



greppa näringen

# Mellangrödor i växtföljden

För kolinlagring och effektivt kväveutnyttjande



# Förord

*Mellangrödor har vid sidan av odling av vall visat sig vara jordbrukets viktigaste bidrag till kolinlagring i mark. Med en gröda som växer under perioden mellan skörden av en gröda och uppkomst av nästa, utnyttjas en tidsperiod som ger extra biomassa som kan tillföras jorden.*

## Fånggrödor för minskat kväveläckage

*Sedan tidigare finns miljöersättning för fånggröda som i princip har samma funktion som en mellangröda. När man odlar fånggröda med miljöersättning finns det dock begränsningar vilka arter som kan väljas. Många fältförsök har visat att dessa arter har en tydlig effekt för att minska kväveläckaget. Vanligast är insådd av gräs (främst engelskt rajgräs) och gräs med viss inblandning av vitklöver samt sådd av oljerättika efter skörd av en tidigt mognande gröda. Stöd för fånggrödor kan sökas i områden där kväveläckaget är särskilt omfattande, så kallat nitratkänsligt område.*

## Mellangrödor för kolinlagring

*Med start 2023 finns det ett stöd för att odla mellangrödor, främst med syftet att de ska bidra till inlagring av kol i marken. De ska inte öka kväveförlusterna till vatten, varför det finns vissa begränsningar för hur mycket inblandning det får vara av kvävefixerande grödor. Grödor som förväntas tillväxa under hösten och bidra till kolinlagring, kräver en vegetationsperiod som inte avslutas alltför tidigt. Därför kan de odlas upp till södra Värmland och Dalarna men inte mycket längre norrut. Inom stödet för mellangrödor har odlaren stor möjlighet att välja arter som odlas i renbestånd eller i blandning.*

## Miljöersättningar är viktiga för Greppa Näringen

*Som ett stöd för de lantbrukare som vill odla mellangrödor vill Greppa Näringen bidra till att fakta från forskning och försök kring odling under svenska förhållanden eller motsvarande görs tillgängligt för odlarna. Det är viktigt för rådgivare att kunna föreslå åtgärder som är bra för miljön och klimatet och som lantbrukaren kan få ekonomisk ersättning för, till nytta för samhället.*

*Denna sammanställning är en kortversion av rapporten Mellangrödor i växtföljden – för kolinlagring och effektivt kväveutnyttjande, Ekohydrologi 179 Uppsala 2023 från Jordbruksverket. Ansvariga för texten är forskare från Sveriges lantbruksuniversitet, SLU.*

Följande har medverkat i skriften:

Helena Aronsson, Maria Ernfors, Thomas Kätterer, Martin Bolinder, Sven-Erik Svensson, David Hansson, Thomas Prade och Göran Bergkvist

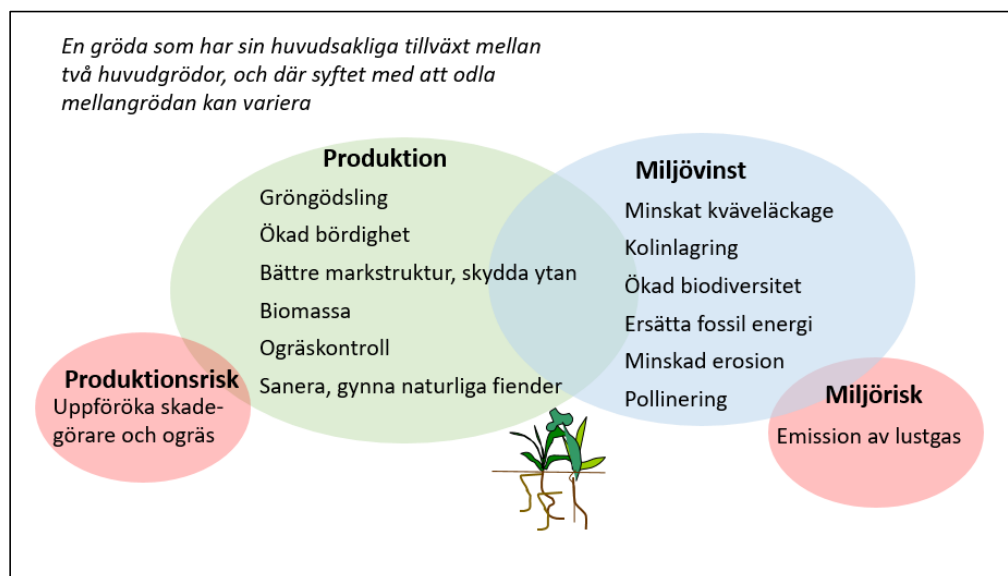
# Innehåll

Mellangrödor i växtföljden .....	3
Inledning .....	3
Vad är en mellangröda? .....	3
Mellangröda för kolinlagring .....	4
Vad bidrar en mellangröda med i form av stabilt kol? .....	4
Vad händer i marken? .....	5
Med kolet följer kväve och andra näringsämnen .....	6
Kolbalansen och effekt på markens kolhalt .....	7
Mätningar och modeller för att uppskatta kolinlagring.....	7
Mellangrödans bidrag till kolinlagring i växtföljden .....	8
Kväveeffterverkan och risk för förluster .....	9
Att balansera kväveupptag med leverans till nästa gröda.....	9
Mellangröda minskar läckaget av kväve men inte av fosfor.....	11
Lustgasen i växthusgasbalansen .....	12
Förutsättningar för lustgasemissioner.....	13
Mellangrödans och emissioner av lustgas .....	14
Mellangrödors tillväxt .....	15
Inverkan av region, såtid och gödsling.....	17
Arter och artblandningar för funktion och odlingssäkerhet .....	20
Har arten betydelse för kolinlagringen? .....	21
Friskare grödor med artrik mellangröda? .....	22
Mellangrödor för ogräskontroll.....	23
Mellangröda för skörd .....	24
Odlares erfarenheter .....	25
Etablering är den stora utmaningen .....	25
Placering i växtföljden .....	26
Strategier för artval .....	26
Övergång till nästa gröda.....	27
Mellangrödor i framtidens odlingssystem.....	28
Referenser .....	28

