



Etableringstidpunktens inverkan på sommarmellangrödors ogräsbekämpande egenskaper, markkolsbidrag och potential som biogasråvara – fältförsök Norra Åsum 2018

The impact of the establishment date on the weed control properties of summer intermediate crops, soil carbon contribution and potential as a biogas substrate - field trial at Norra Åsum 2018



David Hansson, Sven-Erik Svensson, Thomas Prade

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Institutionen för Biosystem och teknologi

Landskapsarkitektur, trädgård, växtproduktionsvetenskap – rapportserie, 2021:1

2021

Etableringstidpunktens inverkan på sommarmellangrödors ogräsbekämpande egenskaper, markkolsbidrag och potential som biogasråvara – fältförsök Norra Åsum 2018

The impact of the establishment date on the weed control properties of summer intermediate crops, soil carbon contribution and potential as a biogas substrate - field trial at Norra Åsum 2018

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

Utgivare:	Sveriges lantbruksuniversitet, Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, Institutionen för biosystem och teknologi
Utgivningsår:	2021
Utgivningsort:	Alnarp
Illustration:	© David Hansson
Serietitel:	Landskapsarkitektur, trädgård, växtproduktionsvetenskap - rapportserie
Delnummer i serien:	2021:1
ISBN:	978-91-576-8993-1 (elektronisk) 978-91-576-8992-4 (tryckt)
Nyckelord:	Etableringstidpunkt, mellangröda, samodling, baljväxt, ogräs, ogräskontroll, markkol, markolsuppbbyggnad, skörd, bioagassubstrat, biogödsel, biodrivmedel, växthusgas, ekosystemtjänster.

Innehåll

Förord.....	7
Sammanfattning.....	8
Somarmellangrödornas effekt på frögräs.....	8
Somarmellangrödornas markkolsbidrag.....	9
Somarmellangrödornas biomassaproduktion och potential som biogassubstrat.....	10
Summary.....	11
Effect of summer intermediate crops on seed weeds.....	11
Effect of summer intermediate crops on soil organic carbon.....	12
Potential of summer intermediate crops as biogas substrate.....	13
Inledning.....	14
Bakgrund.....	14
Litteraturgenomgång.....	16
Material och metod.....	19
Fältförsök.....	19
Metod för ogräsinventering och grödans marktäckningsgrad.....	20
Mätning av temperatur.....	20
Provtagning.....	20
Biomassaprover.....	20
Provhantering.....	20
Biomassaprover.....	20
Analyser.....	20
Beräkningar.....	21
Uppskattning av markkolsbidrag.....	21
Resultat och diskussion.....	22
Temperatur i mark och luft.....	22
Ogrässituation vid såtidpunkt nr 1 (sådd 9 juli).....	23
Avläsning 21 augusti.....	23
Avläsning 13 september.....	24
Avläsning 27 september.....	24
Ogrässituation vid såtidpunkt nr 2 (sådd 27 juli).....	25
Avläsning 13 september.....	25
Avläsning 30 oktober.....	27
Ogrässituation vid såtidpunkt nr 3 (sådd 28 augusti).....	28
Avläsning 22 november.....	28
Biomassaavkastning och markkolsbidrag vid såtidpunkt nr 1 (9 juli).....	30
Provtagning 12 september.....	30
Provtagning 10 oktober.....	31
Provtagning 13 november.....	32
Biomassaavkastning och markkolsbidrag vid såtidpunkt nr 2 (27 juli).....	34
Provtagning 12 september.....	34

Provtagning 10 oktober.....	36
Provtagning 13 november.....	37
Biomassaavkastning och markkolsbidra vid såtidpunkt nr 3 (28 augusti).....	39
Provtagning 13 november.....	39
Biomassaavkastning och markkolsbidrag – sammanfattning.....	40
Mellangrödornas potential för produktion av biogas och biogödsel.....	42
Slutdiskussion.....	44
Markkoleffekt.....	44
Erfarenheter att etablera sommarmellangrödor vid olika tidpunkter.....	44
Odlingsrekommendationer vid odling av mellangrödor för ogräskonkurrens.....	45
Odlingsrekommendationer vid odling av mellangrödor för markkolsuppbyggnad.....	46
Mellangrödornas potential för produktion av biogas och biogödsel.....	46
Referenslista.....	47

Förord

Denna rapport sammanfattar resultaten från projektet ”Etableringstidpunktens inverkan på sommarmellangrödors ogräsbekämpande egenskaper och markkolsbidrag” som genomfördes på Norra Åsum, under 2018 och som finansierats av SLU Partnerskap Alnarp (PA 1133). Projektet motfinansieras av Jordbruksverks-projektet ”Ogräs och kväveläckage kontrolleras i en ekologisk växtföljd med färskpotatis, morot, lök och spannmål via miniträda, mellangroda och anpassad jordbearbetning” och som är redovisat i Hansson och Svensson (2020).

Vi vill rikta ett stort tack till 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 detta försök med sommarmellangrödor under 2018.

Alnarp, februari 2021

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

Fotot på framsidan är taget av David Hansson, på försöksfältet vid Norra Åsum, sommaren 2018.

Sammanfattning

Under 2018 genomfördes ett fältförsök för att studera etableringstidpunktens inverkan på sommar-mellangrödors ogräsbekämpande egenskaper, dess markkolsbidrag och dess potential som biogasråvara. Mellangrödorna odlades i renbestånd (bovete, honungsört, hampa, oljerättika) och i samodling med de kvävefixerande mellangrödorna luddvicker alt. doftklöver (persisk klöver).

Mellangrödorna såddes vid tre tidpunkter 9 juli, 27 juli och 28 augusti. Mellangrödorna i renbestånd var ogödslade resp. gödslade med 40 kg ammoniumkväve per ha, i form av biogäsgödsel. 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 på Norra Åsum, vid Kristianstad i nordöstra Skåne, med en förfrukt av havre, antingen som helsäd eller som tröskad spannmålskärna, beroende på havrens skördedatum, inför sådden av mellangrödorna.

Sommarmellangrödornas effekt på fröogräs

Mellangrödorna som såddes den 9 juli resp. den 27 juli hade bra ogräskonkurrerande egenskaper, förutom honungsörten. En möjlig förklaring till honungsörtens dåliga utveckling och svaga ogräskonkurrerande förmåga, vid dessa såtidpunkter var den varma sommaren 2018, som troligen resulterade i gröningsvila hos honungsörten. Mängden ogräs var relativt hög i de mellangrödor som etablerades den 28 augusti, speciellt i de gödslade leden med mellangrödor.

I de mellangrödor som var ogödslade var ogräsets marktäckningsgrad lägre, d.v.s. både i renbestånd och i de mellangrödor som samodlades med de kvävefixerande mellangrödorna. Ogräsens vikt (ts) reduceras radikalt av mellangrödorna. Ogräsvikten var 83 till 97 % lägre för ogödslade mellangrödor i renbestånd, sådda 9 juli resp. 27 juli, jämfört med den ogödslade kontrollen utan mellangrödor.

Gödsling ökar markens produktionsförmåga av både mellangröda och ogräs. I försöket resulterade 40 kg ammoniumkväve per ha, i form av biogäsgödsel, i en större biomassa av ogräs, trots att mellangrödans bladyteindex (LAI) ökade med ca 55 % och därmed även mellangrödans beskuggningsgrad av mark och lågväxande ogräs.

Gödslingen gav en ökad höjdtillväxt hos sommarmellangrödorna. För mellangrödor sådda den 9 juli var höjdtillväxten störst i framför allt hampa och oljerättika. Höjdtillväxten efter gödsling var generellt inte lika stor i mellangrödor sådda den 27 juli resp. 28 augusti.

Baserat på detta försök under 2018 och tidigare försök med sommarmellangrödor som genomförts vid Institutionen för biosystem och teknologi, kan vi ge följande preliminära rekommendationer rörande sommarmellangrödors ogräskonkurrerande förmåga:

- 1) Vid sen sådd av mellangrödor, i slutet av augusti, så ger honungsört och oljerättika en bra effekt mot fröogräs, även om dessa mellangrödors biomassaproduktion blir relativt låg.
- 2) Vid tidig sådd, dvs fram till början av augusti, så ger mellangrödorna bovete, honungsört, hampa och oljerättika en bra effekt mot fröogräs.
- 3) Effekten förstärks när mellangrödorna är ogödslade och samodlade med kvävefixerande mellangrödor som doftklöver och luddvicker. Denna effekt var inte lika tydlig vid sådd i slutet av augusti.

- 4) Gödsling med 40 kg ammoniumkväve per hektar, i form av biogasgödsel, leder inte till bättre effekt mot ogräsen, även om mellangrödan tillväxer bättre och ger bättre beskuggning av ogräsen.
- 5) När mellangrödorna såddes vid höga jordtemperaturer under 2018, verkade det som att honungsört gick i groningsvila, vilket resulterade i sämre etablering och fördröjd tillväxt. De andra mellangrödorna verkade klara de höga jordtemperaturerna bättre.
- 6) Skall sommarmellangrödor etableras vid höga jordtemperaturer föreslår vi en blandning av mellangrödor bestående av honungsört, bovete och någon kvävefixerande gröda t.ex. doftklöver eller alexandrinerklöver. Denna blandning bör även fungera vid sen sådd, i slutet av augusti. I de fall bovetet skulle frysa bort tidigt på hösten, så kommer de andra grödorna, som är något mer köldtåliga, att kunna växa vidare.
- 7) I de fall man inte vill ha oljerättika i växtföljden, så finns det ur ogrässynpunkt flera bra alternativ, bland annat honungsört i renbestånd, eller honungsört i samodling med andra mellangrödor, t.ex. blodklöver eller någon annan kvävefixerande gröda.
- 8) Inför sådd av mellangrödor. Genomför 1-2 falska såbäddar, max 3-5 cm djupt, efter skörden av huvudgrödan, för att bekämpa fröogräs, t.ex. sent groende ogräs såsom nattskatta.
- 9) Om sådden av mellangrödorna fördröjs av de falska såbäddarna, så kan det leda till en sämre biomassaproduktion, men man får ändå en bra effekt på ogräsen från mellangrödorna honungsört och oljerättika, både i renbestånd eller samodlade med någon baljväxt.

Sommarmellangrödornas markkolsbidrag

Gödslade icke kvävefixerande mellangrödor gav 64 % mer markkolsupbyggnad 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 mellangrödor utan gödsling.

Ogödslat är ett krav för att kunna erhålla stöd för odling av mellangrödor på Ekologiska fokusarealer, enligt gällande regelverk 2020. 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 komplement som kunde bromsa eller vända minskningen i biomassaavkastningen och slutligen öka markkolsseffekten.

För att uppnå en bra markkolsseffekt kan vi rekommendera att:

- 1) Etablera mellangrödan så tidigt som möjligt.
- 2) Vid etablering i senare halvan av augusti välj en mellangröda som etablerar sig snabbt (t.ex. bovete) eller en mellangröda som har bra tillväxt långt in i hösten t.ex. oljerättika och honungsört.
- 3) Gödsla honungsört respektive hampa om sådden sker i slutet av augusti. De kan då bidra till markkolsupbyggnaden om de får växa hela hösten, fram till mitten av november, speciellt om de plöjs ner utan skörd. Då bidrar de med 80-135 kg stabilt kol per hektar. Honungsörten och hampan är ändå ej skördbara i mitten av november, vid sådd i slutet av augusti ur ett ekonomiskt perspektiv. I detta försök, under 2018, var deras biomassaproduktion endast 1-1,2 ton ts per hektar i mitten av november.

- 4) Samodla icke kvävefixerande mellangrödor med en baljväxt om du vill kompensera för tidigt mognande mellangrödor, t.ex. bovete, som kan samodlas med doftklöver. Eller om du önskar en stark biomassproduktion, men vill undvika att gödsla mellangrödan, t.ex. hampa eller oljerättika i kombination med luddvicker.

Sommarmellangrödornas biomassaproduktion och potential som biogassubstrat

Vår studie visar att flera av mellangrödorna genererar stora mängder skördbar biomassa, mellan 3 och 12 ton torrsubstans (ts) per hektar, när de är ogödslade och samodlade med baljväxter, alternativt odlade i renbestånd och gödslade. Detta gäller under förutsättning att de är sådda före den 1 augusti och skördade från mitten av september till mitten av november. Enligt Molinuevo-Salces m. fl. (2013a) som gjort studier på mellangrödor som biogasråvara, så visar deras ekonomiska beräkningar att mellangrödor kan användas om skördarna överstiger 1,8 till 2,7 ton ts per hektar. I medeltal skulle metanproduktion från sommarmellangrödorna i vår studie bli 770 m³ metan per hektar, motsvarande energiinnehållet i 770 liter dieselolja, när mellangrödorna skördas med ca 10 cm stubbhöjd.

Vid sådd före 1 augusti så gav oljerättika och hampa i snitt ca 7 ton ts per hektar, när de var ogödslade och samodlade med luddvicker, alternativt odlade i renbestånd och gödslade, om de skördades i mitten av oktober eller i mitten av november. En biomassaskörd på 7 ton ts genererar ca 2100 m³ metan, motsvarande 2100 liter diesel.

Mellangrödorna lagrar stora mängder kväve i den ovanjordiska biomassan, ca 130 respektive 50 kg kväve per hektar, för mellangrödor som etablerades den 9 respektive den 27 juli 2018. Av denna kvävemängd bortfors ca 110 respektive ca 40 kg kväve per hektar med biogasråvaran, när stubbhöjden är ca 10 cm. I princip kan hela denna kväveämgd återföras till nästa huvudgröda följande vår som biogödsel.

Skördar man inte mellangrödan går man miste om möjligheten att producera biogas. Vidare är risken överhängande att biomassans stora 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 ökar eller så är nästa huvudgrödans skördenivå opåverkad, efter att en mellangröda skördats.

Vidare menar de att skörd av mellangrödor, som foder eller för produktion av biodrivmedel, kan vara viktiga incitament för att odla mellangrödor i större omfattning, för att på så sätt erålla nya ekosystemtjänster från odlingsystemet. De menar att det räcker att lämna rötterna och 7,5-10 cm stubb vid skörden av mellangrödan för att bibehålla markens bördighet.

Vår studie anger, i en översiktlig kolbalansberäkning, att det ur växthusgas-synpunkt är ca 2,5 ggr bättre att skörda en mellangröda, i form av ogödslad oljerättika i samodling med luddvicker, för att producera fordonsgas och biogasgödsel, jämfört med att plöja ner hela mellangrödan på hösten, för att maximera markkolsinlagringen.

Summary

During 2018, a field experiment was conducted to study the impact of time of establishment of summer intermediate crops on their weed control effect, their contribution to soil organic carbon and their potential as biogas substrate. The intermediate crops were grown in pure stand (buckwheat, phacelia, hemp and oilseed radish) and intercropped with legumes, hairy vetch and Persian clover.

The intermediate crops were sown on three occasions, 9 July, 27 July and 28 August. Intermediate crops in pure stand were unfertilized and fertilized with 40 kg ammonium nitrogen per hectare, in the form of biogas digestate, respectively. Treatments intercropped with legumes were not fertilized.

In the field experiment, 12 intermediate crop-fertilization treatments were investigated, which were repeated in three blocks. The field experiment site had light sandy soil and it was located in Norra Åsum, near Kristianstad in northeast Skåne, southern Sweden. The previous crop was oats, either harvested as whole-crop or combine-harvested, depending on the oats harvest date before seeding of the intermediate crops.

Effect of summer intermediate crops on seed weeds

The intermediate crops sown on 9 and 27 July showed a good competition against weeds, with the exception of phacelia. A possible explanation for phacelia's slow development and weak competition against weeds, was that phacelia seed likely entered seed dormancy due to the ambient conditions in the hot summer of 2018. The amount of weed was relatively high in the intermediate crops that were established on 28 August, especially in the fertilized treatments.

In both unfertilized treatments, pure stand and intercropped intermediate crops, the weed ground cover fraction was lower compared to the fertilized treatments. The weed weight (dry matter) was reduced substantially by all intermediate crops; it was 83 to 97% lower for unfertilized intermediate crops in pure stand, sown 9 and 27 July, respectively, compared to the unfertilized control without intermediate crops.

Fertilization increases the productivity for both intermediate crops and weeds. In the experiment, 40 kg of ammonium nitrogen per hectare in the form of biogas digestate resulted in a larger amount of weed biomass, despite the fact that the leaf area index (LAI) of the intermediate crops increased by approx. 55 % and thereby also the degree of shading of soil and low weeds.

Fertilization also led to the increase of plant height in the intermediate crops. For intermediate crops sown 9 July, the increase was largest for hemp and oilseed radish. Height increase after fertilization was generally not as for intermediate crops sown 27 July and 28 August.

Based on this field experiment in 2018 and earlier field experiments with summer intermediate crops at the Department of Biosystems and Technology, can we give the following recommendations regarding the weed control effect of summer intermediate crops:

- 1) For late-sown intermediate crops, sown at the end of August, phacelia and oilseed radish give a good effect against seed weeds, even if the intermediate crop's biomass is relatively low.
- 2) For early-sown intermediate crops, sown until the beginning of August, buckwheat, phacelia, hemp and oilseed radish give a good effect against seed weeds.
- 3) The effect against seed weeds is increased when intermediate crops are unfertilized or intercropped with legumes such as Persian clover or hairy vetch. This effect was not similarly clear when the intermediate crops were sown at the end of August.

- 4) Fertilization with 40 kg ammonium nitrogen per hectare in the form of biogas digestate, does not result in a better weed control effect, even though the intermediate crop grows better and have a better shading effect on the weeds.
- 5) When the intermediate crops were shown at high soil temperatures in 2018, phacelia seeds probably went into dormancy, which resulted in a weak establishment and delayed growth. The other intermediate crops in the field experiment seemed not affected as much.
- 6) If intermediate crops shall be established at high soil temperatures, we suggest a mix containing phacelia, buckwheat and a legume such as Persian or Egyptian clover. This mix should work at later seeding dates at the end of August. In case buckwheat should die due to early frost, the other crops that have a higher cold tolerance will continue to grow.
- 7) If oilseed radish is to be avoided in the crop rotation, there are several good alternatives that can control seed weeds. These include phacelia in pure stand or phacelia intercropped with other intermediate crops, e.g. blood clover or other legumes.
- 8) Before the seeding of intermediate crops, perform 1-2 false seedbeds, max 3-5 cm deep, after the harvest of the main crop in order to control seed weeds, e.g. late-germinating weeds such as black nightshade.
- 9) If the seeding of intermediate crops is delayed by false seedbeds, a lower biomass production will be the result, but a good weed effect can still be achieved by intermediate crops such as phacelia and oilseed radish, in pure stand or intercropped with a legume.

