av den växtnäring som finns i mellangrödornas biomassa kan öka om dess biomassa skördas på hösten och därefter rötas. Restprodukten från biogasproduktionen, den näringsrika biogasgödseln, sprids efter behov till en ny huvudgröda nästkommande vår, i enlighet med konceptet ”*Biogasbanken*” (Gunnarsson 2014).

Skördar man inte mellangrödorna så går man miste om möjligheten att producera biogas och kväverik biogödsel. Vidare är risken mycket stor att den oskördade biomassans kväveinnehåll mineraliseras under höst och vinter, och att huvuddelen av detta kväve läcker ut till vattendrag eller atmosfären.

Enligt Blanco-Canqui m. fl. (2015) och Blanco-Canqui m. fl. (2020) så är nästa huvudgrödans skördenivå opåverkad, eller till och med något större, efter att en mellangröda skördats. De menar vidare att skörd av mellangrödor, som foder eller för produktion av t.ex. biodrivmedel, kan vara viktiga incitament för att odla mellangrödor i större omfattning, för att på så sätt utveckla nya ekosystemtjänster från odlingsystemet. De menar dessutom att det räcker att lämna rötterna och 7,5-10 cm stubb vid skörden av mellangrödorna för att bibehålla markens bördighet.

Potentialen för växthusgasreduktion vid nedmyllning jämfört med biogasproduktion

Kolbalansberäkningar baserade på mellangrödornas biomassaproduktion och kolinlagring i våra försök visar att det ur växthusgassynpunkt är 2,5-5 gånger bättre att skörda en mellangröda för att producera fordonsgas och biogasgödsel, jämfört med att plöja ner hela mellangrödan på hösten för att maximera markkolsinlagringen.

En kolbalansberäkning för ogödslat bovete i renbestånd visar att det är 3,2 gånger bättre ur klimatgassynpunkt att skörda mellangrödan till biogas än att mylla ner det för maximal kolinlagring. När det ogödslade bovetet etablerades i slutet av juli så erhöll vi en skördbar mängd biomassa på ca 1200 kg ts per ha, från mitten av september till mitten av oktober. Nermyllning av bovetet resulterar i en växthusgasreduktion med ca 367 kg CO₂ per hektar och år, eller ca 100 kg C per hektar och år. Om vi istället skördar bovetet och producerar fordonsgas och biogasgödsel, som återförs till åkermark, så får vi en växthusgasreduktion med ca 1173 kg CO₂ per hektar och år, eller ca 320 kg C per hektar och år.

Gör vi om beräkningen, när bovetet gödglas med 40 kg N ammoniumkväve per hektar, så visar klimatgasberäkningen att det är nästan 4 gånger bättre att skörda bovetets biomassa, ca 3 ton ts per hektar, som biogassubstrat under september till oktober, än att mylla ner det.

Klimatgasvinsten blir 670 resp. 2650 kg CO₂ per hektar och år för de två alternativen.

Våra kolbalansberäkningar för skördade respektive myllade mellangrödor visar att det ur klimatgassynpunkt skulle vara en mycket stor fördel om de kan skördas och användas som substrat för produktion av biogas och biogödsel. Mellangrödor är en godkänd råvara för produktion av drivmedel, och kan leda till skattebefrielse för de biodrivmedel som produceras (Energimyndigheten 2015).

Erfarenheter att etablera sommarmellangrödor vid olika tidpunkter

Mellangrödor som etableras i början till mitten av juli månad begränsar vilka kulturer som de kan kombineras med, t.ex. färskpotatis eller tidig morot. Senare etablering av mellangrödor ökar möjligheterna till kombinationer med fler kulturer, som de kan ingå i en hållbar växtföljd med, t.ex. kål, lök, stråsåd och matpotatis.

När det gäller markkol, så betyder en längre växtsäsong bättre tillväxt och större markkolsbidrag. Eftersom tillväxten är störst ju tidigare sommarmellangrödan etableras, är det att föredra en så tidig etablering som möjligt. Dock behöver det säkerställas att etableringen fungerar bra, vilket innebär att mellangrödor kan behöva bevattnas vid behov. Tillväxten minskade starkt för de ogödslade och samodlade mellangrödorna, vid en jämförelse mellan etablering i början och i slutet av juli, medan den ökade för de gödslade mellangrödorna. Detta kan förklaras med att gödningen delvis kan kompensera för en senare etablering genom att gynna tillväxten.