# Mellangrödor i växtföljden

## Inledning

Klimatförändringen innebär bland annat att höstarna blir mildare och blötare. Det gör att det blir allt viktigare att hålla marken bevuxen under så stor del av året som möjligt för att begränsa kväveläckaget från jordbruksmarken och skydda markytan mot erosion. Mellangrödorna är betydelsefulla för jordbrukets anpassning till ett förändrat klimat. Mellangrödor är också betydelsefulla för att minska påverkan på klimatet genom att bidra till kolinlagring i marken. Vårt relativt kyliga och fuktiga klimat erbjuder goda förutsättningar för kolinlagring, men innebär också utmaningar när det gäller att förlänga odlingstiden av grödor långt in på hösten. Här redovisas kunskap om mellangrödor med tyngdpunkt på funktion och nyttjande i odlingssystemen för ökad kolinlagring, hög kväveeffektivitet och liten risk för negativ miljöpåverkan. Skriften bygger på en mer omfattande rapport av Aronsson m.fl. (2023) som sammanställde kunskapsläget och resultat från fältförsök.



**Figur 1.** Mellangrödor har många potentiella funktioner i växtodlingssystemet. Funktioner för produktion och miljö sammanfaller till stor del, men det finns också risk för negativa effekter i system med stora flöden av kol och växtnäring.

## Vad är en mellangröda?

Att odla en gröda mellan huvudgrödorna kan ha olika syften och det finns en rad olika benämningar, som mellangröda, fånggröda, täckgröda och bot-tengröda. Vi använder i den här skriften benämningen mellangröda som ett samlingsbegrepp för alla olika syften och funktioner (figur 1). Begreppet fånggröda används när huvudsyftet är att minska kväveläckaget. Odling av fång-

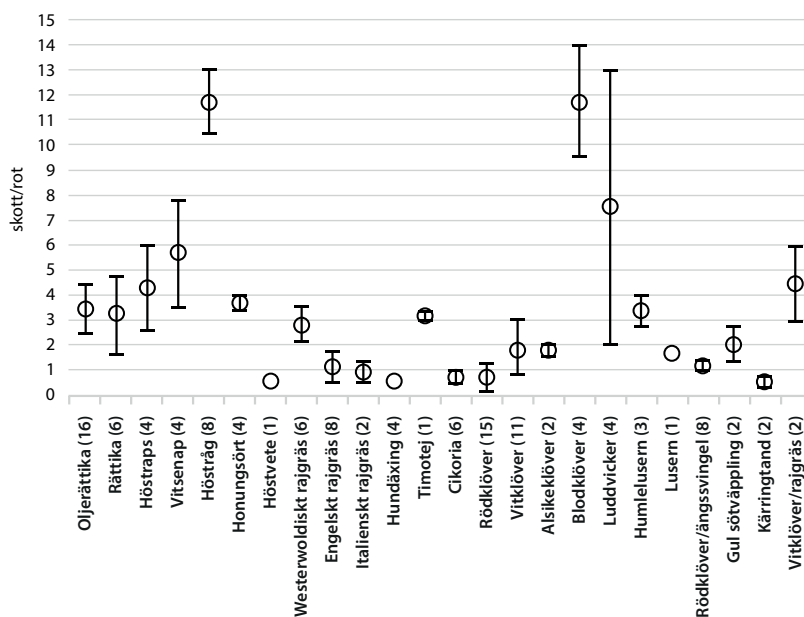
gröda för minskat kväveläckage är något man har kunnat erhålla ekonomisk ersättning för sedan 1990-talet. Miljöersättningen för fånggröda kan lantbrukare söka i nitratkänsliga områden och den har särskilda villkor för artval, så- och brytningstid. Från och med 2023 finns också en ersättning för funktionen att öka inlagringen av kol i marken, ”Mellangröda för kolinlagring”. Den ettåriga ersättningen går att söka i alla områden utom i stödområde 1-5, det vill säga ersättningen gäller söder om en ungefärlig linje mellan Karlstad och Gävle. Information om ersättningarna finns på Jordbruksverkets hemsida ([jordbruksverket.se/mellangrodor](http://jordbruksverket.se/mellangrodor)).

## Mellangröda för kolinlagring

### Vad bidrar en mellangröda med i form av stabilt kol?

Mellangrödor har en stor potential att öka kolinlagringen i jordbruksmark genom att perioden för tillväxt mellan huvudgrödorna utnyttjas. Hur mycket kolinlagring en mellangröda bidrar med beror till stor del på hur stor mängd biomassa den producerat, ovan och under jord. Man brukar räkna med 320 kg stabilt kol per hektar som ett medelvärde. Det baseras på resultat från långliggande försök i Sverige med insådda gräsmellangrödor och på försök i andra länder. Här finns förstås en mycket stor variation som bland annat beror på hur bra mellangrödan växer. Rötterna har visat sig vara mer betydelsefulla för kolinlagringen än den ovanjordiska biomassan. Sammantaget uppskattas en bestämd mängd rotbiomassa ha 2,5 gånger högre värde för inlagring av stabilt kol än motsvarande mängd ovanjordisk biomassa.