Effect of summer intermediate crops on soil organic carbon

Fertilized non-N-fixating intermediate crops resulted in 64 % higher contribution to soil organic carbon compared to when unfertilized, but only 10 % more soil organic carbon contribution compared to intermediate crops intercropped with a legume. This indicated that non-N-fixating intermediate crops intercropped with legumes could be an interesting option, if fertilization is not allowed.

Unfertilized intermediate crops might be a requirement when e.g. applying for support for growing these crops on Ecological Focus Areas (EFA), according to the current regulation. Legumes required, in most cases, a much longer time for establishment and contributed relatively little to soil organic carbon shortly after establishment. For intermediate crops that mature early and then wither, intercropping with legumes reduced biomass decrease or even increase the total biomass yield and finally increased the soil organic carbon contribution.

In order to obtain a good effect on soil organic carbon we can recommend to:

- 1) Establish the intermediate crop as early as possible.
- 2) For establishment in the later half of August, choose an intermediate crop that has a quick establishment (e.g. buckwheat) or an intermediate crop that has a good continued growth far into the autumn (e.g. oilseed radish or phacelia).
- 3) Fertilize phacelia and hemp if the seeding takes place in the end of August. These crops can contribute to soil organic carbon if they can grow the whole autumn until the middle of November, especially if the crops are incorporated into the soil without harvest. With a biomass yield of 1-1.2 tons DM per hectare, harvest of phacelia and hemp is not feasible economically in the middle of November, when sown in the end of August. However, these crops can then contribute with 80-135 kg stable carbon per hectare.

- 4) Intercrop, non-nitrogen-fixing intermediate crops with a legume, if you want to compensate for early ripening intermediate crops, e.g. buckwheat. Buckwheat can be intercropped with Persian clover. Or if you want a strong biomass production, but want to avoid fertilizing the intermediate crop, e.g. hemp or oil radish in combination with hairy vetch.

Potential of summer intermediate crops as biogas substrate

Our study shows that some of the intermediate crops produce large amounts of harvestable biomass, between 3 and 12 ton dry matter per hectare, when unfertilized and intercropped with legumes or grown in pure stand and fertilized. This applies under the conditions that the crops are sown before the 1 August and harvested in the period between middle of September to middle of November. According to Molinuevo-Salces et al. (2013a) who performed studies on intermediate crops as biogas substrate, harvest of intermediate crops and use as biogas substrate becomes economically feasible when harvests are larger than 1.8 to 2.7 ton dry matter per hectare. On average, methane production from intermediate crops in our study would be 770 m³ methane per hectare, corresponding to the energy content of 770 litres of diesel, when the intermediate crops are harvested with a stubble height of approx. 10 cm.

When sown before 1 August, oilseed radish and hemp produced 7 tons DM per hectare on average between middle of October and middle of November, when unfertilized and intercropped with hairy vetch or grown in pure stand and fertilized. A biomass yield of 7 tons DM can generate approx. 2100 m³ methane, corresponding to 2100 litres of diesel per hectare.

Intermediate crops store large amounts of nitrogen in the aboveground biomass, approx. 130 and 50 kg N per hectare for crops that were sown 9 and 27 July 2018, respectively. Of this amount of nitrogen approx. 110 and 40 kg N per hectare, respectively, can be removed by harvest, e.g. as biogas substrate, at a stubble height of 10 cm. In principle, the entire amount of N can be conserved in the form of biogas digestate and transferred to the next main crop.

If intermediate crops are not harvested the opportunity to produce biogas is missed. Furthermore, the risk is that a large amount of the nitrogen bound in the aboveground biomass is released by mineralisation during autumn and winter and a substantial amount will likely leak to watercourses or the atmosphere. According to Blanco-Canqui et al. (2015) and Blanco-Canqui et al. (2020), the yield level of the next main crop is increased or at least unaffected when the preceding intermediate crop is harvested.

Furthermore, these studies conclude that harvest of intermediate crops as fodder or for production of renewable vehicle fuel can be an important incentive to grow intermediate crops to a larger extent and thereby receive new ecosystem services from the cropping system. To leave roots and stubble at 7.5-10 cm after harvest of the intermediate crop would be sufficient to increase the soil fertility.

Our study states, in a simplified general carbon balance calculation, that from a greenhouse gas point of view it is about 2.5 times better to harvest an intermediate crop, e.g. unfertilized oil radish intercropped with hairy vetch, to produce vehicle gas and biogas digestate, compared to plowing down the entire intermediate crop in the autumn, to maximize soil carbon storage.

Inledning

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

Målet med projektet var att i ett fältförsök på Norra Åsum, söder om Kristianstad, under 2018, vid tre såtidpunkter, utvärdera olika sommarmellangrödors etableringsförmåga, ogräsbekämpande egenskaper, dess biomassaproduktion både ovan och under jord samt utifrån biomassaproduktionen översiktligt bedöma mellangrödornas potential som råvara för framställning av biodrivmedel i form av fordonsgas.

I försöket etablerades mellangrödorna; bovete (*Fagopyrum esculentum*), honungsört (*Phacelia tanacetifolia*), hampa (*Cannabis sativa* var. Futura 75) och oljerättika (*Raphanus sativus*), både i renbestånd och samodlade med en kvävefixerande gröda. Bovete och honungsört samodlades med ”den kvävefixerande bottengrödan” persisk klöver, numera kallad doftklöver, (*Trifolium resupinatum*). Hampa och oljerättika samodlades med den kvävefixerande växten luddvicker (*Vicia villosa*). De 4 leden med mellangrödor utan kvävefixerande växter odlades både med 40 kg N per ha (ammoniumkväve som biogasgödsel) respektive helt utan gödsling. Leden med de kvävefixerande mellangrödorna gödslades inte.

Tidigare erfarenheter från fältförsök med mellangrödor på Norra Åsum, i en ekologisk växtföljd med färskpotatis, morot, lök och spannmål, visar att honungsört (facelia) 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. 2020). Därför undersöks nu bovete och hampa parallellt med oljerättika och honungsört för att ge svar på vilka sommarmellangrödor som kan rekommenderas framöver, när de etableras från i början av juli till i slutet av augusti. Etableringstidpunkterna valdes för att täcka hela perioden för etablering av mellangrödor, där fång- eller mellangrödestöd kan bli aktuellt för gödslade mellangrödor.

Under 2018 införde Jordbruksverket flera förändringar i förgröningsstödet. En viktig förändring var att mellangrödor får odlas på ekologisk fokusareal (EFA) och att begreppet ”mellangröda” används. Efter skörd av en huvudgröda kan man så en blandning av mellangrödor och räkna detta som ekologisk fokusareal. Blandningen av mellangrödor skall sås före den 1 september och bestå av minst två grödor från följande lista: betor, blodklöver, bovete, havre (vår), honungsört (facelia), korn (vår), oljerättika, persisk klöver, purrhavre, rajgräs, raps (vår), rybs (vår), råg (vår), rågvete (vår), rättika, solros, subklöver, sudangräs, tagetes, vete (vår), vicker, vitsenap och ärter. Vidare får mellangrödorna på den ekologiska fokusarealen brytas tidigast den 1 november (SJV 2018).

Bakgrund

I ett växtföljdsförsök på Norra Åsum, som under 2017-2019 finansierats av SLU EkoForsk och Jordbruksverket, 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. 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 & Svensson (2020).

Mellangrödorna i växtföljdsförsöket på Norra Åsum etableras efter färskpotatis respektive, efter tröskad höstråg, efter en kort miniträda med upprepade falska såbäddar. Erfarenheterna visar att honungsort som sås i början av augusti utvecklar sig väl, vilket ger en bra ogräskonkurrerande effekt och en relativt hög mängd biomassa per ha. Oljerättika som sås ca 14 dagar senare, d.v.s. i mitten av augusti, efter tröskad höstråg, växer inte tillräckligt kraftigt, vilket ger en dålig ogräskonkurrerande effekt och en relativt låg mängd biomassa per ha.

I växtföljdsförsöket undersöks både ”passiva” och ”aktiva” åtgärder för att reducera ogräsets fröbank i marken. Ogräset bekämpas med passiva åtgärder bland annat genom att odla huvudgrödor och mellangrödor. 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 används aktiva ogräsbekämpningsåtgärder där groningen av ogräsfrön stimuleras genom olika former av jordbearbetning. Därefter bekämpas växande ogräs med en ny jordbearbetningsåtgärd. Jordbearbetningen sker främst genom tillämpning av falska såbäddar i en miniträda. Efter att de falska såbäddarna utförts ett par gånger etableras en mellangröda för att kontrollera ogräsen och öka markens mullhalt via mellangrödornas rötter. Att både utnyttja huvudgrödors och mellangrödors ogräskonkurrerande egenskaper parallellt med aktiva åtgärder är viktiga strategier mot ogräs inom den ekologiska och konventionella odlingen.

Resultaten från växtföljdsförsöket på Norra Åsum 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 honungsort. Oljeättikan ger dock inte lika bra resultat mot ogräsen, p.g.a. sen sådd efter kärnskörd av spannmål. Vidare 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, honungsort och bovete bäst ogräskonkurrerande egenskaper. Även hampa samt hampa i samodling med luddvicker gav lika bra ogräskonkurrerande effekt som oljerättika, honungsort och bovete i renbestånd. Däremot hade t.ex. sudangräs i renbestånd betydligt sämre ogräskonkurrerande egenskaper. I försöket jämfördes mellangrödornas ogräsbekämpande egenskaper både då de var ogödslade respektive gödslade med 40 kg N per ha, med biogödsel (Hansson m. fl. 2017a, Hansson m. fl. 2018).

Under 2018, parallellt med detta nu redovisade projektet, genomfördes en studie av Ahlqvist (2019), vilken även finansierades av SLU Partnerskap Alnarp (PA-projekt 1152). Även i Ahlqvists studie undersöktes flera olika sommarmellangrödors effekt mot fröogräs. Ahlqvist etablerade mellangrödorna antingen i renbestånd eller i samodling med andra mellangrödor. Mellangrödorna odlades efter färskpotatis på ett fält vid Grevie på Bjärehalvön. Resultaten visade på en bra ogräseffekt av

mellangrödorna. Det fanns 91–93 % färre antal ogräs i mellangrödorna jämfört med i kontrollen utan mellangröda.

En försöksserie har genomförts på Kronoslätt vid Klagstorp i södra Skåne, med finansiering bland annat från SLU Partnerskap Alnarp, The Absolut Company och NBR under 2018-2020, med olika sommarmellangrödor efter stärkelsevete som förfrukt till sockerbeter. Här har ogödslade mellangrödor, bland annat oljerättika och honungsort i renbestånd samt honungsort i samodling med blodklöver, gett mycket bra ogräseffekt, när de har etablerats i mitten av augusti (Svensson m. fl. 2020).

Litteraturgenomgång

En mellangröda definieras som en gröda som växer mellan två huvudgrödor. Mellangrödors ogräskonkurrerande egenskaper kan reducera herbicidanvändningen och kostnaden för ogräsbekämpning (Bårberi m. fl. 2001, Dabney m. fl. 2001). Bårberi & Mazzoncini (2001) har visat att ogräskonkurrensen var större när mellangrödornas biomassa var hög. Även forskning och försök i Sverige anger att mark bevuxen med en mellangröda innebär konkurrens med ogräsen (Didon m. fl. 2014). En väletablerad, snabbväxande mellangröda kan vara avgörande för denna konkurrens (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).

Nair (2015) redogör för olika mellangrödors multifunktionella egenskaper, bl.a. dess ogräskonkurrerande och mullbildande effekter, och listar lämpliga sommar- och vinternellangrödor för växtföljder med trädgårds- och jordbruksgrödor. I projektet Oscar ”Optimise Subsidiary Crop Application in Rotations”, som är ett europeiskt forskningssamarbete rörande hållbara odlingssystem, utvecklas olika koncept för mellangrödor och bottengrödor (Friberg 2020).

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, lämplig avdöningstidpunkt etc. för ca 40 olika mellangrödor (CCD 2017).

I en ogrässtudie i majs och baljväxter av Bilalis m. fl. (2010) visades att ju mer fotosyntetiskt aktivt ljus (PAR) som togs upp av huvudgrödan 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 lägre växande ogräs. Detta resulterade i en lägre ogräsvikt och i ett lägre antal ogräs jämfört med då grödorna växte var för sig. I en annan studie där olika kornsorters ogräskonkurrerande egenskaper undersöktes, visade det sig att den mest konkurrenskraftiga sorten var den som släppte igenom den minsta mängden PAR-ljus (Didon m. fl. 2002).

Förutom att hämma ogräsens etablering och tillväxt kan mellangrödor även förbättra markens fysikaliska egenskaper, minska urlakningen av näringsämnen, öka markens kväveinnehåll (speciellt om kvävefixerande växter används) och öka kolinlagringen i marken (Liebman m. fl. 2000, Dabney m. fl. 2001). Mellangrödan kan även sanera för olika växtsjukdomar, t.ex. nematoder, förbättra markstrukturen, ha en positiv förfruktseffekt samt öka mullhalten långsiktigt. Detta innebär att kol binds i marken från rotbiomassan, vilket fungerar som en sänka för kol och är därmed ett sätt att motverka växthuseffekten. 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 % (Bertilsson 2009, Kumm 2013, Biogas Syd 2015).

Nyttjandegraden av den växtnäring som finns i mellangrödornas ovanjordiska biomassa kan troligen öka om dess biomassa skördas på hösten och därefter rötas in en biogasanläggning. Biogasgödseln, dvs. den näringsrika restprodukten från biogasproduktionen, sprids till en ny lämplig huvudgröda nästkommande vår, enligt Gunnarssons koncept ”*Biogasbanken*”. Via konceptet skördade mellangrödor till *Biogasbanken* bör kväveförluster från odlingssystemet kunna minimeras (Gunnarsson 2014, Biogas Syd 2015, Szerencsits m. fl. 2015).

Mellangrödor (även kallade täckgrödor, av bland annat Energimyndigheten) och vall är exempel på godkända råvaror för produktion av biodrivmedel, vilket framöver leder till skattebefrielse för biogas och biogasol (Energimyndigheten 2015, Regeringen 2020).

Mellangrödorna bidrar till markkolsuppbbyggand både genom den ovanjordiska delen, när den myllas ner i marken, samt genom rotbiomassans kolinnehåll. Tidigare studier har visat att rotbiomassans bidrag till markkolsuppbbyggande blir 2-3 gånger större per viktenhet än den ovanjordiska, då mer av rotbiomassans kol stabiliseras (Kätterer m. fl. 2011). Så även om den ovanjordiska biomassan bortförs kan mellangrödorna i stor utsträckning bidra till markkolsuppbbygganden, med ca 330 kg stabilt kol per hektar och år (IVA 2019).

Under hösten 2017 införde Jordbruksverket flera förändringar i förgröningsstödet för 2018. En viktig förändring är att mellangrödor kan odlas på ekologisk fokusareal (EFA) och att begreppet ”mellangröda” börjar användas. Efter skörd av huvudgrödan sår man en blandning av minst två mellangrödor och får då räkna detta som ekologisk fokusareal. Blandningen av mellangrödor skall sås före den 1 september och skall bestå av minst två grödor enligt följande lista: betor, blodklöver, bovete, havre (vår), honungsort, korn (vår), oljerättika, persisk klöver, purrhavre, rajgräs, raps (vår), rybs (vår), råg (vår), rågvete (vår), rättika, solros, subklöver, sudangräs, tagetes, vete (vår), vicker, vitsenap eller ärter. Mellangrödan på den ekologiska fokusarealen får brytas tidigast den 1 november (SJV 2018).

Enligt Blanco-Canqui m. fl. (2015) så mildrar mellangrödor effekten av skadlig markpackning, förbättrar markens struktur, förbättrar dess hydrauliska och mikrobiella egenskaper, håller kvar näringsämnen till nästa gröda och undertrycker ogräs. Mellangrödor ökar eller har inte någon direkt nämnvärd effekt på nästa huvudgrödans avkastning. De kan dock minska avkastningen i områden med begränsad nederbörd, genom att mängden tillgängligt vatten för efterföljande huvudgröda minskar. Författarna menar att skörd av mellangrödor, som foder eller för produktion av biodrivmedel, kan vara ett viktigt incitament för att odla mer mellangrödor.

I en uppföljande review-artikel av Blanco-Canqui m. fl. (2020) så kan skörd av mellangrödor t.ex. som foder eller för produktion av biodrivmedel generera viktiga ekosystemtjänster. De lyfter speciellt fram: 1) mellangrödors potential för produktion av foder och biodrivmedel, 2) effekterna på mark och grödor efter skörd av mellangrödor, 3) mängden skördbar biomassa från mellangrödor samt 4) strategier för att öka mellangrödornas biomassaproduktion. De menar åter igen att skörd av mellangrödor inte ger någon negativ inverkan på markegenskaper, på efterföljande huvudgrödors skördeavkastning eller på mellangrödornas förmåga att undertrycka ogräs. Att lämna 7,5-10 cm stubb vid skörden av mellangrödan bör räcka för att upprätthålla markens ekosystemtjänster.

Enligt Blanco-Canqui m. fl. (2020) producerar mellangrödor $3,4 \pm 3,0$ ton per ha (medelvärde \pm SD) ovanjordisk biomassa och $1,3 \pm 1,0$ ton per ha i form av underjordisk rotbiomassa. Rotbiomassan, som i deras studie representerade cirka 42 % av den ovanjordiska biomassaproduktionen, anses vara avgörande för att upprätthålla markens ekosystemtjänster, om mellangrödan skördas. Mängden

skördbar biomassa, samtidigt som markens ekosystemtjänster bibehålls, varierade från 1 - 3 ton per ha i semiarida områden till 1 - 6 ton per ha i mer fuktiga områden där mellangrödor som kan producera en stor mängd biomassa nyttjas. Strategier för att öka mellangrödornas biomassaproduktion omfattar 1) tidigt sådd och sen skörd av mellangrödorna samt 2) anpassning av växtföljd, sortval, odlingssystem etc. så att huvudgrödorna kan skördas tidigt, så att mellangrödorna ges en så lång växtperiod som möjligt.