De mellangrödor som såddes den 11 juli, 27 juli och den 31 augusti 2019 hade alla generellt sett bra ogräskonkurrerande egenskaper och reducerade ogräsvikten väsentligt jämfört med kontrollen utan mellangröda. Honungssört och oljerättika var dock de två bästa mellangrödorna oberoende av såttillfället.

Vid det senaste såttillfället, i slutet av augusti, var bovete och hampa betydligt sämre på att reducera ogräsen vikt, jämfört med honungssört och oljerättika, och då speciellt det gödslade ledet med bovete. Bovete och hampa kunde dock reducera ogräsen vikt betydligt bättre när de var ogödslade och samodlade med sina kvävefixerande

mellangrödor, alternativt när bovetet odlades i renbestånd och var ogödslat.

År 2019 kunde honungsörten kontrollera ogräsen minst lika bra som de andra mellangrödorna, till skillnad från det mycket varma försöksåret 2018 då honungsörten utvecklades dåligt efter sådderna i början och slutet av juli på Norra Åsum. Även Ahlqvist (2019) observerade en dålig etablering av honungört i ett annat försök med sommarmellangrödor efter färskpotatis, i nordvästra Skåne, när de såddes den 20 juli 2018 under pågående värmebölja.

Gödsling ökar markens produktionsförmåga av både mellangröda och ogräs. I försöket resulterade 40 kg ammoniumkväve per ha, i form av biogödsel, i en större biomassa av ogräs, trots att mellangrödans bladyteindex (LAI) ökade med 7-28 % (7 % honungsört och 28 % hampa) och därmed även mellangrödans beskuggningsgrad av mark och lågväxande ogräs.

Tidigare erfarenheter från fältförsök med mellangrödor på Norra Åsum, i en ekologisk växtföljd med färskpotatis, morot, lök och spannmål, visar att honungsört och oljerättika konkurrerar relativt bra mot ogräs när de etableras i mitten av augusti (Hansson m. fl. 2017b, Hansson m. fl. 2020). På Kronoslätts gård, vid Klagstorp i södra Skåne, har både honungsört och oljerättika i renbestånd samt honungsört samodlad med blodklöver gett bra ogräseffekt. Detta har konstaterats i en försöksserie över flera år, när mellangrödorna har etablerats i mitten av augusti efter skörd av stärkelsevete, för att fungera som förfrukt till sockerbetor nästföljande år (Svensson m. fl. 2020).

Odlingsrekommendationer vid odling av mellangrödor för markkolsuppbbyggnad

- Etablera mellangrödorna så tidigt som möjligt.
- För att maximera kolinbindningen vid tidig sådd välj en mellangröda med hög biomassaavkastning, såsom hampa, honungsört och oljerättika.
- Vid senare etablering (i slutet av augusti) välj en mellangröda som etablerar sig snabbt och som har en bra tillväxt långt in i hösten (t.ex. honungsört eller oljerättika) och undvik bovete i renbestånd.
- samodla med en baljväxt om du vill kompensera för en tidigt mognande mellangröda (t.ex. bovete i kombination med doftklöver) eller om du förväntar dig en stark biomassatillväxt, men vill undvika att gödsla mellangrödorna (t.ex. oljerättika i kombination med luddvicker).

Odlingsrekommendationer vid odling av mellangrödor för ogräskonkurrens

- Vid sen sådd av mellangrödorna, i slutet av augusti, så gav honungsört och oljerättika en bra effekt mot fröogräs, även om mellangrödornas biomassaproduktion var relativt låg.
- Vid tidig sådd, dvs fram till början av augusti, så gav alla mellangrödorna; bovete, honungsört, hampa och oljerättika en bra effekt mot fröogräs.
- Effekten förstärktes när mellangrödorna var ogödslade och samodlade med de kvävefixerande mellangrödorna, doftklöver resp. luddvicker. Denna effekt var inte lika tydlig vid sådd i slutet av augusti.
- Gödsling med 40 kg kväve per hektar leder inte till bättre effekt mot ogräsen, även om grödan tillväxer bättre och ger bättre beskuggning marken och av ogräsen.
- I de fall man inte vill ha oljerättika i växtföljden, så finns det ur ogrässynpunkt

flera bra alternativ, bland annat honungsört i renbestånd, eller i samodling med andra mellangrödor, t.ex. bovete om jordtemperaturen förväntas vara hög efter sådden.