Figur 2 visar förhållandet mellan ovanjordisk biomassa och rötter (skott/rot-kvot) på senhösten i olika mellangrödor. Resultaten kommer från en sammanställning av försök där man mätt biomassa både ovan och under jord. Det finns en stor variation i materialet vilket delvis beror på svårigheten att mäta mängden rötter. Det är svårt att få med hela rotvolymen när rötter ska grävas upp och sällas fram och provtagning görs sällan av hela rotdjupet. Dessutom representerar den mängd rötter som återfinns på senhösten inte den totala mängden biomassa under säsongen, kanske bara hälften. Rötter omsätts kontinuerligt och utsöndrar även stora mängder kolföreningar (rotexudat), vilket brukar kallas rhizodeposition. För många av arterna i figur 2 är det endast få observationer, men något man kan urskilja är exempelvis att flera gräs verkar ha en större andel rötter (låg skott/rot-kvot) än korsblomstriga växter.



**Figur 2.** Förhållande mellan skott- och rotbiomassa (skott/rot-kvot) från fältstudier (126 observationer) av mellangrödor i svenska, finska och danska försök visar på stor variation mellan olika arter. Mätningarna innehåller stora osäkerheter, men tyder exempelvis på att gräsen har större andel rötter än vad korsblomstriga mellangrödor har. Resultaten är sammanställda utifrån ett flertal studier där referenser anges i rapporten av Aronsson m.fl. (2023). Felstaplar anger standardavvikelse för variationer mellan olika mätvärden.

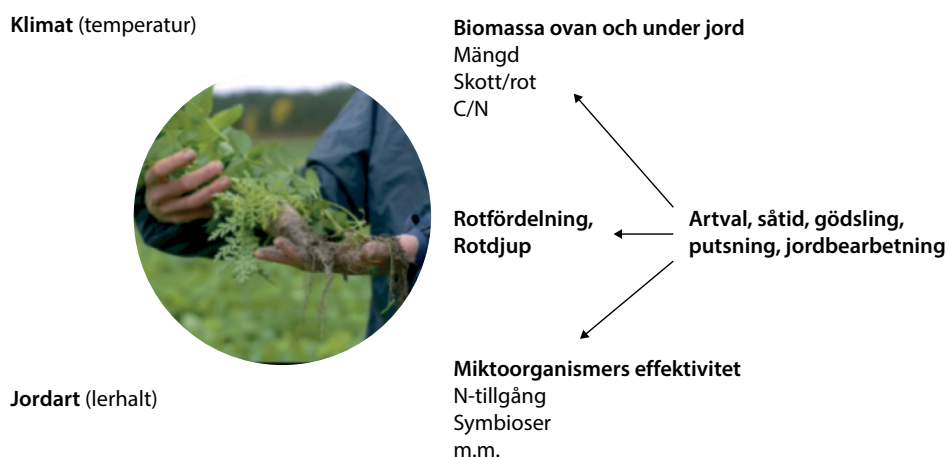
## Vad händer i marken?

Kolstabiliseringen påverkas bland annat av växtmateriallets motståndskraft mot nedbrytning. Ligninrika växtmaterial, som kännetecknas av stort kolinnehåll i förhållande till kväve (hög C/N-kvot), är svårnedbrytbara. Ligninhalten ökar när växten åldras, och därför kan åtgärder som exempelvis putsning, som håller kvar växten i ett ungt stadium, påverka nedbrytningsförloppet. Även om lignin-innehållet har betydelse så har studier visat att markens stabila kol till största delen har sitt ursprung i mikrobiella processer, vilket alltså betyder att växtmaterial har passerat nedbrytning före stabiliseringen i marken. Mikroorganismernas effektivitet, som handlar om hur stor andel av kolet som omvandlas till koldioxid (CO<sub>2</sub>), är inte konstant och beror av olika faktorer. Kunskap om hur odlingsåtgärder påverkar andelen kol som binds in av mikroorganismerna istället för att avgå som koldioxid kan ge verktyg för effektivare kolinlagring. Vi vet en del om hur mikrosamhällets sammansättning och diversitet påverkar effektiviteten, och att det i sin tur beror av bland annat växtföljd, jordbearbetningsmetoder och gödslingsnivåer. Fortfarande saknas kunskap för att kvantifiera effekterna.

Viktiga faktorer som påverkar kolinlagringen sammanfattas i figur 3. Något som bidrar till att stabilisera kolföreningar är att de också skyddas i marken mot vidare nedbrytning genom kemisk bindning till markens mineral och fysiskt skydd i aggregat. För rötternas kolstabilisering kan dessa mekanismer ha relativt sett stor betydelse eftersom rötterna kommer i nära kontakt med jorden.

En del av rötterna finns också på djup i marken där nedbrytningen går långsammare genom att den biologiska aktiviteten är lägre. Jordarten har därmed betydelse, och kolet bevaras bättre i jordar med hög lerhalt jämfört med i lättare jordar. Lerpartiklar har tillsammans en stor yta som kan adsorbera kolföreningar där särskilt förekomsten av järn- och aluminiumoxider och hydroxider har stor betydelse. I lerhaltiga jordar bildas också aggregat som innehåller syrefria mikromiljöer där nedbrytningen går långsamt.