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 dieselolja. De anger också att nettoenergiutbytet blir ca. 1000 m³ metan per hektar efter att energin för odling, transport, bioförgasning och uppgradering till fordonsgaskvalitet dragits i från. Baserat på uppgifterna från Szerencsits, Weinberger 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, t.ex. 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, vilket var ett medeltal för de mellangrödor som undersöktes av Molinuevo-Salces m. fl. (2013a).

I en annan studie av Molinuevo-Salces m. fl. (2013b), där man beräknat kostnaderna för att producera 1 m³ metangas, med fång- och mellangrödor som råvaror, så berodde produktionskostnaderna på grödornas biomassavkastning och de specifika skördekostnaderna per hektar å ena sidan samt på grödornas specifika metanutbyte och ts-halten å andra sidan. Om skördekostnaderna uppgår till 1500 DKK/ha och mellangrödornas biomassavkastning är högre än 1,8 till 2,7 ton ts per ha (intervallet beror främst på variationen i mellangrödornas ts-halt och deras specifika metangasutbyte) så beräknas produktionskostnaderna understiga intäkten, som var satt till 1,15 DKK/kWh.

Molinuevo-Salces m. fl. (2013b) betonar vidare att om fång- och 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 endast uppgår till 1350 kr per ha (134 EUR per ha), för att få en ekonomiskt lönsam biogasproduktion.

Ytterligare en dansk studie, Madsen m. fl. (2013), har undersökt eftersådda fång- och 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 de icke vinterhårdiga blandningarna av gul senap och luddvicker samt gul lupin och gul senap. I genomsnitt minskade utbytet av biomassans torrs substans med 2-3,5 % per dag, som sådden senarelades under augusti månad. När de icke-vinterhårdiga mellangrödorna skördades så bortfördes i genomsnitt 57 kg N, 9 kg P och 36 kg K per ha med biomassan.

Material och metod

Fältförsök

Fältförsöket under 2018 var placerat på en sandjord vid Norra Åsum, söder om Kristianstad, hos lantbrukare Carl Larsson. All skötsel av försöket har utförts av Hushållningssällskapet Skåne, Kristianstad. Försöket inleddes med att havre såddes våren 2018. Havren skördades vid tre tillfällen inför etableringen av mellangrödorna. Havren skördades som helsäd inför första såtidpunkten och som tröskad spannmålskärna före den andra och tredje såtidpunkten för mellangrödorna. Försöket bevattades för att få en bra etablering och tillväxt hos mellangrödorna under den torra och varma sommaren 2018.

Försöket bestod av 12 försöksled (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).

Tabell 1. Mellangrödor som ingick i försöket på Norra Åsum under 2018, 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 i den kommande CAP:en, enligt förslaget från Jordbruksverket hösten 2020 (SJV 2020).

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, även om alla mellangrödor i försöket inte är godkända som fånggrödor, enligt Jordbruksverkets regelverk. I försöket gödslades inte de kvävefixerande mellangrödorna, eftersom kvävegödsling troligen inte skulle ge någon ökad biomassaproduktion jämfört med ogödsling.

Mellangrödorna (Tabell 1) såddes vid tre tidpunkter 9 juli, 27 juli och 28 augusti. Mellangrödorna i renbestånd såddes på 12,5 cm radavstånd. När mellangrödorna samodlades med de kvävefixerande mellangrödorna (luddvicker resp. doftklöver) så etablerades de med varannan såbill på såmaskinen. Avståndet mellan raderna av icke-kvävefixerande mellangrödor blev då 25 cm och mitt däremellan såddes luddvicker alt. doftklöver. Detta betyder att radavståndet mellan de samodlade mellangrödorna blev 12,5 cm. Försöket upprepades randomiserat i tre block. Varje parcell var 2 m bred och 6 m lång.

N-min-innehållet i matjordslagret mättes inte i detta försök på Norra Åsum, men uppskattas ligga på liknande nivå, 7-10 kg N/ha, som i försöket med sommarmellangrödor efter färskpotatis på sandjord vid Greve, som genomfördes sommaren 2018 av Ahlqvist (2019). Även försöket på Kronoslätt indikerar ett relativt lågt N-min-innehåll i matjordslagret efter skörd av stärkelsevete. Här låg N-min i intervallet 8-19 kg N/ha, eller i snitt på knappt 15 kg N/ha (Svensson m. fl. 2020).

Metod för ogräsinventering och grödans marktäckningsgrad

Ogräsavläsningar utfördes i mellangrödorna:

- vid 2 tillfällen den 21 augusti och 27 september efter sådden den 9 juli,
- vid 2 tillfällen den 13 september och 30 oktober efter sådden den 27 juli,
- vid 1 tillfälle den 22 november efter sådden den 28 augusti.

För mellangrödorna som såddes den 9 och 27 juli räknades antalet ogräs vid de båda avläsningstillfällena och ogräset vägdes vid det sista avläsningstillfället. För mellangrödor sådda den 28 augusti avlästes ogräsets och grödans marktäckningsgrad okulärt vid endast ett tillfälle.

Sommarmellangrödornas bladyteindex (LAI) mättes den 13 september för de mellangrödor som såddes den 9 och 27 juli. Mellangrödans bladyteindex mättes med hjälp av SunScan Canopy Analysis System (SunScan, 2021; <http://www.delta-t.co.uk/product/sunscan>).

Mätning av temperatur

Jordtemperatur avlästes på 2 cm djup samt på 10 cm djup med Tinytag Talk 2 logger från Intab. Lufttemperaturen mättes med en väderstation. Markytan där jordtemperaturen avlästes var fri från större vegetation.

Provtagning

Biomassaprover

Den 9 september, 11 oktober och 13 november togs prover i fältförsöket för att uppskatta mellangrödornas biomassaavkastning och utifrån denna även mellangrödornas bidrag till markkolsuppbbyggnad. 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

Biomassaprover

Biomassa torkades vid 65°C i ca 48 timmar (tills vikten på provet blev stabil). Biomassa-avkastningen 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 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 skördefraktionen och rotfraktionen maldes med en IKA knivkvarn. Beroende på det förväntade kväveinnehållet vägdes 3-8 mg ±0.50 mg växtmaterial och fördes över till en tennkapsel (5*8 mm). Den exakta vikten noterades och kapseln förslöts försiktigt med hjälp av en pincett.

Analyser

Den totala halten av kol och kväve 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 45 % (Kätterer m. fl. 2011). Kvävehalten korrigerades med samma förhållande mellan uppmätt kolhalt och referenskolhalt. Viktförhållanden för skörd/stubb beräknades liksom viktförhållanden för skörd/rotbiomassa.

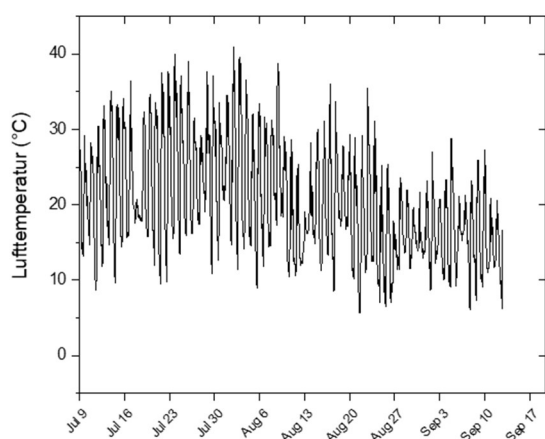
Uppskattning av markkolsbidrag

Markkolsbidraget av mellangrödornas olika delar (skörd, stubb, rötter) uppskattades utifrån biomassaavkastningen, viktförhållanden mellan delarna 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).

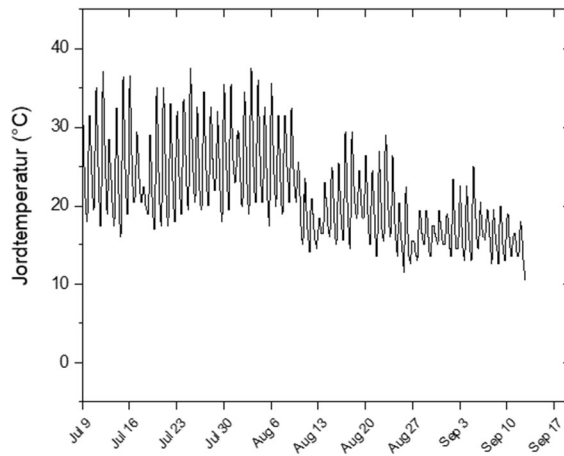
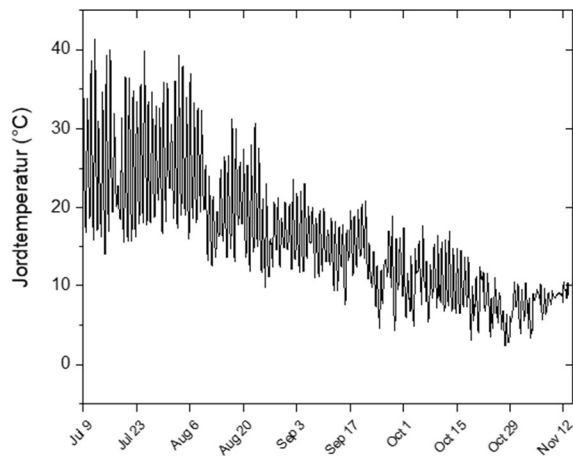
Resultat och diskussion

Temperatur i mark och luft

Temperaturen var högre än normalt under odlingsperioden 2018 (Figur 1 & 2). Den höga temperaturen påverkade främst etableringen av den honungört som såddes den 9 juli och 27 juli. De andra mellangrödorna påverkades inte i samma utsträckning av de höga temperaturerna.



Figur 1. Lufttemperatur (°C) under odlingsåret 2018 på Norra Åsum.



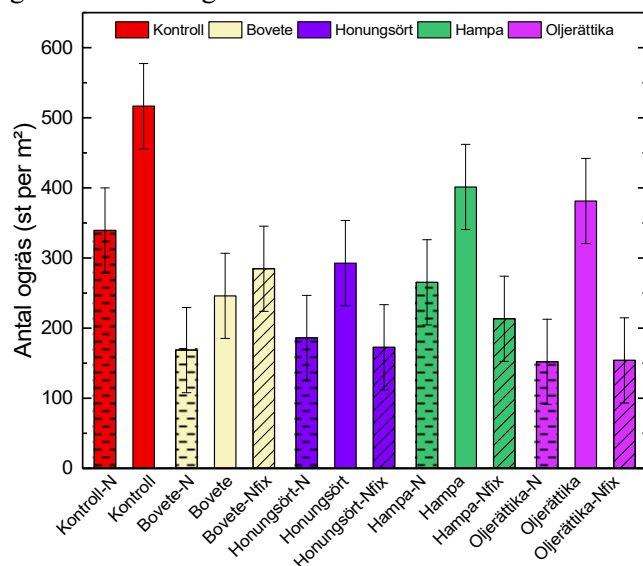
Figur 2. Jordtemperatur (°C) på 2 cm djup (Vänster) och 10 cm djup (Höger) under odlingsåret 2018 på Norra Åsum.

Ogrässituation vid såtidpunkt nr 1 (sådd 9 juli)

Avläsning 21 augusti

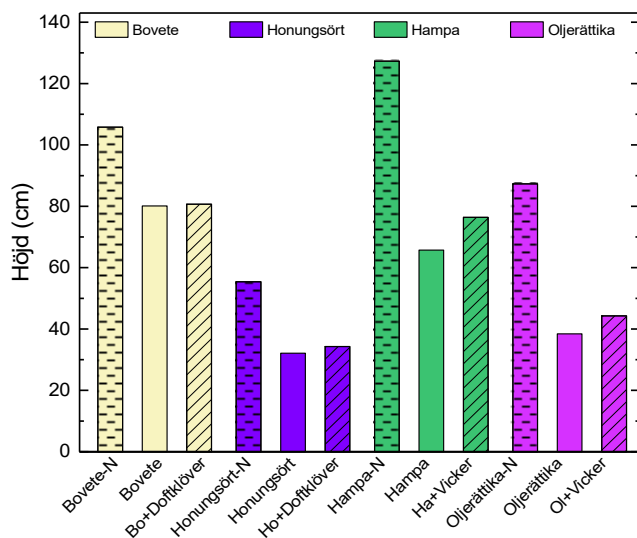
Vid avläsningen den 21 augusti fanns det lägsta antalet ogräs i de gödslade sommarmellangrödorna bovete, honungört och oljerättika. Även när oljerättika samodlades med luddvicker och när honungört samodlades med doftklöver erhöles lägst antal ogräs. Flest ogräs fanns i de ogödslade mellangrödorna hampa och oljerättika (Figur 3). I de gödslade mellangrödorna odlade i renbestånd (bovete, honungört, hampa och oljerättika) var antalet ogräs i genomsnitt ca 42 % lägre jämfört med de ogödslade mellangrödorna.

När de ogödslade sommarmellangrödorna samodlades med de kvävefixerande grödorna luddvicker resp. doftklöver, var antalet ogräs i genomsnitt ca 38 % lägre jämfört med de ogödslade sommarmellangrödorna i renbestånd. Samodling av de ogödslade mellangrödorna honungört, hampa och oljerättika med sina respektive kvävefixerare, gav lika stor reduktion av antalet ogräs som de gödslade mellangrödorna i renbestånd.



Figur 3. Antal ogräs per m² den 21 augusti 2018 för gödslade (N) och ogödslade samt samodlade (Nfix) sommarmellangrödor (sådd 9 juli, Norra Åsum).

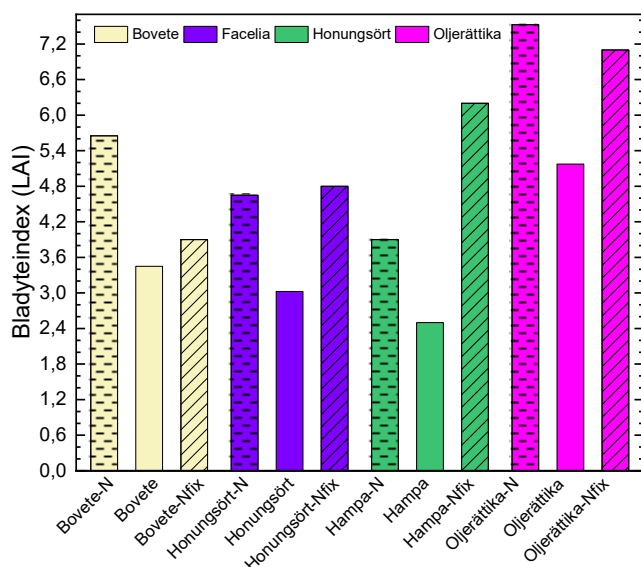
Kvävegödsling gav en ökad höjdtillväxt i alla sommarmellangrödor, men framför allt i hampa och oljerättika (Figur 4). Detta resultat överensstämmer med tidigare års erfarenheter från gödslade och ogödslade sommarmellangrödor (Hansson m. fl. 2018).



Figur 4. Sommarmellagrödornas höjd den 21 augusti. Sådd 9 juli 2018. N= gödslade mellagrödor.

Avläsning 13 september

Mellagrödornas bladyteindex (LAI) ökar när de gödglas. I försöket ökade 40 kg N per ha mellagrödornas LAI med ca 54 % (Figur 5). I försöket var LAI ungefär lika stort (5,4-5,5) för de gödslade mellagrödorna som för de ogödslade mellagrödorna vilka samodlades med kvävefixerande växter. Det resulterade i en lägre ogräsvikt när de ogödslade mellagrödorna samodlades med kvävefixerande mellagrödor jämfört med de gödslade mellagrödorna. Ogödslade samodlade kvävefixerande mellagrödor gav en mindre mängd kväve till ogräsens tillväxt jämfört med de gödslade mellagrödorna (Figur 6), medan grödans beskuggningsgrad var den samma.



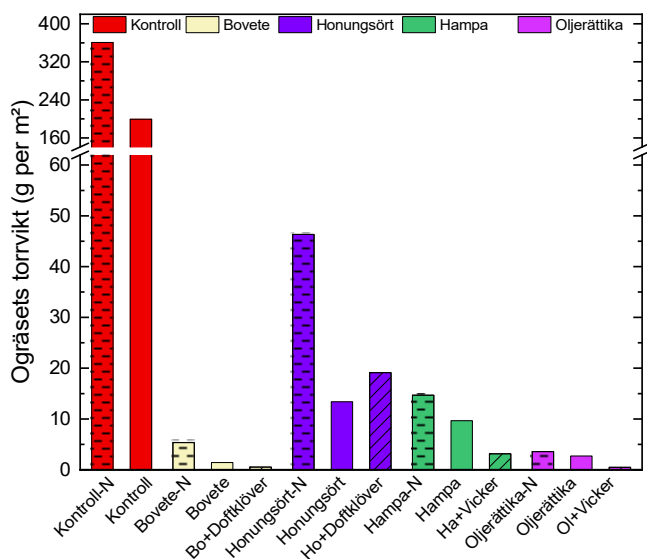
Figur 5. Bladyteindex (LAI) den 13 september för sommarmellagrödor sådda 9 juli. N = gödslade led med 40 kg ammoniumkväve per ha i form av biogödsel. Nfix = samodling med kvävefixerande mellagrödor. (Avläsningen utfördes i ett block).

Avläsning 27 september

Vid avläsningen den 27 september hade ogräsens vikt (ts) reducerats radikalt av mellagrödorna. I den ogödslade kontrollen var ogräsvikten (ts) ca 30 gånger större än i de ogödslade mellagrödorna (Figur 6). Försöksdesignen medförde att vi även fick en gödslad kontroll utan mellagröda. I den gödslade kontrollen (utan mellagröda) var ogräsvikten (ts) ca 20 gånger större än i de gödslade mellagrödorna. Ogräsvikten var generellt större i de gödslade mellagrödorna och i den gödslade kontrollen.