- Inför sådd av mellangrödor, genomför gärna 1-2 falska såbäddar, 3-5 cm djupt, efter skörden av huvudgrödan, för att bekämpa frögräs, t.ex. sent groende frögräs såsom nattskatta och gängel.
- Om sådden av mellangrödorna fördröjs av de falska såbäddarna, så kan det leda till en sämre biomassaproduktion, men ändå ge en bra effekt på ogräsen från mellangrödorna honungsört och oljerättika.
- När mellangrödorna såddes vid höga jordtemperaturer under ett tidigare försöksår, 2018, så verkade det som att honungsört gick i groningsvila, vilket resulterade i sämre etablering och sämre konkurrens mot ogräsen. De andra mellangrödorna i försöket verkade klara de höga jordtemperaturerna bättre.
- Denna erfarenhet leder till att vi nu föreslår en blandning av sommarmellangrödor bestående av honungsört, bovete och någon kvävefixerande gröda t.ex. doftklöver eller Alexandrinerklöver, för att sprida riskerna vid höga temperaturer. Detta koncept bör även fungera vid sen sådd, i slutet av augusti, om man byter ut bovete mot en mellangröda som är mindre frostkänslig.

Referenser

- Abdalla, M., A. Hastings, K. Cheng, Q. Yue, D. Chadwick, M. Espenberg, J. Truu, R. M. Rees and P. Smith (2019). "A critical review of the impacts of cover crops on nitrogen leaching, net greenhouse gas balance and crop productivity." Global Change Biology **25**(8): 2530-2543.
- Ahlqvist, A. (2019). Summer cover crops after harvest of early potatoes control seed weeds. Master, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU).
- Aronsson, H., G. Bergkvist, M. Stenberg and A.-C. Wallenhammar (2012). Gröda mellan grödorna - samland kunskap om fånggrödor. Jönköping, Swedish Board of Agriculture. **2012:21**: 68.
- Aronsson, H., M. Ernfors, D. Hansson, A. T. Nilsson, T. Prade, S.-E. Svensson and L. Tufvesson (2019). Använd fånggrödor som mellangrödor för ökad produktivitet och minskade förluster av N och P. Alnarp, Sweden, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Bårberi, P. and M. Mazzoncini (2001). "Changes in Weed Community Composition as Influenced by Cover Crop and Management System in Continuous Corn." Weed Science **49**(4): 491-499.
- Bilalis, D., P. Papastylianou, A. Konstantas, S. Patsiali, A. Karkanis and A. Efthimiadou (2010). "Weed-suppressive effects of maize-legume intercropping in organic farming." International Journal of Pest Management **56**(2): 173-181.
- Biogas Syd (2015). Mellangrödor till biogasproduktion. K. Engdahl. Lund, Sweden, Biogas Syd.
- Björnsson, L., T. Prade, M. Lantz, P. Börjesson, S.-E. Svensson and H. Eriksson (2013). Impact of biogas crop production on greenhouse gas emissions, soil organic matter and food crop production – A case study on farm level. Gothenburg, Sweden, f3 - The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels and Foundation: 79.
- 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.
- Bolinder, M. A., H. H. Janzen, E. G. Gregorich, D. A. Angers and A. J. VandenBygaart (2007). "An approach for estimating net primary productivity and annual carbon inputs to soil for common agricultural crops in Canada." Agriculture, Ecosystems & Environment **118**(1-4): 29-42.
- Dabney, S. M., J. Delgado and D. W. Reeves (2001). "Using Winter Cover Crops to Improve Soil and Water Quality." Communications in Soil Science and Plant **32**.
- Didon, U. M. E. and M. L. Hansson (2002). "Competition between Six Spring Barley (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare* L.) Cultivars and Two Weed Flora in Relation to Interception of Photosynthetic Active Radiation." Biological Agriculture & Horticulture **20**(3): 257-274.
- Didon, U. M. E., A.-K. Kolseth, D. Widmark and P. Persson (2014). "Cover Crop Residues—Effects on Germination and Early Growth of Annual Weeds." Weed Science **62**(2): 294-302.
- Guenet, B., B. Gabrielle, C. Chenu, D. Arrouays, J. Balesdent, M. Bernoux, E. Bruni, J.-P. Caliman, R. Cardinael, S. Chen, P. Ciais, D. Desbois, J. Fouche, S. Frank, C. Henault, E. Lugato, V. Naipal, T. Nesme, M. Obersteiner, S. Pellerin, D. S. Powlson, D. P. Rasse, F. Rees, J.-F. Soussana, Y. Su, H. Tian, H. Valin and F. Zhou (2021). "Can N₂O emissions offset the benefits from soil organic carbon storage?" Global Change Biology **27**(2): 237-256.
- Gunnarsson, M. (2014). Gödslade eller ogödslade mellangrödor som biogassubstrat - Cover crops as biogas feedstock – fertilized or unfertilized, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Hansson, D., T. Prade, L. Tufvesson and S.-E. Svensson (2017). Sommarmellangrödors ogräsbekämpande egenskaper - resultat från två fältförsök 2016. LTV rapport 2017:20. Alnarp, Institutionen för biosystem och teknologi, Sveriges lantbruksuniversitet: 20.