En faktor som har en övergripande inverkan på kolinlagringen är klimatet. Svalare klimat är gynnsamt för kolinlagring genom att nedbrytningen går långsammare vid lägre temperaturer. I en beräkning av kolbalansen under svenska förhållanden för perioden 1990-2004 med kolmodellen ICBM, fann man en klimatrelaterad ökning av kolhalten i marken i norra Sverige. Nettoinlagringen av kol var större trots att skördarna var lägre med mindre mängd skörderester än i södra Sverige. I ett varmare klimat är det möjligt att kolinlagringen istället minskar, men det kan också hända att en ökad produktion, både hos huvudgrödor och hos mellangrödor, kompenserar för en ökad nedbrytningshastighet.



**Figur 3.** Faktorer som påverkar kolinlagring vid odling av en mellangröda. Foto: Filmsnickeriet

## Med kolet följer kväve och andra näringsämnen

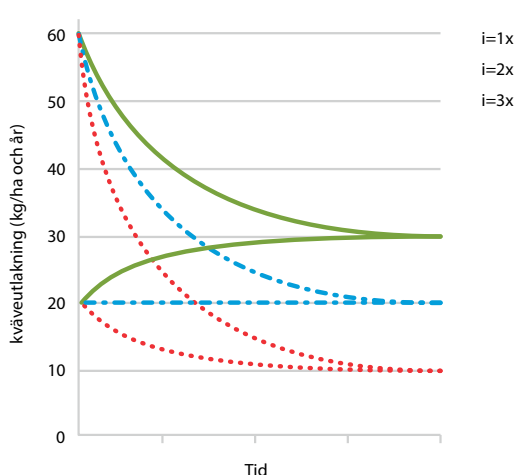
Allteftersom mikroorganismerna konsumerar växtmaterialens lättomsättbara och energirika beståndsdelar mineraliserar kol till koldioxid ( $\text{CO}_2$ ) och kväve till växttillgängliga former som ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) och nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). En del blir kvar i stabila former, det vill säga lagras in i marken. Med inlagring av kol följer alltså även inlagring av kväve och andra näringsämnen, som fosfor och svavel. Vid en inlagring av 100 kg kol inlagras samtidigt ca 7-10 kg kväve och 0,5-2 kg fosfor. Kolinlagring innebär därför att markens förmåga att leverera växtnäring ökar. Även om vi kallar kolföreningarna stabila så sker en långsam nedbrytning där växtnäringsämnen frigörs. Man brukar räkna med att mellan 0,5-2 procent

av markens humusförråd mineraliseras årligen, med större mineraliseringshastighet i sandiga jordar än i lerjordar.

## Kolbalansen och effekt på markens kolhalt

Kolbalansen beräknas som skillnaden mellan kol tillfört med biomassa och de förluster som sker genom nedbrytning till koldioxid, jorderosion och läckage av vattenlösligt kol. Om balansen är positiv så har det skett en kolinlagring. Jordbruksmarken som helhet i Sverige har en negativ kolbalans, som beror på nedbrytningen i organogena jordar, trots att dessa endast utgör några få procent av jordbruksmarken. Däremot har det skett en inlagring av kol på mineraljordar, som är den mest vanliga jordtypen, under de senaste 25 åren.

Jordens odlingshistoria och mullhalt påverkar hur förrådet av markens stabila kol kommer att förändras över tid när biomassa tillförs, exempelvis med en mellangröda. Markens mullhalt avgör om mängden stabilt kol ökar i marken på den aktuella platsen, om man bara dämpar en sjunkande trend eller om man får ett nollsummespel dvs. att mängden kol som man tillför är i balans med det som mineraliseras. Därför kan samma åtgärd och samma mängd tillförd biomassa resultera i en upp- eller nedgång av kolförrådet på olika jordar (figur 4). Oavsett om en ökad tillförsel av biomassa till marken ökar eller minskar kolmängden i marken så har den en positiv inverkan på klimatet, antingen genom att den minskar pågående kolförluster eller att den leder till ökat kolförråd.



**Figur 4.** Ingångsvärdet för kol i marken påverkar hur det sedan utvecklas över tid, vilket visades med modellberäkningar för två jordar med olika ingångsnivåer och olika tillförsel av biomassa ( $i=1x-3x$ ). Bara i jorden med lägst ingångsvärde (20 ton/ha) och vid störst tillförsel ( $i=3x$ ) ökade kolmängden i marken. Men kolinlagringen ökade i båda jordarna när tillförsel av biomassa ökade, dvs. tillförseln dämpade den sjunkande trenden. Båda jordarna nådde så småningom samma jämviktsläge där tillförseln av kol var lika stor som mineraliseringen. Källa: Kätterer och Bolinder (2022).

## Mätningar och modeller för att uppskatta kolinlagring

Att mäta mängden kol i marken är svårt, bland annat för att markens kolförråd är mycket stort i jämförelse med kolbalansen under ett år. För att kunna se förändringar krävs långa tidsserier. Därför är långliggande försök och miljöövervakningsprogram för jordbruksmarken, tillsammans med kolba-



lansmodeller, viktiga för att tolka och bättre förstå vad som händer i marken vid olika behandlingar. Modellerna är särskilt viktiga för att göra prognoser för kolhaltens utveckling framåt i tiden. I den svenska klimatrapporeringen används modellen ICBM för att beräkna årliga markkolsförändringar. Styrande data för modellen är den tillförda mängden av växtmaterial (skott respektive rötter) och organiska gödselmedel, samt en faktor som tar hänsyn till jord och klimat för platsen. Hur tillförd biomassa fördelas mellan lättnedbrytbara och svårnedbrytbara kolförråd (humus) i marken anges av humifieringskoefficienter, och nedbrytningshastigheten styrs av nedbrytningskonstanter, som kalibreras utifrån resultat från långliggande försök. Inom rådgivningen i Greppa Näringen används modellen Odlingsperspektiv som bygger på ICBM för att bedöma hur gårdens odlingsystem påverkar mullhalten. Modellen jämför olika scenarier, som exempelvis effekten av en förbättrad växtföljd jämfört med nuvarande växtföljd. I Odlingsperspektiv räknar man med att 12,5 procent av kolet i den ovanjordiska växtbiomassan övergår i humus (stabilt kol) när den tillförs marken. För rötter räknar man med att 25 procent av kolet stabiliseras (humifieras) och för organiska gödselmedel 40 procent av kolet.