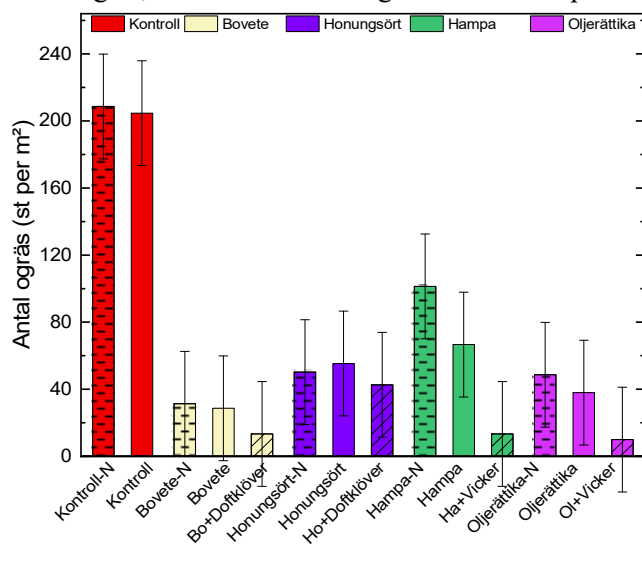
Oljerättika och bovete konkurrerade bäst med ogräset. Ogräsvikten var lägst i dessa mellagrödor. Hampa konkurrerade också bra med ogräset, men inte riktigt lika bra. I försöket hade honungsörten sämst

ogräskonkurrerande egenskaper. Det beror troligen att marktemperaturen var mycket hög veckan efter sådden den 9 juli 2018. Veckan efter sådden var maxtemperaturen 31-41 °C på 2 cm djup i växande gröda. Marktemperaturen i bar mark var förmodligen ännu högre. Honungssört verkade gå i gröningsvila och inte kunna gro lika bra som de andra mellangrödorna vid dessa höga mark-temperaturer.



Figur 6. Ogräsen torrsvikt (g/m²) den 27 september 2018 för gödslade (N) och ogödslade sommarmellangrödor sådda 9 juli. Bo = bovete, Ho = honungört, Ha = hampa, Ol = oljerättika och Vicker = luddvicker.

Antalet ogräs hade också reducerats av att mellangrödor odlades på fältet (Figur 7). Det var signifikant lägre antal ogräs i de ogödslade mellangrödorna som samodlades med kvävefixerande mellangrödor, jämfört med gödslade mellangrödor och de ogödslade mellangrödorna i renbestånd. För de mellangrödor som odlades i renbestånd var antalet ogräs lägst i bovete, följt av oljerättika, honungört, medan flest antal ogräs fanns i hampan.



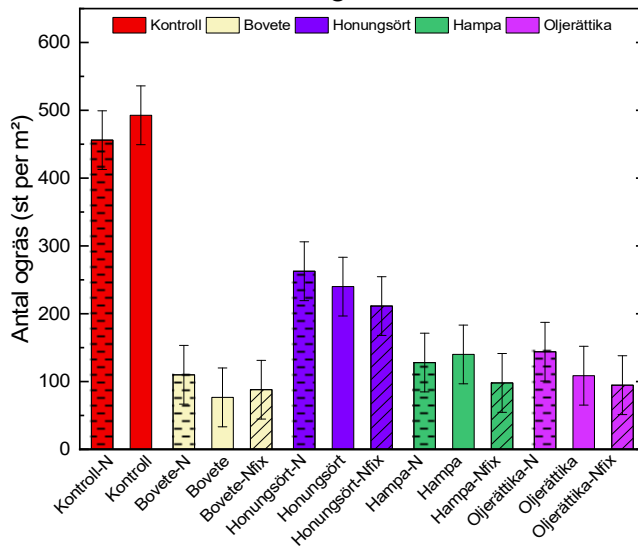
Figur 7. Totalt antal ogräs (st/m²) den 27 september 2018 för gödslade (N) och ogödslade sommarmellangrödor sådda 9 juli. Bo = bovete, Ho = honungört, Ha = hampa, Ol = oljerättika och Vicker = luddvicker. (Anm. Vid avläsningen fanns det även flera nyligen döda korsört som ej räknades).

Ogrässituation vid såtidpunkt nr 2 (sådd 27 juli)

Avläsning 13 september

Antalet ogräs reduceras av mellangrödor (Figur 8). Det var lägre antal ogräs i de ogödslade mellangrödorna som samodlades med kvävefixerande mellangrödor jämfört med gödslade mellangrödor och de ogödslade mellangrödorna i renbestånd (Ej sign.).

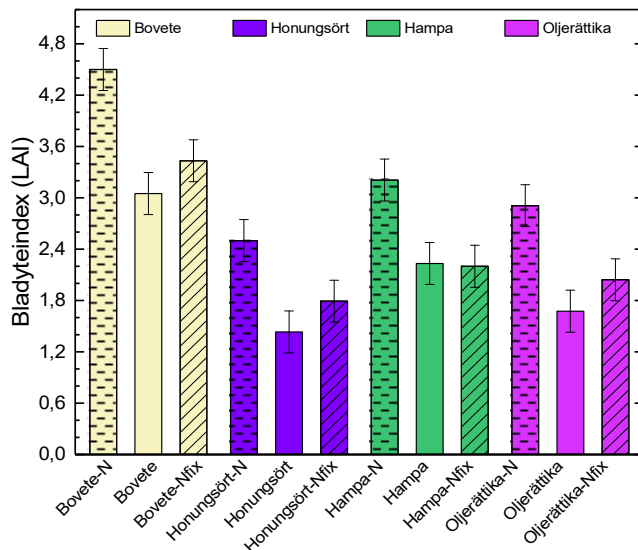
Bland de mellangrödor som odlades i renbestånd var antalet ogräs lägst i bovete, följt av oljerättika och hampa. Det var signifikant fler ogräs i honungsvört jämfört med de andra mellangrödorna. Även efter denna såtidpunkt den 27 juli blev det en dålig uppkomst av honungsvörten, vilket troligtvis berodde på höga marktemperaturer vid tiden för groningen. Veckan efter sådden var lufttemperaturen mer än 35 °C under flera dagar.



Figur 8. Totalt antal ogräs (st/m²) den 13 september 2018 för gödslade (N) och ogödslade sommarmellangrödor sådda 27 juli. Bo = bovete, Ho = honungsvört, Ha = hampa, Ol = oljerättika och Vicker = luddvicker. (Anm. Det fanns även flera nyligen döda plantor av korsvört som ej räknades).

Kvävegödsling gav en ökad höjdtillväxt i de sommarmellangrödor som såddes den 27 juli (figur visas ej). Den var dock inte lika stor som vid sådden den 9 juli.

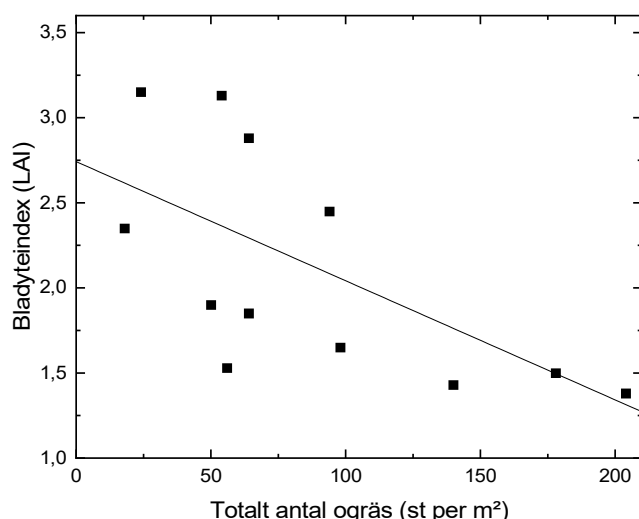
Mellangrödans bladyteindex (mellangrödor i renbestånd) ökar när den gödglas. I försöket ökade 40 kg N per ha mellangrödornas bladyteindex med ca 56 % (Figur 11). Kvävegödsling resulterar även i en större biomassa av ogräs. I försöket gav gödningen ca 46 % ökad ogräsbiomassa (ts) (Figur 9). Med andra ord så ökar markens produktionsförmåga när den gödglas, vilket leder till ökad mängd biomassa av både mellangrödor och ogräs.



Figur 9. Bladyteindex (LAI) den 13 september för sommarmellangrödor sådda 27 juli. N= 40 kg per ha, Nfix = samodling med kvävefixerande mellangrödor.

För alla ogödslade sommarmellangrödor som växte i renbestånd fanns ett tydligt samband mellan bladyteindex (LAI) den 13 september och det totala antalet ogräs den 30 oktober. Det vill säga att ju större LAI desto lägre antal ogräs (Figur 10). För de ogödslade mellangrödorna fanns nästan ett

signifikant samband mellan LAI samt dess våt- och torrsvikt ($P=0,054$ resp. $P=0,061$).



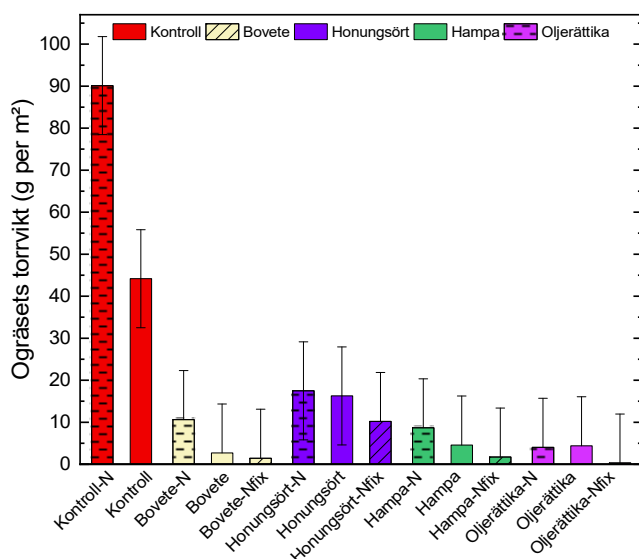
Figur 10. Relation mellan LAI för ogödslade sommarmellangrödor i renbestånd (bovete, honungsört, hampa, oljerättika) den 13 september till totalt antal ogräs den 30 oktober. Linjens ekvation: $f(x) = Y = 2,742 - 0,007x$. $R^2 = 0,422$.

För de gödslade sommarmellangrödorna i renbestånd och för de samodlade mellangrödorna, fanns det inget tydligt samband mellan bladyteindex (LAI) den 13 september och det totala antalet ogräs 13 september resp. 30 oktober. Det fanns inte heller något samband mellan bladyteindex (LAI) den 13 september resp. ogräsvikten (våtvikt och torrsvikt) den 30 oktober.

Avläsning 30 oktober

Ogräsvikten (ts) reduceras av de mellangrödor som etablerades den 27 juli. Oljerättika, bovete och hampa i renbestånd gav ungefär lika bra ogräseffekt, medan honungsört gav en något lägre effekt, beroende på dålig etablering (Figur 11).

Bäst effekt var det vid odling av samodlade mellangrödorna med kvävefixerande växter. Ogräsvikten i leden med de kvävefixerande mellangrödorna i samodling var ca 13 gånger lägre jämfört med den ogödslade kontrollen (Figur 11). I de gödslade mellangrödorna i renbestånd var ogräsvikten (ts) ca 9 gånger lägre jämfört med den gödslade kontrollen utan mellangrödor. I de ogödslade mellangrödorna i renbestånd var ogräsvikten (ts) ca 6 gånger lägre jämfört med den ogödslade kontrollen utan mellangrödor.

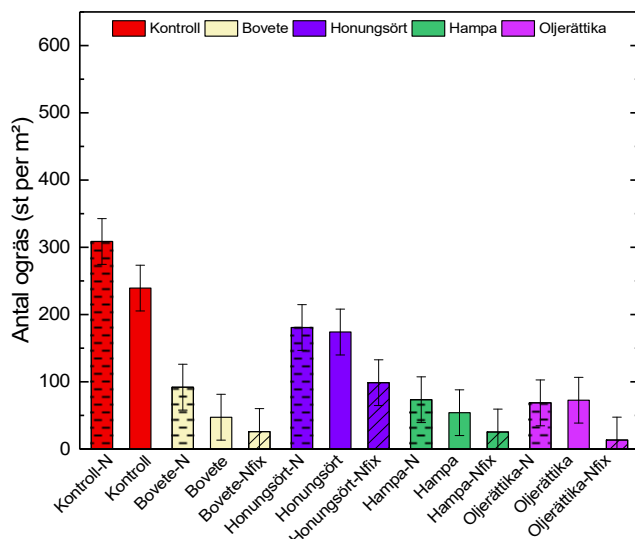


Figur 11. Ogräsets torrsvikt (g/m^2) den 30 oktober 2018 för gödslade (N) och ogödslade sommarmellangrödor sådda 27 juli. Nfix = samodling med kvävefixerande mellangrödor. S.E. för leden med mellangrödor.

Antalet ogräs var lägre vid odling av mellangrödor, som etablerades den 27 juli, jämfört med kontrollleden utan mellangrödor. Oljerättika, bovete och hampa gav ungefär lika bra ogräseffekt. Honungsört gav en något lägre effekt, troligen beroende på dålig etablering (Figur 12).

Lägst antal ogräs fanns det vid odling av samodlade mellangrödorna med kvävefixerande växter. Antalet ogräs för de kvävefixerande mellangrödorna i samodling var i medeltal ca 6 gånger lägre (2,4 - 18 gånger lägre antal) jämfört med den ogödslade kontrollen (Figur 12).

I de ogödslade mellangrödorna i renbestånd var antalet ogräs i medeltal ca 3 gånger lägre (1,4-5 ggr lägre antal) jämfört med den ogödslade kontrollen utan mellangrödor. Reduktionen av antalet ogräs var ungefär de samma för de gödslade mellangrödorna i renbestånd (1,7 – 4,5 gånger lägre antal).



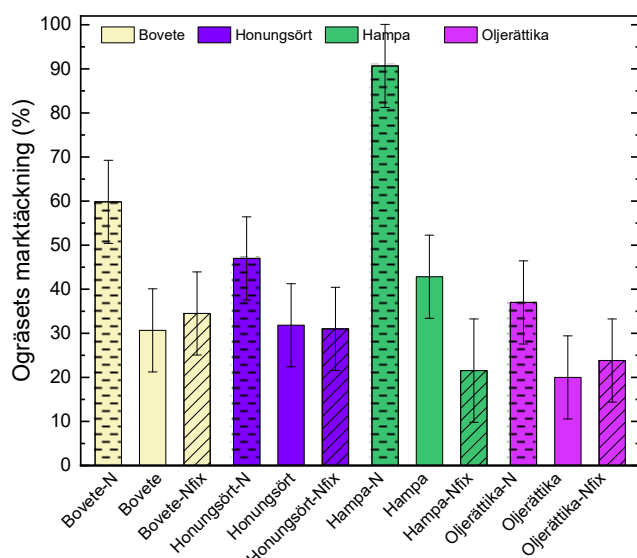
Figur 12. Totalt antal ogräs (st/m²) den 30 oktober 2018 för gödslade (N) och ogödslade sommarmellangrödor sådda 27 juli. Nfix = samodling med kvävefixerande mellangrödor.

Ogrässituation vid såtidpunkt nr 3 (sådd 28 augusti)

Avläsning 22 november

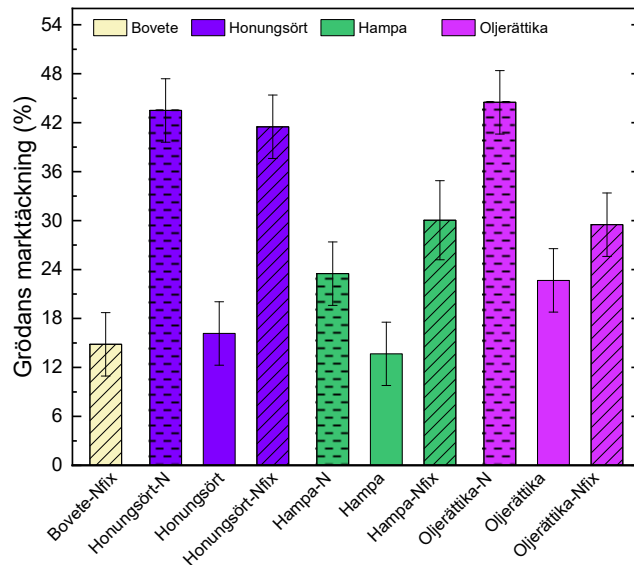
För de mellangrödor som såddes i slutet av augusti var ogräsets marktäckningsgrad, i medeltal, lägst i oljerättikan följt av honungsört och bovete. Ogräsets marktäckningsgrad var störst i hampan (Figur 13). Den 28 oktober var det en lätt nattfrost vilket innebar att framför allt bovetet blev frostsakat och dog. Efter detta datum var bovetets ogräskonkurrerande egenskaper i princip borta. De övriga grödorna växte dock vidare och kunde konkurrera med ogräset ytterligare en tid.

Ogräsets marktäckningsgrad var ungefär lika stor för de ogödslade kvävefixerande samodlade mellangrödorna som för de ogödslade mellangrödorna i renbestånd. I de gödslade mellangrödorna var dock antalet ogräs fler.



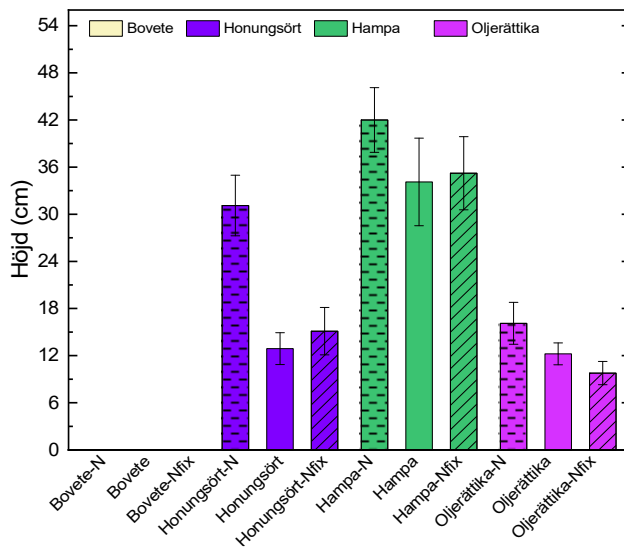
Figur 13. Ogräsets marktäckningsgrad (%) den 22 november för mellangrödor sådda 28 augusti. Nfix = samodling med kvävefixerande mellangrödor.