Hansson, D. and S.-E. Svensson (2020). Bekämpningsstrategier mot nattskatta med miniträda och avbrottsgrödor i en ekologisk växtföljd med färskpotatis, morot, lök och spannmål - Slutredovisning till SLU EkoForsk och Jordbruksverket för odlingsåren 2014-2019. Alnarp, Institutionen för biosystem och teknologi, SLU: 34.

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. Alnarp, Biosystem och teknologi, Sveriges lantbruksuniversitet.

IVA (2019). Så klarar det svenska jordbruket klimatmålen. Stockholm, Sweden, Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien.

Kaye, J. P. and M. Quemada (2017). "Using cover crops to mitigate and adapt to climate change. A review." Agronomy for Sustainable Development **37**(1): 4.

Kumm, K.-I. (2013). På väg mot ett ekonomiskt hållbart, högproducerande och klimatsmart jordbruk med höga landskapsvärden. Bromma, Naturvårdsverket.

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.

Lashermes, G., S. Recous, G. Alavoine, B. Janz, K. Butterbach-Bahl, M. Ernfors and P. Laville (2022). "N₂O emissions from decomposing crop residues are strongly linked to their initial soluble fraction and early C mineralization." Science of The Total Environment **806**: 150883.

Liebman, M. and A. S. Davis (2000). "Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems." Weed Research **40**(1): 27-47.

Ma, S., F. He, D. Tian, D. Zou, Z. Yan, Y. Yang, T. Zhou, K. Huang, H. Shen and J. Fang (2018). "Variations and determinants of carbon content in plants: a global synthesis." Biogeosciences **15**(3): 693-702.

Nair, A. (2015). Cover Crops in Vegetable Production Systems. Ames, USA, Iowa State University.

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.

Olanders, J. (2021). Ogräseffekt av honungsört och oljerättika. S.-E. Svensson.

Poeplau, 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.

Pålsson, O. (2007). Senap och rättika som fånggrödor. Jönköping, Jordbruksverket.

SBA. (2021). "Odlia hampa." Retrieved 13 Dec 2021, from <https://jordbruksverket.se/stod/lantbruk-skogsbruk-och-tradgard/jordbruksmark/gardsstod-och-stodratte/gardsstod/odla-hampa>.

SJV. (2018). "Nyheter i förgröningsstödet 2018." from <http://www.jordbruksverket.se/annesomraden/stod/jordbrukarstod/forgroningsstod/nyheter.4.2453f106152072c7c6bc31f7.html>.

SJV (2020). 6. Ersättning för mellangröda för kolinlagring, fånggröda och vårbearbetning för minskat kväveläckage. Förslag till utformning av åtgärder i den strategiska planen för den gemensamma jordbrukspolitiken 2023-2027. B. Johnsson, Jordbruksverket.

Spörndly, R., G. Bergkvist, N. Nilsdotter-Linde and T. Eriksson (2019). Ersättningsfoder till nötkreatur vid grovfoderbrist. Uppsala, Sweden, Sveriges lantbruksuniversitet, forskningsplattformen SLU Future Food: 48.

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.

Svensson, S.-E., D. Hansson, T. Prade, Å. Olsson Nyström and J. Olanders (2020). Mellangrödor efter stärkelsevete som förfrukt till sockerbeter – resultat från fältförsök på Kronoslätts gård 2018 - 2019. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet nr 73. C.-O. Swartz. Alnarp, SLU Partnerskap Alnarp: 25:21-25:25.