### **Mellangrödans bidrag till kolinlagring i växtföljden**

För att bedöma mellangrödans bidrag till kolinlagringen behöver den sättas i ett växtföljdssammanhang. Om mellangrödan sänker skörden av huvudgrödan eller bidrar till att öka skördarna genom förfruktseffekt kommer det att påverka även huvudgrödans bidrag till kolinlagring genom ändrade mängder av skörderester. På lång sikt gynnar mellangrödor jorden som växtplats på olika sätt, bland annat genom förbättrad markstruktur vilket främjar produktion och odlings säkerhet, och därmed kolinlagring. En mellangröda påverkar kolinlagringen framför allt om alternativet hade varit att marken varit obevuxen. Om en höstsådd gröda ersätts med en mellangröda följt av en vårsådd gröda är det inte säkert att kolinlagringen blir större. Det handlar om den totala mängden biomassa som produceras ovan och under jord totalt sett i växtföljden.

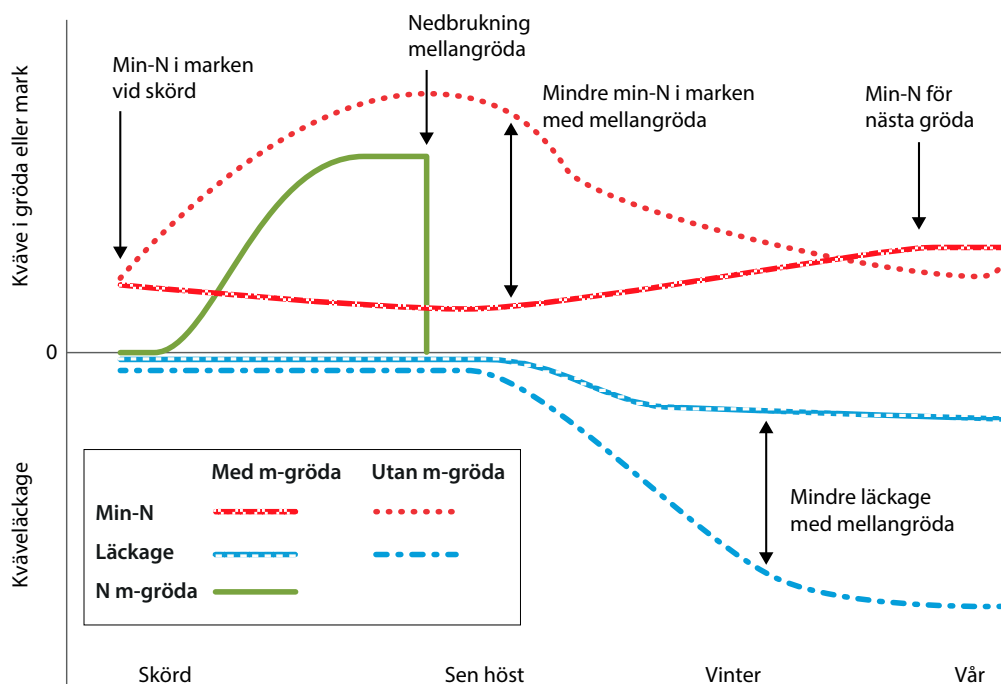
I odlingskoncept som conservation agriculture och regenerativ odling bearbetas jorden så lite och så ytligt som möjligt i kombination med en varierad växtföljd. Samtidigt är marken täckt med en gröda så stor del av året som möjligt. Förändrad fördelning av kol i marken, mer konstant växttäcke, ostörda rötter och svampmycel, mer maskar, och förändrad mikrobiell sammansättning är faktorer som på olika sätt påverkar kol- och kväveomsättningen i marken i ett komplext samspel. Om man renodlar faktorn jordbearbetning så visar de flesta studier att reducerad jordbearbetning och direktsådd har ganska liten effekt på kolinlagringen i sig, i jämförelse med effekten av mellangröda. Om ett ändrat jordbearbetningssystem påverkar skörden förändras också mängden växtrester och därmed kolinlagringen.

## Kvävefterverkan och risk för förluster

Mellangrödor fyller ut utrymmet mellan huvudgrödorna. Det är perioder då möjligheterna för tillväxt och näringsupptag annars inte skulle utnyttjas fullt ut och då mineralkväve skulle ansamlas i marken under hösten och riskera att förloras till luft eller vatten (figur 5).

### Att balansera kväveupptag med leverans till nästa gröda

Det är viktigt att det kväve som sparas genom minskade förluster nyttjas så bra som möjligt. Det handlar om kväve som inte lagras in med kol i marken utan mineraliserar när mellangrödan dör eller brukas ned i marken. Först då är systemet kväveeffektivt. Mellangrödor som består av rent gräs ger sällan en förfruktseffekt för den efterföljande huvudgrödan. Snarare kan det ge ett negativt utgångsvärde för markkvävet på våren genom att effektivt tömma markprofilen på mineralkväve. Däremot ger baljväxter ofta en kväveeffekt till efterföljande gröda. En blandning av gräs och klöver är exempel på en kombination som både effektivt tar upp mineralkväve ur marken på hösten, minskar kväveläckaget, och ger en förfruktseffekt.