För de mellangrödor som såddes i slutet av augusti var grödans marktäckningsgrad, i medeltal, störst i honungsrört och oljerättika följt av hampa (Figur 14). Grödans marktäckningsgrad var som störst vid samodling med kvävefixerande mellangrödor samt för de gödslade mellangrödorna. Bovetets marktäckningsgrad kunde inte uppskattas p.g.a. att det hade fryst bort i slutet av oktober.



Figur 14. Grödans marktäckningsgrad (%) den 22 november för mellangrödor sådda 28 augusti. Nfix = samodling med kvävefixerande mellangrödor.

Sent sådda mellangrödor (sådd 28 aug.) växer långsamt och blir relativt låga. Vidare ger de då ingen större biomassaavkastning (Figur 15).



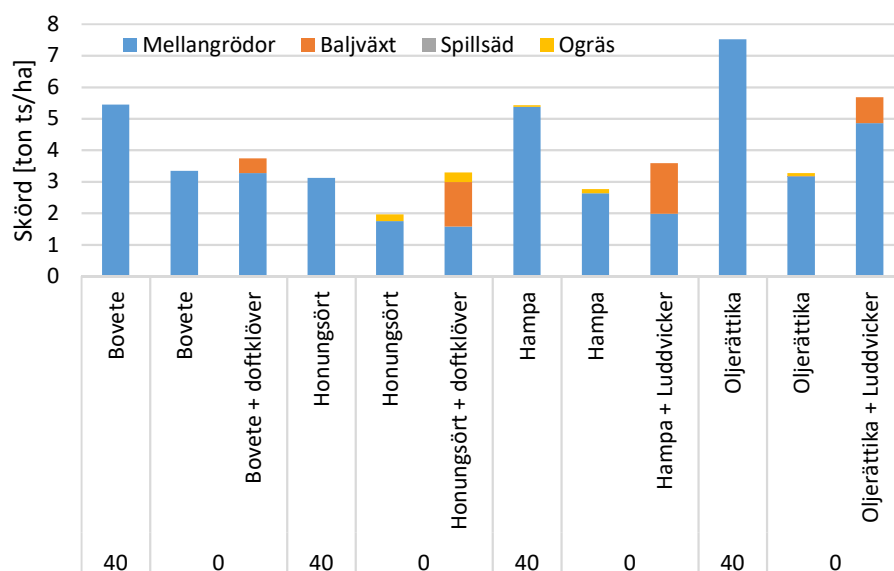
Figur 15. Mellangrödornas höjd \pm SD den 22 november 2018 för mellangrödor sådda 28 augusti. Nfix = samodling med kvävefixerande mellangrödor. Anm. Vid avläsning hade bovetet dött p.g.a. frost.

Biomassaavkastning och markkolsbidrag vid såtidpunkt nr 1 (9 juli)

Provtagning 12 september

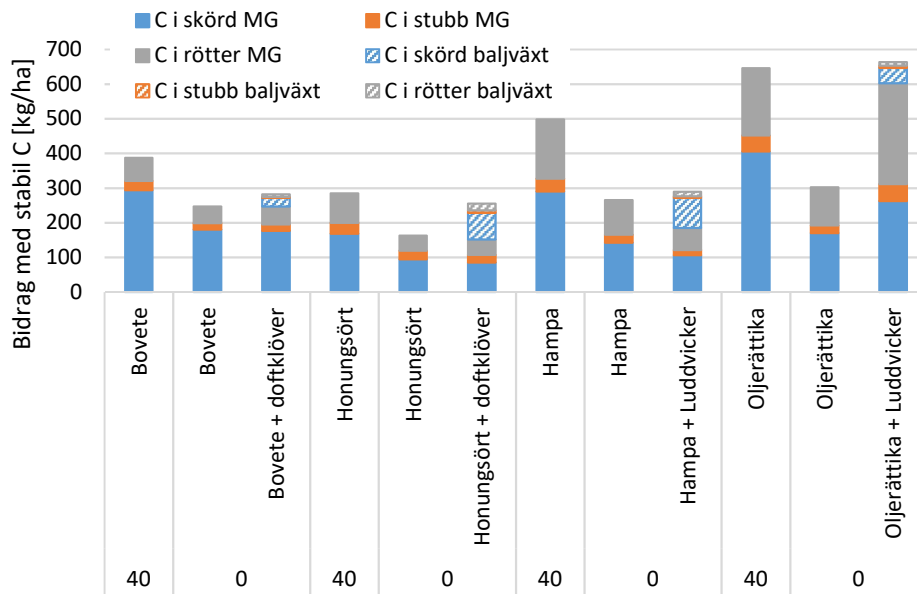
Vid provtagningen den 12 september gav de ej kvävefixerande mellangrödorna, vid en stubbhöjd på 10 cm, en skörd av ovanjordisk biomassa på 2,0–7,5 ton ts/ha (Figur 16). Dessa mellangrödors andel av totalskörden varierade mellan 48 och 100 % och resterande andel var kvävefixerande mellangrödor, eventuell spillsäd och eventuella ogräs.

När de ej kvävefixerande mellangrödorna var gödslade, så producerade de i snitt 42 % mer biomassa jämfört med när de var ogödslade eller när dessa ogödslade mellangrödor var samodlade med en baljväxt. I den samodlade honungsrörten hjälpte doftklöver att öka biomassaavkastningen till samma nivå som gödslad honungsrört. Ogräs och spillsäd bidrog med väldigt lite biomassa. I samodlad ogödslad hampa respektive samodlad ogödslad oljerättika ökade luddvickern biomassaavkastningen, men inte upp till nivån som gödslad hampa och oljerättika i renbestånd hade. Kvävehalten i mellangrödornas biomassa var i medel 2,01 % (1,27-3,68 %) och mellangrödornas ovanjordiska biomassa innehöll i medeltal 102 kg kväve per hektar, av vilket 83 % skulle kunna skördas, vid en stubbhöjd på 10 cm.



Figur 16. Biomassaavkastning [ton ts/ha] av icke kvävefixerande mellangröda, baljväxt (kvävefixerande mellangröda), spillsäd och ogräs vid provtagningen den 12 september efter sådd den 9 juli (1:a etableringstidpunkten).

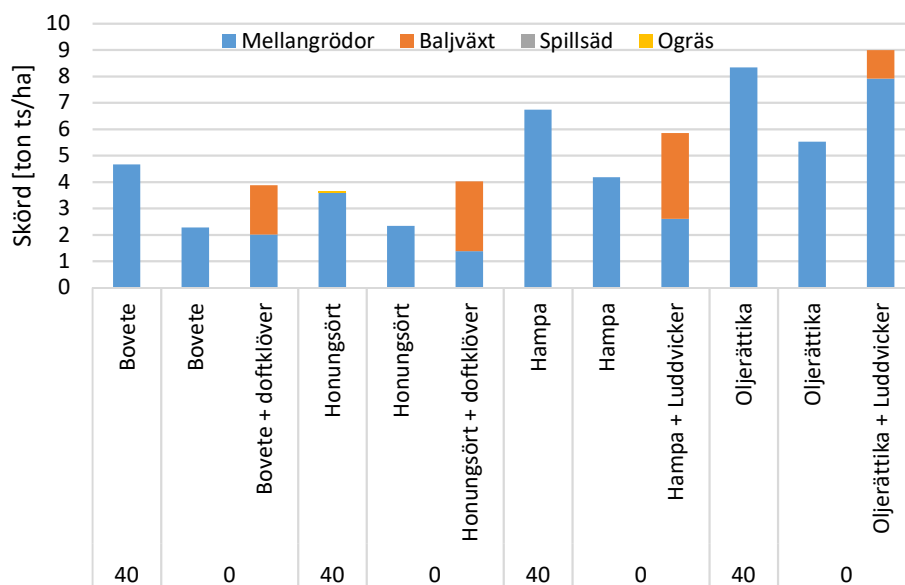
Den totala biomassan från mellangrödorna, ovan och under jord, bidrog med 160-660 kg stabilt kol per hektar om hela mellangrödorna plöjs ned, respektive 70-360 kg stabilt kol per hektar om mellangrödorna skördas och bara rötter och stubb på 10 cm bidrar till markkolsupbyggnaden (Figur 17). Vid samodling med en baljväxt stod den icke kvävefixerande mellangrödorna i snitt för 80 % av markkolsbidraget. Gödslade mellangrödor i renbestånd bidrog i snitt med 86 respektive 22 % mer stabilt kol jämfört med ogödslade respektive samodlade ogödslade mellangrödor. De samodlade mellangrödorna bidrog i snitt med 52 % mer stabilt kol jämfört med ogödslade mellangrödor. Oljerättika som var gödslad eller samodlad med luddvicker respektive gödslad hampa bidrog med mer än 500 kg stabilt kol per ha.



Figur 17. Uppskattat markkolsbidrag i form av stabilt kol [kg/ha] av mellangrödan och eventuell baljväxt vid provtagningen den 12 september efter sådd den 9 juli (1:a etableringstidpunkten).

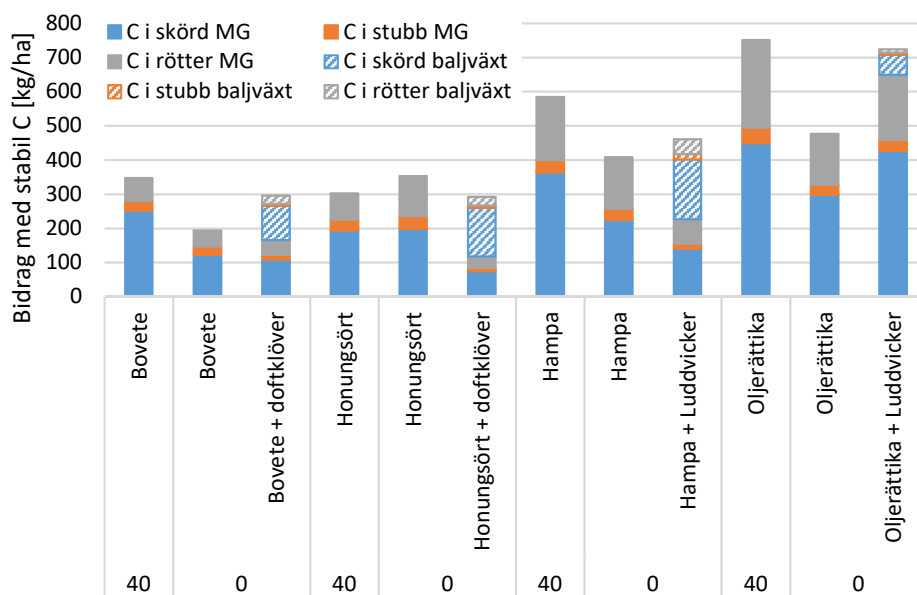
Provtagning 10 oktober

Vid provtagningen den 10 oktober hade de icke kvävefixerande mellangrödorna en biomassaavkastning på 2,3–9,0 ton ts/ha (Figur 18). Dessa mellangrödors andel av totalskörden varierade mellan 34 och 100 %. Gödslade mellangrödor producerade i snitt 23 % mer biomassa jämfört med ogödslade mellangrödor eller mellangrödor samodlade med en baljväxt. I bovete, honungssört och hampa hjälpte baljväxten att öka biomassaavkastningen till samma nivå som den respektive gödslade mellangrödan. Ogräs och spillsäd bidrog inte med biomassa. I oljerättika ökade luddvickern biomassaavkastningen utöver nivån i gödslad oljerättika. Kvävehalten i mellangrödornas biomassa var i medel 2,04 % (0,81–4,68 %) och mellangrödornas ovanjordiska biomassa innehöll i medeltal 136 kg kväve per hektar, av vilket 85 % skulle kunna skördas, vid en stubb höjd på 10 cm.



Figur 18. Biomassaavkastning [ton ta/ha] av icke kvävefixerande mellangröda, baljväxt (kvävefixerande mellangröda), spillsäd och ogräs vid provtagningen den 10 oktober efter sådd den 9 juli (1:a etableringstidpunkten).

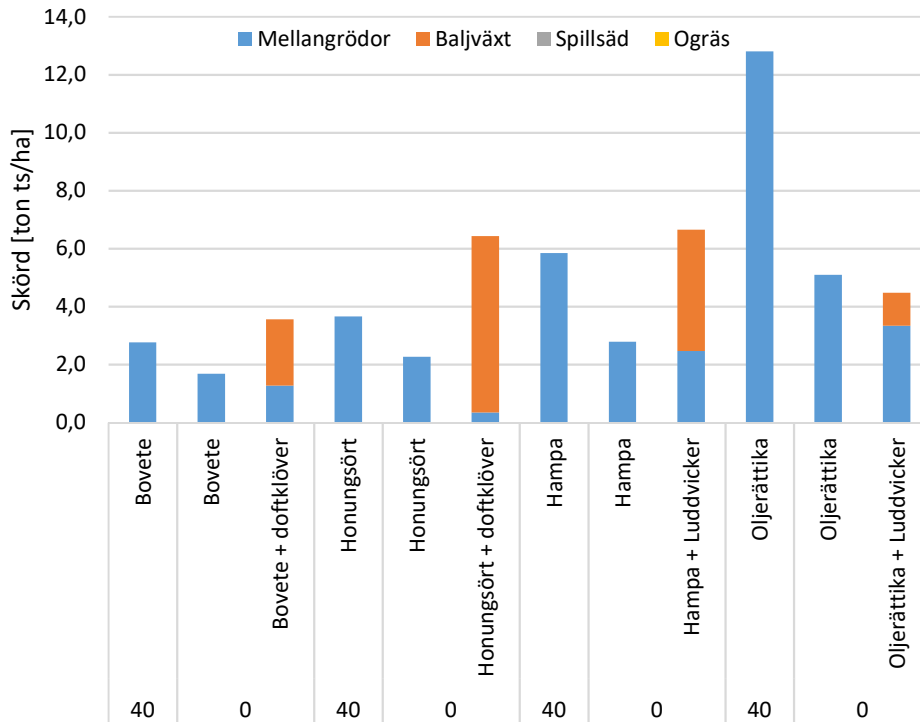
Mellangrödorna bidrog med 190-750 kg stabilt kol per hektar, om hela mellangrödan plöjs ned, respektive 70-300 kg stabilt kol per hektar om mellangrödan skördas och bara rötter och stubb bidrar till markkolsuppbbyggnaden (Figur 19). Vid samodling stod de icke kvävefixerande mellangrödorna i snitt för 65 % av bidraget, andelen från baljväxterna hade ökat betydligt sedan provtagningen i september. Gödslade mellangrödor bidrog i snitt betydligt mindre relativt sett, nämligen med 39 respektive 12 % mer stabilt kol, jämfört med ogödslade respektive samodlade mellangrödor. Samodlade mellangrödor bidrog i snitt med 24 % mer stabilt kol jämfört med ogödslade mellangrödor. Den gödslade hampa bidrog med nästan 600 kg stabilt kol per hektar. Oljerättika som var gödslad respektive samodlad med luddvicker bidrog med mer än 700 kg stabilt kol per hektar.



Figur 19. Uppskattat markkolsbidrag i form av stabilt kol [kg/ha] av mellangrödan och eventuell baljväxt vid provtagningen den 10 oktober efter sådd den 9 juli (1:a etableringstidpunkten).

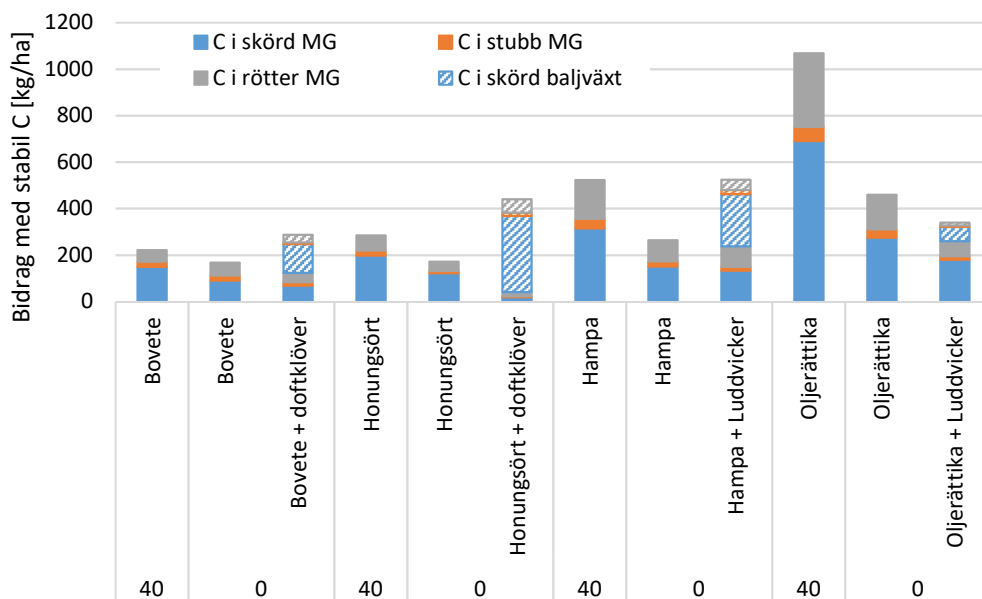
Provtagning 13 november

Vid provtagningen den 13 november hade de ej kvävefixerande mellangrödorna en biomassaavkastning på 1,7–12,8 ton ts/ha (Figur 20). Dessa mellangrödors andel av totalskörden varierade mellan 5 och 100 %. När dessa mellangrödor var gödslade producerade de i snitt 36 % mer biomassa jämfört med när de var ogödslade respektive när de var samodlade med en baljväxt. Avkastningen av honungssört i renbestånd hade bara ökat lite sedan förra provtagningen, medan avkastningen på bovete i renbestånd hade minskat pga. att bovete hade blommat över och börjat vissna. Även hampa hade vissnat och minskat i avkastning, medan hampa samodlad med luddvicker ökade pga. av luddvickerns tillväxt. Den gödslade oljerättikan fortsatte växa och hade en avkastning på över 12 ton ts/ha. Kvävehalten i mellangrödornas biomassa var i medel 2,44 % (0,89–4,51 %) och mellangrödornas biomassa ovan mark innehöll i medeltal 49 kg kväve per hektar, av vilket 86% skulle kunna skördas, vid en stubbhöjd på 10 cm.



Figur 20. Biomassaavkastning [ton ts/ha] av icke kvävefixerande mellangröda, baljväxt (kvävefixerande mellangröda), spillsäd och ogräs vid provtagningen den 13 november efter sådd den 9 juli (1:a etableringstidpunkten).

Mellangrödorna bidrog med 170-1070 kg stabilt kol per hektar, om hela mellangrödan plöjs ned, respektive 50-380 kg stabilt kol per hektar om mellangrödan skördas och bara rötter och stubb bidrar till markkolsupbyggnaden (Figur 21). Vid samodling med en baljväxt stod den icke kvävefixerande mellangrödan i snitt för 42 % av bidraget. Markkolsbidraget från baljväxterna hade ökat ytterligare sedan provtagningen i oktober. Pga. den starka tillväxten hos den gödslade oljerättikan bidrog gödslade mellangrödor i snitt betydligt mer relativt sett, nämligen med 97 respektive 32 % mer stabilt kol jämfört med ogödslade respektive samodlade mellangrödor. Samodlade mellangrödor bidrog i snitt med 50 % mer stabilt kol jämfört med ogödslade mellangrödor. Hampa som var gödslad respektive samodlad med luddvicker bidrog med runt 500 kg stabilt kol per hektar. Den gödslade oljerättikan bidrog med mer än 1000 kg stabilt kol per hektar. Den samodlade oljerättikan har nu ett mycket mindre markkolsbidrag jämfört med provtagningen i oktober, bara runt 340 kg stabilt kol per hektar. Detta är ett avvikande resultat som vi inte kan hitta en förklaring till och som inte upprepat sig för den efterföljande såtidpunkten nr 2, se Figur 24 och 26.

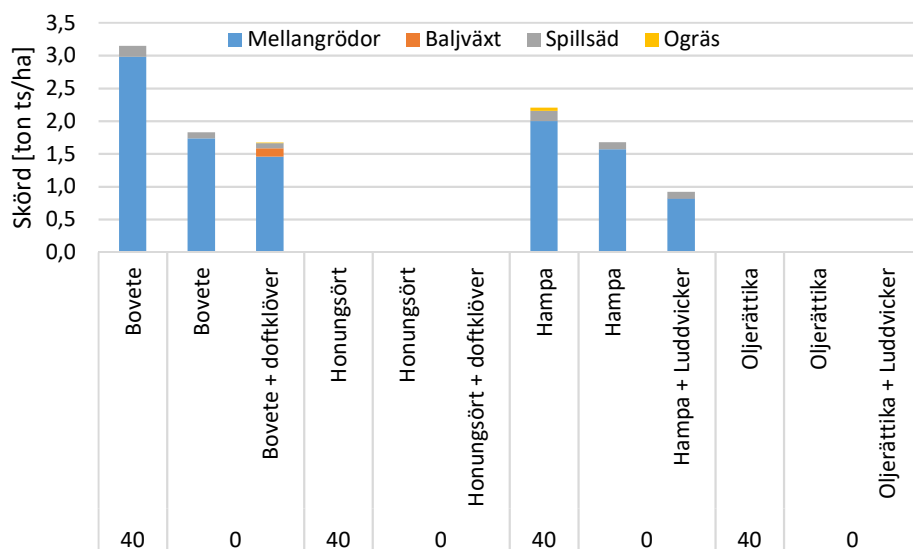


Figur 21. Uppskattat markkolsbidrag i form av stabilt kol [kg/ha] av mellangrödan och eventuell baljväxt vid provtagningen den 13 november efter sådd den 9 juli (1:a etableringstidpunkten).

Biomassaavkastning och markkolsbidrag vid såtidpunkt nr 2 (27 juli)

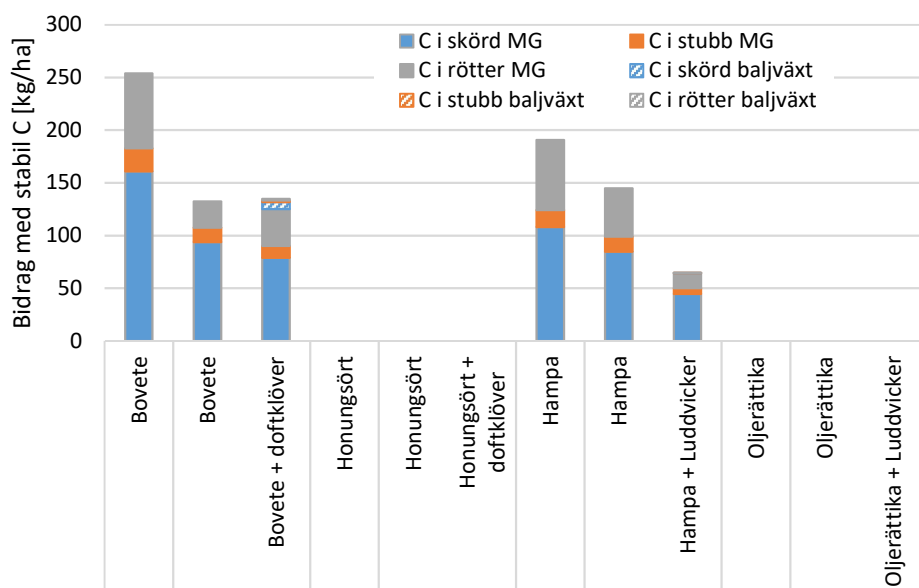
Provtagning 12 september

Vid provtagningen den 12 september var det bara bovete, som generellt har en mycket snabb uppkomst, och hampa som hade en nämnvärd mängd biomassa. Avkastningen låg på 0,9-3,1 ton ts/ha (Figur 22). De icke kvävefixerande mellangrödornas andel av totalskörden varierade mellan 87 och 95 %. 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 i mycket liten omfattning till den producerade biomassan. Samodlad hampa hade bara 50 % av biomassaavkastningen jämfört med när hampan var ogödslad. Denna låga biomassaavkastning avspeglar sig troligen i att den samodlade hampans utsädesmängd per hektar, endast är 50 % jämfört med den för ogödslad respektive gödslad hampa, se försöksplanen i tabell 1. Hampan kunde alltså inte dra nytta av den ökade relativa tillgången till markkväve under denna korta tillväxtperiod. Kvävehalten i mellangrödornas biomassa var i medel 2,09 % (1,09-3,08 %) och mellangrödornas ovanjordiska biomassa innehöll i medel 23 kg kväve per hektar, av vilket 84 % skulle kunna skördas, vid en stubb höjd på 10 cm.



Figur 22. Biomassaavkastning [ton ta/ha] av icke kvävefixerande mellangröda, baljväxt (kvävefixerande mellangröda), spillsäd och ogräs vid provtagningen den 12 september efter sådd den 27 juli (2:a etableringstidpunkten).

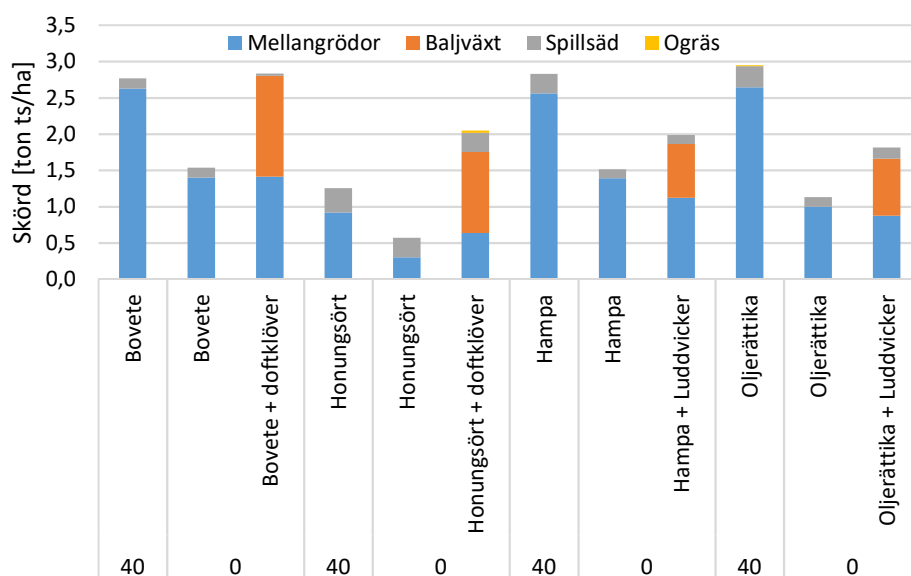
Bovete och hampa bidrog med 60-250 kg stabilt kol per hektar om hela mellangrödan plöjs ned respektive 20-90 kg stabilt kol per hektar om de skördas och bara rötter och stubb bidrar (Figur 23). Vid samodling med en baljväxt stod den icke kvävefixerande mellangrödan i snitt för 95 % av markkolsbidraget. När de icke kvävefixerande mellangrödorna var gödslade bidrog de i snitt betydligt mer, relativt sett, nämligen med 60 respektive 123 % mer stabilt kol, jämfört med när de var ogödslade respektive samodlade med baljväxter. Samodlat bovete bidrog med lika mycket markkol som ogödslat bovete, trots halverad utsädesmängd och ett mycket litet bidrag från doftklöver. Detta beror troligen på bovetets mycket snabba tillväxt efter sådden. Hampa samodlad med luddvicker gav bara 50 % av markkolsbidraget jämfört med ogödslad hampa. Även för hampan är utsädesmängden halverad per hektar, på samma sätt som för alla samodlade mellangrödor. Här har hampan inte kunnat utnyttja möjligheten till en större biomassatillväxt, även om den samodlade baljväxten luddvicker inte var så snabbetablerad.



Figur 23. Uppskattat markkolsbidrag i form av stabilt kol [kg/ha] av mellangrödan och eventuell baljväxt vid provtagningen den 12 september efter sådd den 27 juli (2:a etableringstidpunkten).

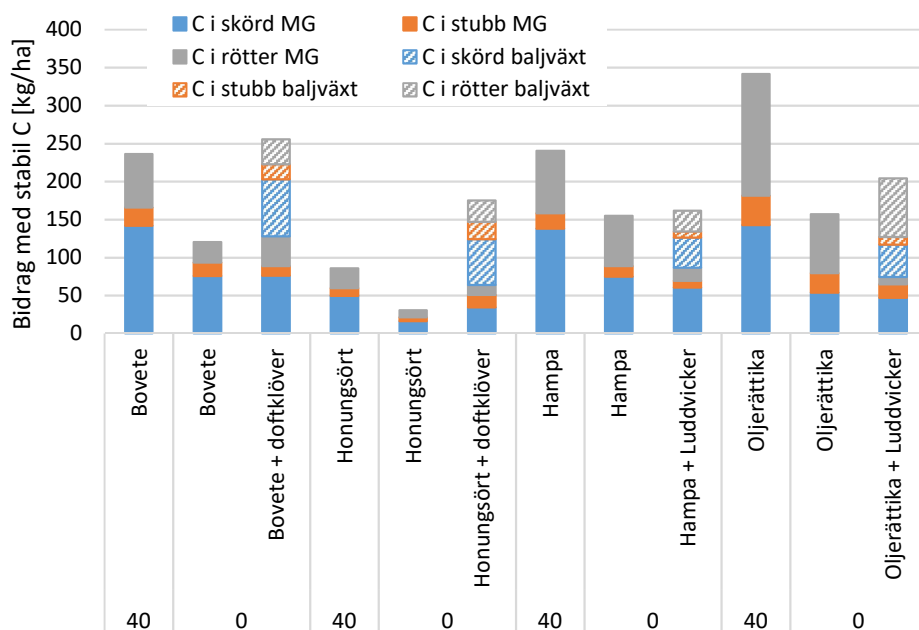
Provtagning 10 oktober

Vid provtagningen den 10 oktober så hade oljerättika i renbestånd växt ifatt bovete och hampa (Figur 24). De tre mellangrödorna hade en biomassaavkastning på 1,1–2,9 ton ts/ha, medan honungsrörten producerade 0,6-2,0 ton ts/ha. Den icke kvävefixerande mellangrödans andel av totalskörden varierade mellan 31 och 95 %. När dessa mellangrödor var gödslade producerade de i snitt 37 % mer biomassa, jämfört med när de var ogödslade respektive samodlade med en baljväxt. För bovete, hampa och oljerättika bidrog baljväxten med extra biomassa utöver det som den ogödslade mellangrödorna producerade. Spillsäd producerade upp till 300 kg ts/ha i biomassa. Kvävehalten i mellangrödornas biomassa var i medel 1,98 % (0,82-4,76 %) och mellangrödornas ovanjordiska biomassa innehöll i medel in 49 kg kväve per hektar, av vilket 73% skulle kunna skördas, vid en stubbhöjd på 10 cm.



Figur 24. Biomassaavkastning [ton ts/ha] av icke kvävefixerande mellangröda, baljväxt (kvävefixerande mellangröda), spillsäd och ogräs vid provtagningen den 10 oktober efter sådd den 27 juli (2:a etableringstidpunkten).

Mellangrödorna bidrog med 30-340 kg stabilt kol per hektar, om hela mellangrödorna plöjs ned, respektive 10-200 kg stabilt kol per hektar om mellangrödorna skördas och bara rötter och stubb bidrar till markkolsuppbyggnaden (Figur 25). När den icke kvävefixerande mellangrödorna samodlades med en baljväxt stod den i snitt för 44 % av bidraget, medan baljväxtens andel av markkolsbidraget hade ökat ytterligare 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 95 respektive 13 % mer stabilt kol, jämfört med ogödslade respektive samodlade mellangrödor. Samodlade mellangrödor bidrog i snitt med 72 % mer stabilt kol, jämfört med ogödslade mellangrödor. Bovete som var gödslat respektive samodlat med doftklöver samt gödslad hampa bidrog med runt 250 kg stabilt kol per hektar, medan den gödslade oljerättikan bidrog med närmare 350 kg stabilt kol per hektar.

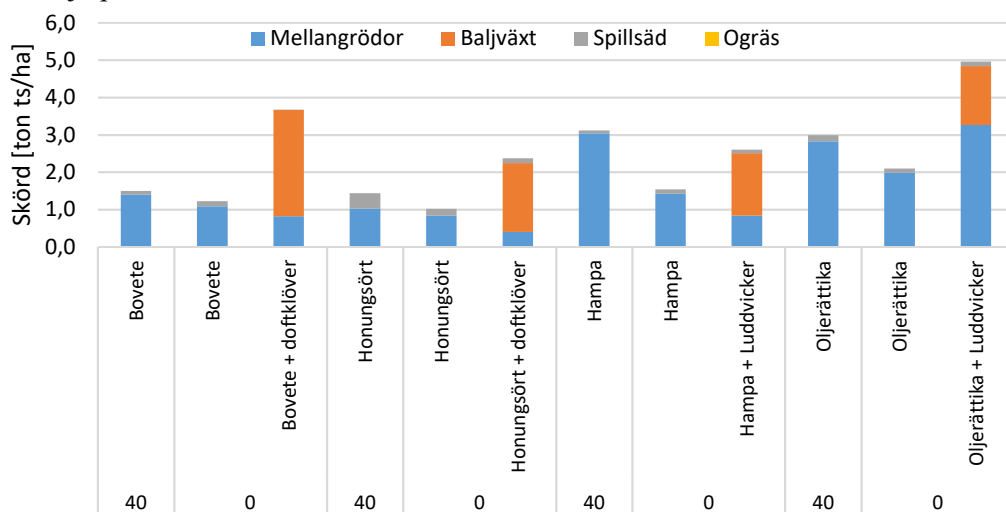


Figur 25. Uppskattat markkolsbidrag i form av stabilt kol [kg/ha] av mellangrödan och eventuell baljväxt vid provtagningen den 10 oktober efter sådd den 27 juli (2:a etableringstidpunkten).

Provtagning 13 november

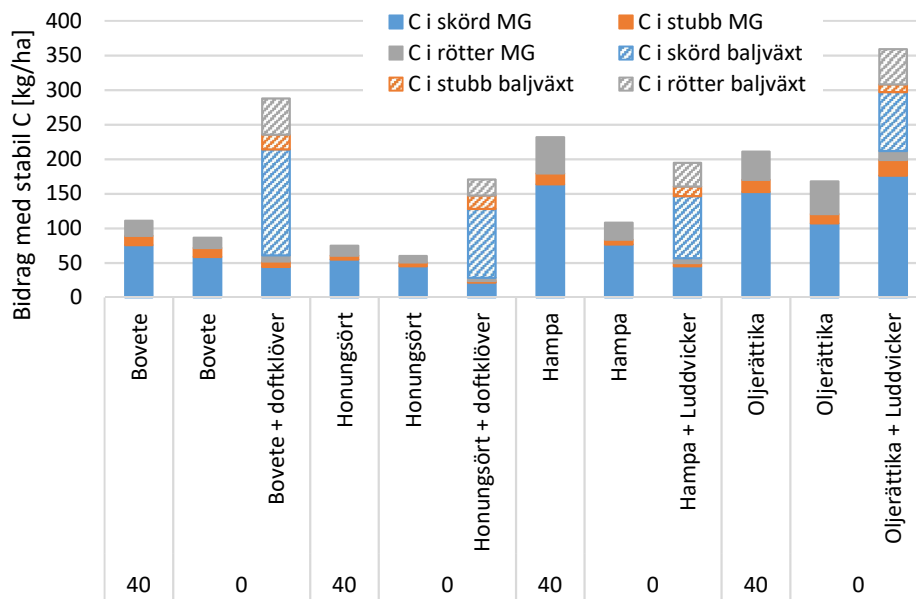
Vid provtagningen den 13 november hade tillväxten avstannat i alla mellangrödor. Avkastningen minskade dock för bovete efter några frostiga nätter som gjorde att plantorna vissnade (Figur 26). De icke kvävefixerande mellangrödorna hade en biomassaavkastning på 1,0–5,0 ton ts/ha, där deras andel av totalskörden varierade mellan 17 och 97 %.