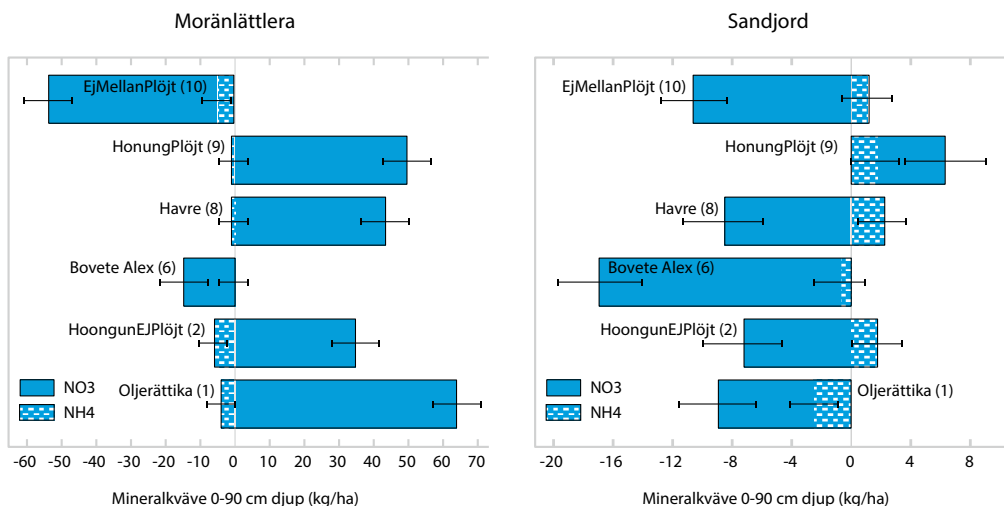


**Figur 5.** Dynamiken hos mineralkväve (Min-N, nitratkväve och ammoniumkväve) i marken och läckaget påverkas av mellangrödans kväveupptag. Med mellangröda minskar mängden mineralkväve i marken under hösten och därmed blir även läckaget mindre jämfört med där ingen mellangröda odlas. Fritt efter Justes m.fl. (2012).

Tidpunkten för nedbrukning eller avdödning (naturlig eller kemisk) av en mellangröda påverkar både kväveläckaget under höst och vinter och förfruktseffekten för den efterföljande grödan. För bästa effekten på läckaget ska

mellangrödan avdödas så sent som möjligt på hösten eller helst på våren. Men mineraliseringen av mellangrödans kväve ska inte komma för sent i förhållande till den efterföljande grödans behov. Då kan det bli ett förhöjt kväveläckage vintern därefter. Det är svårt att optimera systemet, inte minst genom att vädret varierar. En tumregel är att en mellangröda med låg kol-kväve-kvot (hög kvävehalt) ska växa så länge som möjligt, eftersom mineraliseringen kommer att ske snabbt. Vid C/N-kvot runt 20 och lägre kan man räkna med en ganska omedelbar frigörelse av kväve när materialet börjar brytas ned i marken. Enligt en sammanställning av försök med mellangrödor i Sverige hade engelskt rajgräs C/N-kvot på i medeltal 22, oljerättika strax under 20 (men med stor variation) och mellangröda av höststråsåd cirka 10. Eftersom kolhalten i växtbiomassa är tämligen stabil runt 40 procent så är det kvävehalten som främst påverkar materialets C/N-kvot (tabell 1).

För mellangrödor som dör tidigt av frost riskerar en del av kvävet att förloras nedåt i marken och resultera i läckage istället för förfruktseffekt. Risken är särskilt stor på lätt jord om senhösten är regnig. På två jordtyper i Skåne mättes mängden mineralkväve i marken i december under olika mellangrödor som såtts i augusti, med uppföljning på våren (figur 6). En minskning av mineralkväve över vintern visade på att kväve förlorats genom utlakning, medan en ökning visade på att kväve som mineraliserats fanns kvar för den efterföljande grödan, förutsatt att det låg kvar i matjorden. I moränlätteren hade mineralkvävemängden i jorden ökat över vintern för alla mellangrödor utom för bovete, där kväve som fanns mineraliserat redan i december gått förlorat. Dock var det bara under oljerättika som det mesta fortfarande låg kvar i matjorden (visas inte i figuren). På sandjorden förlorades däremot nitratkväve under vintern under alla mellangrödor utom honungsört. Under bovete var förlusten till och med större än i kontrolleret utan mellangröda. Sandjordar förlorar lätt nitrat genom läckage, och att odla mellangröda kan vara en effektiv åtgärd för att minska det. Dock kan det alltså för mellangrödor som dör tidigt ibland vara risk att effekten på läckaget inte blir så stor trots ett stort kväveupptag under hösten.