När dessa mellangrödor var gödslade producerade de i snitt 7 % mindre biomassa jämfört med när de var ogödslade eller samodlade med en baljväxt. Baljväxterna bidrog i stor omfattning till den producerade biomassan och för bovete, honungssört och oljerättika ökade avkastningen med i snitt med 92 %. För hampa ledde samodling inte till en ökning av biomassaavkastningen. Spillsäd producerade upp till 415 kg ts/ha i biomassa. Kvävehalten i mellangrödornas biomassa var i medel 2,60 % (0,95-5,18 %) och mellangrödornas ovanjordiska biomassa innehöll i medel 71 kg kväve per hektar, av vilket 85 % skulle kunna skördas, vid en stubb höjd på 10 cm.



Figur 26. Biomassaavkastning [ton ta/ha] av icke kvävefixerande mellangröda, baljväxt (kvävefixerande mellangröda), spillsäd och ogräs vid provtagningen den 13 november efter sådd den 27 juli (2:a etableringstidpunkten).

De icke kvävefixerande mellangrödorna bidrog med 60-360 kg stabilt kol per hektar, om hela mellangrödan plöjs ned, respektive 10-100 kg stabilt kol per hektar om mellangrödan skördas och bara rötter och stubb bidrar till markkolsuppbyggnaden (Figur 27). När de icke kvävefixerande mellangrödorna samodlades med en baljväxt stod de icke kvävefixerande mellangrödorna i snitt bara för 35 % av bidraget, andelen markkolsbidrag från baljväxten hade ökat ytterligare sedan provtagningen i oktober. En gödslad icke kvävefixerande mellangröda bidrog med betydligt mer stabilt kol, 49 %, jämfört med om den var ogödslad. Samodlade mellangrödor bidrog i snitt med 140 respektive 61 % mer stabilt kol jämfört med ogödslade respektive gödslade mellangrödor. Gödslad hampa och oljerättika i renbestånd bidrog med mer än 200 kg stabilt kol per hektar. Vid samodling av bovete och doftklöver respektive oljerättika och luddvicker så bidrog de med närmare 300 respektive 350 kg stabilt kol per hektar. Pga. att bovete redan hade vissnat bidrog doftklöver i samodlingen med över 70 % av markkols effekten.

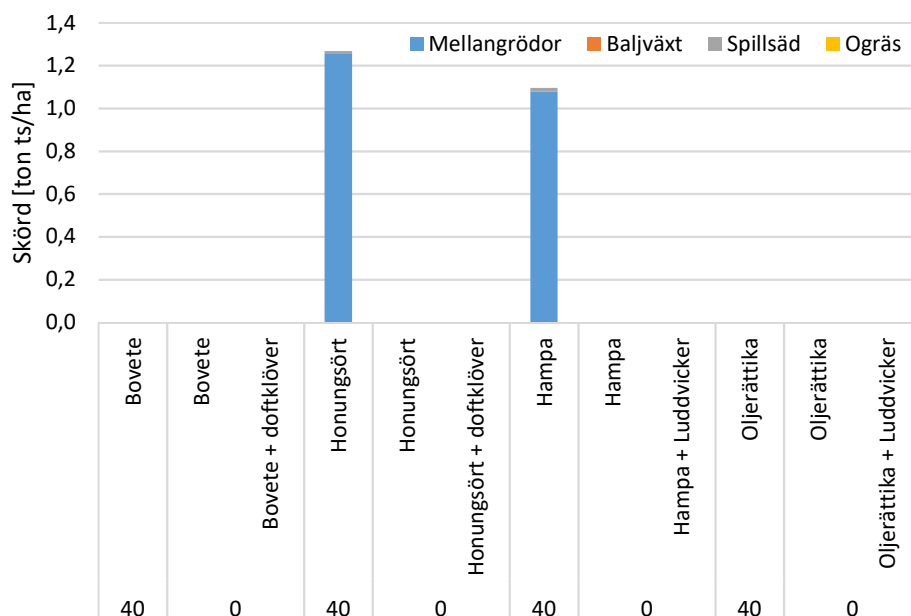


Figur 27. Uppskattat markkolsbidrag i form av stabilt kol [kg/ha] av mellangrödan och eventuell baljväxt vid provtagningen den 13 november efter sådd den 27 juli (2:a etableringstidpunkten).

Biomassaavkastning och markkolsbidra vid såtidpunkt nr 3 (28 augusti)

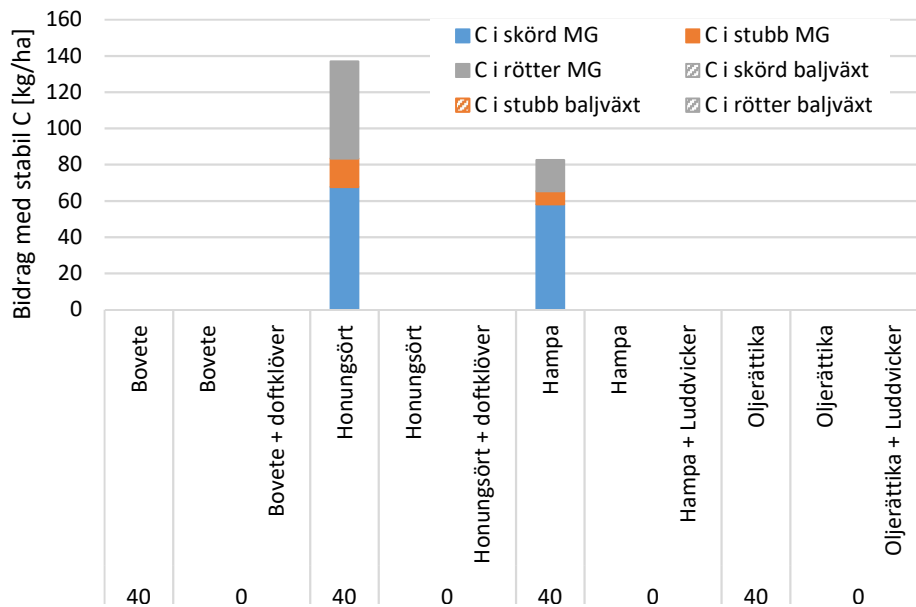
Provtagning 13 november

Vid provtagningen den 13 november var det bara den gödslade honungsörten och den gödslade hampan som hade etablerat sig tillräckligt bra för att producera någon nämnvärd mängd biomassa (Figur 28). Mellangrödorna hade en biomassaavkastning på 1,1–1,3 ton ts/ha, där deras andel av totalskörden var större än 98 %. Spillsäd producerade bara en mycket liten mängd biomassa.



Figur 28. Biomassaavkastning [ton ts/ha] av icke kvävefixerande mellangröda, baljväxt (kvävefixerande mellangröda), spillsäd och ogräs vid provtagningen den 13 november efter sådd den 28 augusti (3:e etableringstidpunkten).

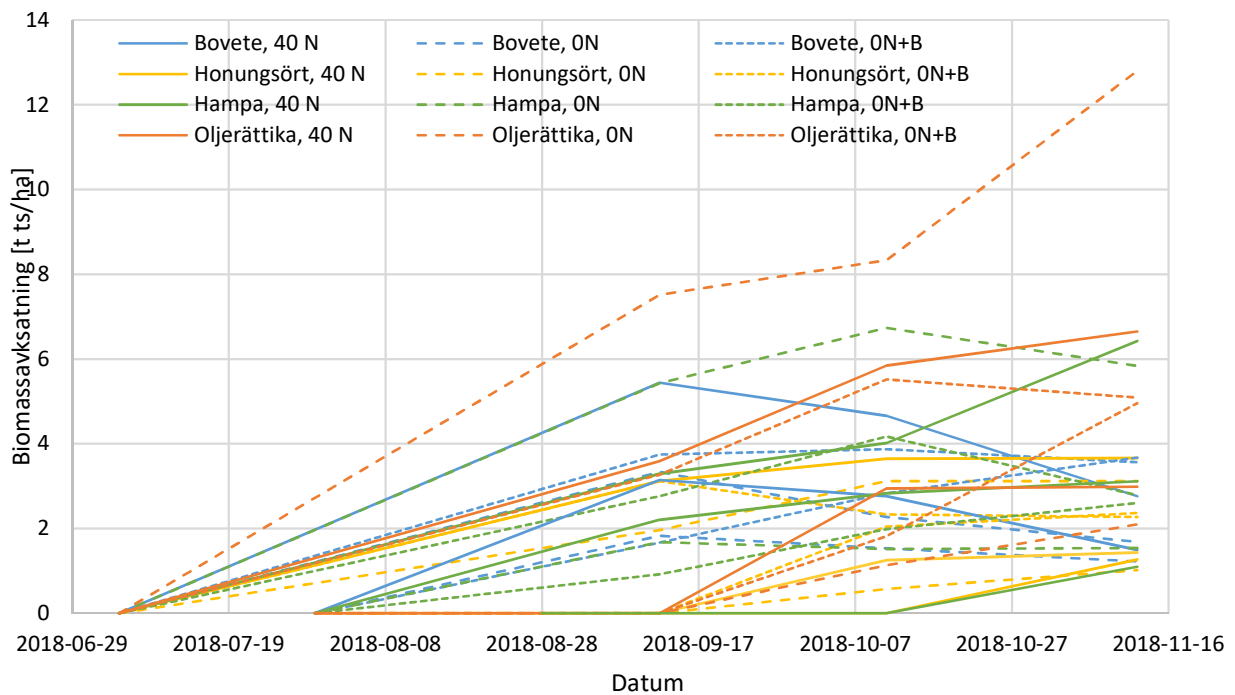
Gödslad honungsört och hampa i renbestånd bidrar med 80-140 kg stabilt kol per hektar, om hela mellangrödorna plöjs ned respektive 20-70 kg stabilt kol per hektar om mellangrödorna skördas och bara rötter och stubb bidrar till markkolsuppbbyggnaden (Figur 29). Eftersom hampan respektive honungsörten endast avkastar 1,1 respektive 1,3 ton ts per hektar (Figur 28), så är det inte ekonomiskt försvarbart att skörda mellangrödorna, när de etablerats så sent som i slutet av augusti månad.



Figur 29. Uppskattat markkolsbidrag i form av stabilt kol [kg/ha] av mellangrödan och eventuell baljväxt vid provtagningen den 13 november efter sådd den 28 augusti (3:e etableringstidpunkten).

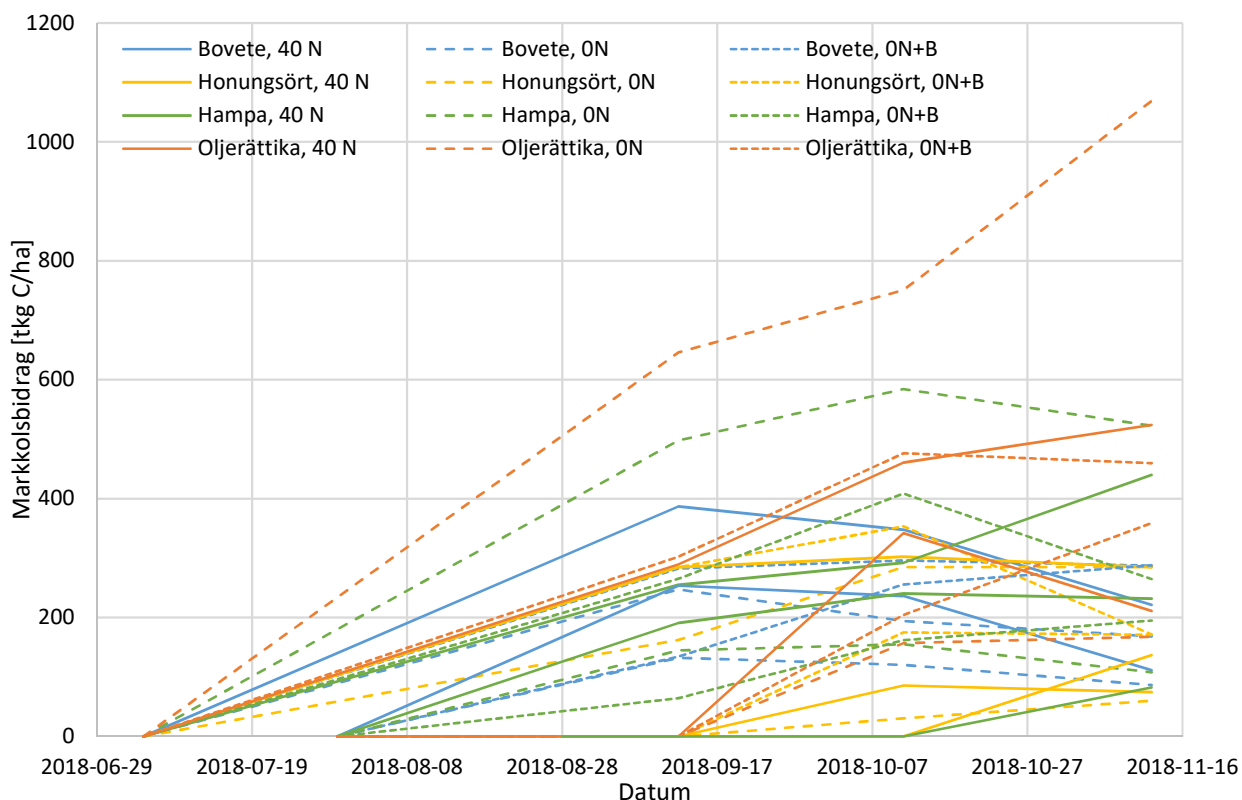
Biomassaavkastning och markkolsbidrag – sammanfattning

Mellangrödornas ovanjordiska biomassautveckling över alla etablerings- och provtagningstidpunkter ger en överblick över försöksresultaten (Figur 30). En generell slutsats är att en senare etablering av mellangrödorna, i slutet av augusti, ger betydlig mindre biomassatillväxt. För bovete var tillväxten vid etablering den 27 juli ca 18 % mindre jämfört med etablering den 9 juli. Honungssört etablerad i slutet av augusti visar en mycket reducerad tillväxt över tid jämfört med en tidigare etablering. Tillväxten för gödslad oljerättika etablerat den 27 juli är dock snabbare än vid etableringen 9 juli. Detta i samband med en lång tillväxtperiod, även efter korta frostknäppar, betyder att oljerättika fortfarande kan leverera biomassa sent in på hösten. För ogödslad oljerättika är dock tillväxten mycket reducerad. Luddvicker kan kompensera denna effekt för samodlad oljerättika, eftersom baljväxten levererar en stor del av biomassan. En ännu senare etablering den 28 augusti har dock inte lyckats för oljerättika.



Figur 30. Utveckling av biomassaavkastningen av mellangröderna över etablerings- och provtagningstidpunkter.

När det gäller markkolsbidraget så ser bilden ganska liknade ut (Figur 31). Allmänt ger oljerättika ett något större bidrag till markkolsuppbyggande, dels pga. sin stora ovanjordiska biomassatillväxt och dels är andelen rotbiomassa av den totala tillväxten 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. Även luddvicker i samodling med oljerättika bildade mycket biomassa sent in i november och december och bidrog betydligt till markkoleffekten. 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 omgången, dock blev den senaste etableringen, den 28 augusti, bara lyckad för den gödslade hampan.



Figur 31. Utveckling av mellangrödornas markkolsbidrag över etablerings- och provtagningstidpunkter.

Mellangrödornas potential för produktion av biogas och biogödsel

Enligt Molinuevo-Salces m. fl. (2013a,b), som genomfört flera studier med mellangrödor som biogassubstrat, så visar deras ekonomiska beräkningar att det går använda dessa grödor om skördarna överstiger 1,8 till 2,7 ton ts per hektar. Variationen på ca 1 ton ts per hektar, beror främst på de olika mellangrödornas ts-halt vid skörd och dess specifika metanpotential per kg ts. Vår studie visar att de gödslade mellangrödorna i renbestånd, eller när de var ogödslade och samodlade med baljväxterna doftklöver respektive luddvicker, så genererade de en skördbar mängd biomassa på 3 till 12 ton ts per hektar. Vid dessa skördenivåer var mellangrödorna sådda före den 1 augusti. Vidare var de skördade från mitten av september till mitten av november.

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 hög specifik metangaspotential. Deras studie anger t.ex. att oljerättikans metangaspotential låg i intervallet 315 – 380 m³ CH₄ per ton ts, vid omräkningsfaktorn 1 kg ts = 0,85 kg VS. I medeltal skulle metanproduktion från mellangrödorna i vår studie bli 770 m³ CH₄ per hektar, motsvarande energiinnehållet i ca 770 liter dieselolja (8,0 MWh), när mellangrödorna skördas med ca 10 cm stubb höjd och baserat på en specifik metanpotential hos mellangrödorna på 300 m³ CH₄ per ton ts.

När oljerättika och hampa var ogödslade, men i samodling med luddvicker, eller när de var gödslade och i renbestånd, så gav de generellt de högsta biomassaavkastningarna. De gav i snitt ca 7 ton ts per hektar, efter sådden i början av juli och vid skörd i mitten av oktober till mitten av november (se figur 18 och figur 20). En skörd på 7 ton ts skulle bidra med ca 2100 m³ metangas per hektar, motsvarande 21,8 MWh.

Mellangrödorna har i den ovanjordiska biomassan visat sig lagra in stora mängder kväve, ungefär 130 respektive 50 kg kväve per hektar för mellangrödor som etablerades den 9 respektive den 27 juli. Av denna kvävemängd i biomassan, kan ungefär 110 respektive 40 kg kväve per hektar bortföras med skörden i biogasråvaran, om stubbhöjden är ca 10 cm. När mellangrödorna används som biogassubstrat skulle större delen av detta skördade kväve kunna överföras till en ny gröda följande växtsäsong, genom att gödsla den nya huvudgrödan med biogödseln som produceras vid rötningen av mellangrödan.