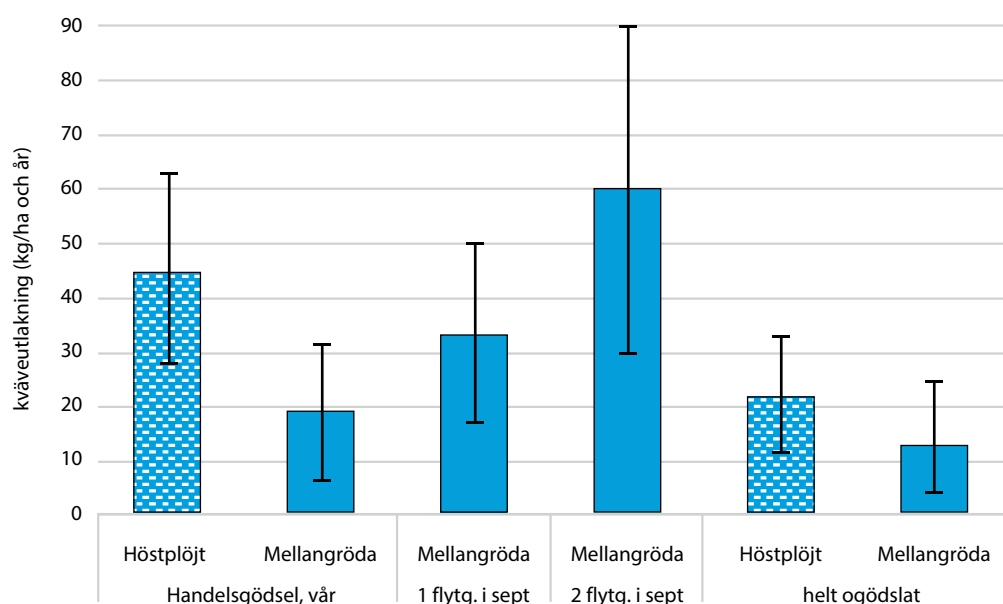
**Figur 6.** Förändring av mineralkväve (kg/ha) i marken under mellangröda respektive för plöjd mark mellan 1 december 2020 och tidig vår 2021 för en moränlättlera och en sandjord. Dominerar stapeln till vänster om 0 (negativa värden) så minskade mineralkvävet i marken under perioden. Dominerar stapeln till höger om 0 (positiva värden) så ökade mineralkvävet i marken. Förutom i ett led med honungsört (HonungPlöjt) som plöjdes i december fick mellangrödorna vissna ned under vintern. På moränlättleran bevarade och ökade mängden mineralkväve för de flesta mellangrödorna i marken på våren inför nästa gröda i hela markprofilen 0-90 cm. På sandjorden förlorades istället mineraliserat kväve i marken, inte bara i plöjd jord utan i de flesta av mellangrödorna. Källa: Hansson m.fl. (2021).

## Mellangröda minskar läckaget av kväve men inte av fosfor

Mellangrödor är viktiga för att begränsa kväveläckaget och det har visats i många studier världen över. En sammanställning av resultat från fältförsök i Sverige, Finland, Norge och Danmark visade att mellangrödor minskat kväveläckaget med i genomsnitt 43 procent. Störst effekt har mellangrödor på jordar med stor risk för kväveläckage, som lätta jordar under nederbördsrika förhållanden. För lerjordar, där kväveläckaget ofta är mindre, är effekten lägre i absoluta tal. Mellangrödor med gräs och korsblomstriga arter har generellt gett bäst effekt på läckaget medan baljväxter inte tömmer markprofilen på kväve lika effektivt, och därmed ger betydligt sämre effekt på läckaget. Blandningar med en begränsad andel kvävefixerande arter, som vallblandningar, kan däremot ge en bra effekt på kväveläckaget och dessutom bidra med kväveförsörjningen till den efterföljande grödan. Erfarenheterna från utlakningsförsöken i Sverige är störst för insådda gräsfånggrödor och eftersådd råg. Under senare år har även oljerättika, luddvicker, honungsört med flera arter ingått i utlakningsförsök. I dessa försök har oljerättika och honungsört haft bättre effekt på att begränsa läckaget än luddvicker. I odlingssystem där mellangrödor odlas frekvent ökar mullhalten, vilket ökar markens kvävelevererande förmåga på sikt. För jordar med stor kvävelevererande förmåga ökar därför också behovet av att hålla marken beväxten under hösten för att inte markens ökade bördighet ska öka risken för förluster till luft och vatten.

Det finns färre studier av mellangrödors påverkan på fosforerosion och fosforläckage än av kväveläckage men de som finns är relativt samstämmiga. En mellangröda kan skydda jorden mot erosion på sluttande fält, ungefär på samma sätt som en obearbetad stubbåker gör, men samtidigt kan sönderfrysning av mellangröda frigöra löst fosfor till yt- och dräneringsvatten. Det är ofta ingen stor påverkan, men mellangrödor ses inte som en generell åtgärd för att minska läckaget av fosfor.

För att få effekt på utlakning av kväve är inte det viktigaste att mellangrödan ger en stor biomassa, utan att den håller mängden mineralkväve i marken på en låg nivå. Gödsling av mellangrödan kan riskera denna funktion om den inte växer enligt förväntan. De insådda mellangrödorna av engelskt rajgräs vid det långliggande försöket på mojord i Halland har visat sig vara robusta i sin funktion. I försöket jämförs mellangröda som brukas ned på våren med mark utan mellangröda som plöjs på hösten. Under 1989-2005 fanns försöksled med flytgödsel på hösten med i försöket. Det insådda engelska rajgräset visade sig då ha en tillväxtkapacitet som klarade att svara mot en måttliga giva flytgödsel i september, figur 7.