För att kunna ge svar på, vilket som är bäst ur klimatgassynpunkt att skörda mellangrödan oljerättika under september till oktober, med i snitt 7 ton ts per hektar, eller mylla ner den, så gör vi i tabell 2 en översiktlig kolbalans-beräkning baserat på data från figur 17 och 19. I detta fall är rättikan ogödslad och i samodling med luddvicker.

Vi gör följande antaganden: 1) 50 % av det stabila kolet, ca 325 kg per hektar, som bortförs med skörden av mellangrödan återförs till åkermark med biogödseln följande vår, 2) av kvävet i mellangrödans biomassa, ca 130 kg N per hektar, finns ca 40 kg N per hektar tillgängligt för nästa huvudgröda efter nermyllning av mellangrödan respektive ca 110 kg N per hektar blir tillgängligt via gödsling med biogödseln följande vår, 3) av mellangrödans energiinnehåll i form av metangas, 2100 m³ CH₄, motsvarande 2100 liter diesel, avräknas 15 %, dvs 315 liter diesel, för skörd och transport av mellangrödan samt för uppgradering av producerad biogas till fordonsgaskvalitet.

Tabell 2. Översiktlig kolbalansberäkning [kg C per ha] över ogödslad oljerättika i samodling med luddvicker. Sådden genomfördes den 9 juli och skörd från mitten av september till mitten av oktober

Oljerättika samodlad med luddvicker	Nermyllning	Skörd
Ovanjordisk biomassa [kg ts/ha]	7000	7000
Markkol från grödan	700	325
Återfört stabilt kol med biogödseln ^a	0	162
Undviken fossil kol via växttillgängligt N till nästa gröda ^b	72	198
Ersätter fossil diesel ^c	0	1310
Summa klimateffekt	772	1995

^a Det antogs att ca hälften av det stabila kolet återförs med biogödseln: 50 % * 325 kg C = 162 kg C/ha.

^b 1,8 kg C per kg N är beräknad via faktorn 12/44 (andelen C i CO₂) från 6.6 kg CO₂-eq per kg N (Börjesson m. fl. 2010). 40 kg N/ha * 1,8 kg C/kg N = 72 kg C/ha. 110 kg N/ha * 1,8 kg C/kg N = 198 kg C/ha.

^c 1 liter diesel MK1 = 2,69 kg CO₂-eq enligt Energimyndigheten *Växthusgasutsläpp* (2021). Senast ändrad: 2020-11-18. 2100 m³ CH₄ * 85 % = 1785 m³ CH₄ = 1785 l diesel * 2,69 kg CO₂ per l diesel = 4800 kg CO₂ * 12/44 = 1310 kg C/ha.

Resultatet från den översiktliga kolbalans-beräkningen i tabell 2 visar att det ur klimateffekt-synpunkt är ca 2,5 ggr bättre att skörda en kraftig mellangröda i form av ogödslad oljerättika i samodling med luddvicker som biogasråvara, för att producera fordonsgas och biogödsel, jämfört med att plöja ner hela mellangrödans biomassa på hösten, för att maximera markkolsinlagringen. Vidare "räddas" ytterligare ca 70 kg kväve per hektar från att riskeras att "försvinna" under vintern, om mellangrödan skördas, i stället för att myllas ner på hösten när biomassaskörden uppgår till ca 7 ton ts per hektar. Observera att eventuella utsläpp i form av lustgas från en nedmyllad mellangröda och utspridd biogödsel inte har beaktats in denna förenklade överslagsberäkning.

Slutdiskussion

Oljerättika är en mellangröda som har börjat användas i förhållandevis rätt stor omfattning. Den har många fördelar, men den kan också öka risken för klumprotsjuka i växtföljder med korsblommiga växter (Brassicaceae) t.ex. kål, raps och rybs. Det är därför viktigt att hitta alternativ till oljerättika som kan passa in i växtföljder med korsblommiga växter. I detta projekt undersökte vi därför bovete, honungsrört och hampa parallellt med oljerättika, både i renbestånd och samodlade med baljväxterna doftklöver respektive luddvicker, när mellangrödorna etablerades vid tre tillfällen från början av juli till slutet av augusti. Försöket bevätnades för att få en bra etablering och tillväxt hos mellangrödorna under den torra och varma sommaren 2018.

Markkoleffekt

Oljerättikan var den mellangröda som i snitt producerade mest biomassa och bidrog därmed mest till markkolsuppbbyggnaden. I snittet för alla etableringstidpunkter och provtagningstillfällen bidrog mellangrödorna med 310 kg stabilt kol per hektar, om hela mellangrödorna plöjs ner. Detta resultat stämmer bra överens med tidigare bedömningar för oskördade mellangrödor (Poeplau m. fl. 2015). Om mellangrödorna skördas och bara rötter samt stubben, 10 cm hög, bidrar till markkoleffekten, då minskar den till ca 130 kg stabilt kol per hektar.

När mellangrödorna bovete, honungsrört, hampa och oljerättika odlades i renbestånd och var gödslade, då bidrog de med 64 % mer till markkolsuppbbyggnaden jämfört med när de var ogödslade, men bara med 10 % mer jämfört med när de var ogödslade och i samodling med baljväxterna doftklöver respektive luddvicker. Detta innebär att samodlingen kan vara ett mycket intressant alternativ när det gäller att odla mellangrödor utan gödsling, som är nödvändig för att kunna erhålla stöd för odling av mellangrödor på ekologiska fokusarealer, enligt gällande regelverk. Baljväxten behövde i de flesta fallen längre tid att etablera sig och bidrog då i mycket liten omfattning till markkolsuppbbyggnaden kort efter etableringen. För de mellangrödor som mognar och vissnar tidigt blev baljväxten ett komplement som kunde bromsa eller vända minskningen i biomassaavkastningen och slutligen i markkoleffekten.

Erfarenheter att etablera sommarmellangrödor vid olika tidpunkter

De 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 mellangrödorna ökar möjligheterna till kombinationer med fler kulturer, som kan ingå i en hållbar växtföljd med t.ex. kål, lök, stråsäd och matpotatis.

De mellangrödor som såddes i juli (9 juli och 27 juli) hade bra ogräskonkurrerande egenskaper, förutom honungsrörten. En trolig förklaring till honungsrörtens relativt dåliga utveckling var den varma sommaren 2018. Dålig etablering av honungsrört kunde även observeras i ett försök med sommar-mellangrödor efter färskpotatis i nordvästra Skåne, när den såddes den 20 juli 2018 (Ahlqvist 2019).

Mängden ogräs var relativt hög i de mellangrödor som etablerades i slutet av augusti, speciellt i de gödslade leden. Ogräsets marktäckningsgrad var dock lägre i de mellangrödor som var ogödslade, d.v.s. både de i renbestånd och i de mellangrödor som samodlades med kvävefixerande mellangrödor. Gödsling ökar markens produktionsförmåga av både mellangröda och ogräs. I försöket resulterade 40 kg N per ha i en större biomassa av ogräs, trots att mellangrödans bladyteindex (LAI) ökade med ca 55 % och därmed 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 Kronoslätt, vid Klagstorp i södra Skåne, har både honungsört och oljerättika i renbestånd samt honungsört samodlad med blodklöver gett bra ogräseffekt, i en försöksserie över flera år, när mellangrödorna har etablerats i mitten av augusti efter skörd av stärkelsevete som förfrukt till sockerbetor (Svensson m. fl. 2020).

När det gäller markkol, så betyder en längre växtsäsong högre tillväxt och större markkolsbidrag. Eftersom tillväxten är störst ju tidigare grödan etableras är det att föredra en så tidig etablering som möjligt. Dock behöver det säkerställas att etableringen fungerar bra, vilket innebär att mellangrödor behöver bevattnas vid behov.

Tillväxten minskade starkt för de ogödslade och samodlade mellangrödorna mellan etablering i början och i slutet av juli, medan den ökade för de gödslade mellangrödorna. Detta kan förklaras med att gödslingen delvis kan kompensera för en senare etablering genom att gynna etableringen.

Odlingsrekommendationer vid odling av mellangrödor för ogräskonkurrens

- 1) Vid sen sådd av mellangrödorna, i slutet av augusti, så gav honungsört och oljerättika en bra effekt mot fröogräs, även om dess biomassaproduktion var relativt låg.
- 2) Vid tidig sådd, dvs fram till början av augusti, så gav mellangrödorna bovete, honungsört, hampa och oljerättika en bra effekt mot fröogräs.
- 3) 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.
- 4) Gödsling med 40 kg kväve per hektar leder inte till bättre effekt mot ogräsen, även om grödan tillväxer bättre och ger bättre beskuggning av ogräsen.
- 5) När mellangrödorna såddes vid höga jordtemperaturer under 2018, verkade det som att honungsört gick i groningsvila, vilket resulterade i sämre etablering. De andra mellangrödorna verkade klara de höga jordtemperaturerna bättre. Detta leder till att vi nu föreslår en blandning av sommarmellangrödor bestående av honungsört, bovete och en kvävefixerande gröda t.ex. doftklöver eller alexandrinerklöver. Denna blandning bör även fungera vid sen sådd, i slutet av augusti. I de fall bovetet skulle frysa bort tidigt på hösten, så bör de andra grödorna, som inte är så köldkänsliga, växa vidare.
- 6) 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 är hög vid sådden.
- 7) Inför sådd av mellangrödor. Genomför gärna 1-2 falska såbäddar, max 5 cm djupt, efter skörden av huvudgrödan, för att bekämpa fröogräs, t.ex. sent groende fröogräs såsom nattskatta.
- 8) Om sådden av mellangrödorna fördröjs av de falska såbäddarna, så kan det leda till en sämre biomassaproduktion, men ändå en bra effekt på ogräsen från mellangrödorna honungsört och oljerättika.

Odlingsrekommendationer vid odling av mellangrödor för markkolsuppbbyggnad

- 1) Etablera mellangröda så tidigt som möjligt.
- 2) Vid senare etablering i augusti välj en mellangröda som etablerar sig snabbt (t ex bovete) eller en mellangröda som har bra tillväxt långt in i hösten (t ex oljerättika eller honungsört).
- 3) Samodla med en baljväxt om du vill kompensera för en tidigt mognande mellangröda (t ex bovete eller honungsört i kombination med doftklöver) eller om du förväntar dig en stark biomassatillväxt men vill undvika att gödsla mellangrödan (t ex hampa eller oljerättika i kombination med luddvicker).

Mellangrödornas potential för produktion av biogas och biogödsel

Vår studie visar att flera av sommarmellangrödorna kan generera stora mängder skördbar biomassa, mellan 3 och 12 ton ts per hektar. Då var mellangrödorna gödslade och odlade i renbestånd alternativt ogödslade och samodade med baljväxter. Vidare var de sådda tidigt, före den 1 augusti, och skördade från mitten av september till mitten av november. I medeltal skulle metanproduktionen från mellangrödorna i studien bli 770 m³ CH₄ per hektar, motsvarande energiinnehållet i 770 liter dieselolja (8,0 MWh), när mellangrödorna skördas med ca 10 cm stubbhöjd och baserat på en specifik metanpotential hos mellangrödorna på 300 m³ CH₄ per ton ts.

Oljerättika och hampa gav generellt de högsta biomassaavkastningarna, både när de var ogödslade och samodlade med luddvicker respektive när de var gödslade och odlade i renbestånd. Då gav de i snitt ca 7 ton ts per hektar, om de var sådda före 1 augusti och skördade från mitten av oktober till mitten av november. En skörd på 7 ton ts skulle bidra med ca 2100 m³ metangas per hektar, motsvarande energiinnehållet i 2100 liter diesel.

Mellangrödorna har i den ovanjordiska biomassan visat sig innehålla stora mängder kväve, ungefär 130 respektive 50 kg kväve per hektar för mellangrödor som etablerades den 9 respektive den 27 juli. Av detta kväve, bortförs ungefär 110 respektive 40 kg kväve per hektar, om mellangrödorna skördas med en stubbhöjd på ca 10 cm. Används mellangrödorna som biogassubstrat skulle större delen av detta kväve kunna överföras till en ny huvudgröda följande växtsäsong, via den producerade biogödseln.

Om mellangrödans biomassa inte skördas på senhösten, så är risken stor att mellangrödans stora kväveinnehåll mineraliseras under höst och vinter och att detta kväve inte kommer nästa huvudgröda till nytta, utan istället läcker ut till vattendrag eller atmosfären.

Blanco-Canqui m. fl. (2020) anger att skörd av mellangrödor inte ger någon negativ inverkan på markens egenskaper, på efterföljande huvudgrödans skördeavkastning eller på mellangrödornas förmåga att undertrycka ogräs. Lämnas 7,5-10 cm stubb vid skörden av mellangrödan, så är det tillräckligt för att upprätthålla markens bördighet och bidra med flera andra viktiga ekosystemtjänster.

Vår studie anger, i en översiktlig kolbalansberäkning, att det ur växthusgas-synpunkt är ca 2,5 ggr bättre att skörda en mellangröda, t.ex. ogödslad oljerättika i samodling med luddvicker, för att producera fordonsgas och biogödsel, jämfört med att plöja ner hela mellangrödan på hösten, för att maximera markkolsinlagringen.

Referenslista

- 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.
- 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.
- Bertilsson, G. (2009). "Odlingsperspektiv, bakgrund och dokumentation." Retrieved 2013-08-27, from <http://www.greengard.se/Odlingsperspdok090716.htm>.
- 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. Lund, Sweden, Biogas Syd.
- Blanco-Canqui, H., S. J. Ruis, C. A. Proctor, C. F. Creech, M. E. Drewnoski and D. D. Redfearn (2020). "Harvesting cover crops for biofuel and livestock production: Another ecosystem service?" Agronomy Journal **112**(4): 2373-2400.
- Blanco-Canqui, H., T. M. Shaver, J. L. Lindquist, C. A. Shapiro, R. W. Elmore, C. A. Francis and G. W. Hergert (2015). "Cover Crops and Ecosystem Services: Insights from Studies in Temperate Soils." Agronomy Journal **107**(6): 2449-2474.
- 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.
- Börjesson, P., L. Tufvesson and M. Lantz (2010). Livscykelanalys av svenska biodrivmedel. Lund, Sweden, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University: 1102-3651.
- CCD. (2017). "Cover Crops Database." Sustainable Agriculture Research & Education Program, 2017, from <https://sarep.ucdavis.edu/are/nutrient/cover-crops>.
- 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.
- Energimyndigheten (2015). Vägledning till regelverket om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen. Eskilstuna, Sweden, Energimyndigheten.
- Energimyndigheten. (2021). "Växthusgasutsläpp." Retrieved 2021-01-28, from <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/drivmedelslagen/vaxthusgasutslapp>.
- Friberg, H. (2020). "Project OSCAR - Optimising subsidiary crop applications in rotations." from https://www.slu.se/en/departments/forest-mycology-plantpathology/research/biological_control/project-oscar/.
- 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 (2017a). Sommarmellangrödors ogräsbekämpande egenskaper - resultat från två fältförsök 2016. LTV rapport 2017:20. Alnarp, Institutionen för biosystem och teknologi, Sveriges lantbruksuniversitet: 20.
- Hansson, D., T. Prade, L. Tufvesson and S.-E. Svensson (2018). Sommarmellangrödors ogräsbekämpande egenskaper - resultat från ett fältförsök 2017. Alnarp, Institutionen för biosystem och teknologi, Sveriges lantbruksuniversitet: 16.

- 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, A. T. Nilsson and L. Andersson (2017b). Bekämpningsstrategier med miniträda och avbrottsgrödor mot nattskatta och bågarnattskatta i en ekologisk växtföljd. Alnarp, Institutionen för biosystem och teknologi, Sveriges lantbruksuniversitet: 12.
- IVA (2019). Så klarar det svenska jordbruket klimatmålen. Stockholm, Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien.
- 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.
- 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.
- Madsen, H. K., I. Bertelsen and M. Askegaard (2013). Post-harvest sown catch crops – results from two years of organic field trials. Organic farming systems as a driver for change. A.-K. Løes, M. Askegaard, V. Langer et al., NJF Report. **9 (3)**: 113-114.
- Molinuevo-Salces, B., S. U. Larsen, B. K. Ahring and H. Uellendahl (2013a). "Biogas production from catch crops: Evaluation of biomass yield and methane potential of catch crops in organic crop rotations." Biomass and Bioenergy **59**(0): 285-292.
- Molinuevo-Salces, B., S. U. Larsen, B. K. Ahring and H. Uellendahl (2014). Biogas production from catch crops- a sustainable agricultural strategy to increase biomass yield by co-harvest of catch crops and straw. 22nd European Biomass Conference and Exhibition, Hamburg, Germany, EUCBE.
- Molinuevo-Salces, B., S. U. Larsen, R. Biswas, B. K. Ahring and H. Uellendahl (2013b). Key factors for achieving profitable biogas production from agricultural waste and sustainable biomass. Recovering (bio) resources for the world: Proceedings of the 13th World Congress on Anaerobic Digestion, Santiago de Compostela, Spain, IWA.
- Nair, A. (2015). Cover Crops in Vegetable Production Systems. Ames, USA, Iowa State University.
- Poeplau, C., H. Aronsson, Å. Myrbeck and T. Kätterer (2015). "Effect of perennial ryegrass cover crop on soil organic carbon stocks in southern Sweden." Geoderma Regional **4**: 126-133.
- Pålsson, O. (2007). Senap och rättika som fånggrödor. Jönköping, Jordbruksverket.
- Regeringen (2020). Lagrådsremiss - Avskaffad skattebefrielse för vissa biobränslen för uppvärmning samt ändrade förutsättningar för skattebefrielse för biogas och biogasol. Stockholm, regeringen.se.
- SJV. (2018). "Nyheter i förgröningsstödet 2018." from <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/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.
- Svensson, S.-E., D. Hansson, T. Prade, Å. Olsson Nyström and J. Olanders (2020). Mellangrödor efter stärkelsevete som förfukt till sockerbetor – 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.
- Szerencsits, M., C. Weinberger, M. Kuderna, F. Feichtinger, E. Erhart and S. Maier (2015). "Biogas from Cover Crops and Field Residues: Effects on Soil, Water, Climate and Ecological Footprint." International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering **9**(4): 413-416.