**Figur 7.** I SLU:s långliggande försök ingick under åren 1989-2005 försöksled med tillförsel av svinflytgödsel på mellangröda av engelskt rajgräs (vårinsått) i september (1 flytg.=ca 100 kg total-N). Förutom i de helt ogödslade leden gödslades huvudgrödan (vårsäd) med handelsgödsel på våren. I jämförelse med höstplöjd mark var utlakningen lägre även då mellangrödan fått en giva flytgödsel på hösten, men inte vid två givor.. Felstaplarna visar standardavvikelse för variationen mellan åren.

## Lustgasen i växthusgasbalansen

För att den totala klimatpåverkan av en åtgärd i jordbruket ska kunna bedömas måste man räkna på alla relevanta växthusgaser, inte bara koldioxiden som ska tas upp från atmosfären genom kolinlagring i marken. De tre växthusgaser som

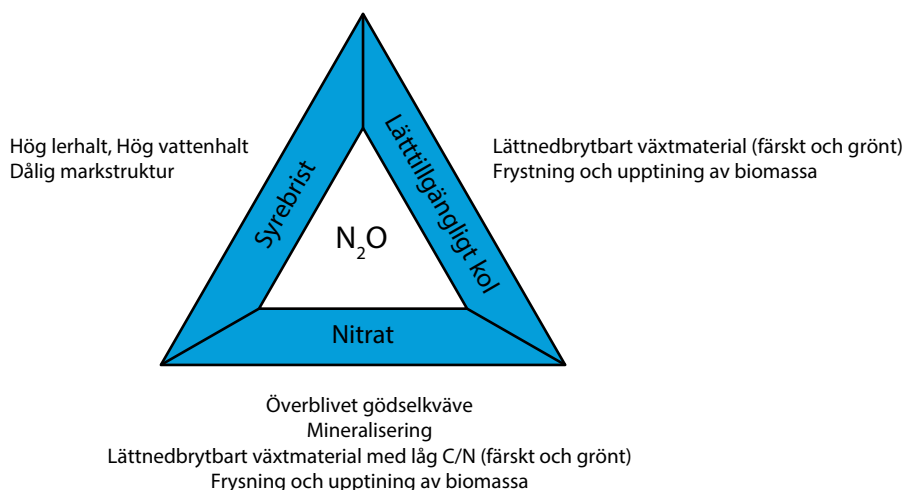
i någon större omfattning avges och tas upp av mark är koldioxid (CO<sub>2</sub>), lustgas (N<sub>2</sub>O) och metan (CH<sub>4</sub>). Metan produceras under vattenmättade förhållanden som vid risodling och har liten betydelse i vanlig svensk jordbruksmark, medan lustgas och koldioxid båda är viktiga delar i markens växthusgasbalans.

Lustgasen är en stark växthusgas och utsläppen från jordbruksmark kan vara stora. Som vi tidigare nämnt kan en mellangröda binda in i storleksordningen 300 kg kol per hektar och år, men om den samtidigt orsakar en ökning av lustgasemissionerna på cirka 4 kg per hektar och år (cirka 2,6 kg lustgaskväve per hektar och år) eller mer blir nettoklimateffekten noll eller negativ. Ökade lustgasemissioner av den storleksordningen har uppmätts vid odling av mellangrödor och det finns alltså en reell risk att åtgärder som syftar till att lagra in kol i jordbruksmarken totalt sett ökar klimatpåverkan. Markens inbindning av kol planar dessutom ut över tid efter att man infört en kolinlagrande åtgärd, som att odla mellangrödor, i och med att marken så småningom uppnår en ny jämvikt mellan inkommande och utgående kol (figur 4). Lustgasemissionerna, å andra sidan, minskar inte över tid så länge skötsel och odlingsförhållanden förblir desamma, vilket gör att lustgasemissionerna kan komma att dominera på lång sikt.

### **Förutsättningar för lustgasemissioner**

Det mesta tyder på att det är denitrifikation som är den dominerande processen för lustgasproduktion i svensk jordbruksmark. Denitrifikation är en process där mikroorganismer använder nitrat istället för syre i sin ämnesomsättning, för att få ut energi ur organiskt material. Nitratet omvandlas i flera steg och i det sista steget bildas kvävgas (vanligt luftkväve), men i det näst sista steget bildas lustgas, som kan avges innan den hunnit omvandlas vidare. De mikroorganismer som har förmågan att denitrifiera använder syre för sin förbränning om de kan, men vid syrebrist går de över till nitrat, om det finns tillgängligt, och det är då lustgas kan produceras.

De tre avgörande förutsättningarna för lustgasavgång från denitrifikation är: (1) tillgång på lättillgängligt kol, (2) tillgång på nitrat och (3) syrebrist (figur 8). När alla förutsättningar är uppfyllda finns det risk för stora lustgasemissioner, men tar vi bort eller minskar på någon av dem har vi goda chanser att minska de totala lustgasemissionerna.



**Figur 8.** Denitrifikation kan förväntas stå för största delen av lustgasemissionerna från jordbruksmark i nordiskt klimat. Triangeln visar de tre grundläggande förutsättningarna för denitrifikation - syrebrist, tillgång till nitrat och tillgång till lättillgängligt kol - och faktorer som gör att dessa förutsättningar kan uppkomma. När alla tre förutsättningarna är uppfyllda är risken stor för lustgasemissioner.

## Mellangrödan och emissioner av lustgas

Användningen av mellangrödor har visat sig kunna antingen öka eller minska lustgasemissioner. Om vi vet hur valet av mellangrödor och mellangrödornas skötsel påverkar emissionerna bör vi kunna styra mot lägre lustgasemissioner och till och med minska emissionerna jämfört med om vi låter marken vara obevuxen. Kunskapen om mellangrödors effekter på lustgasemissioner är än så länge liten, och osäkerheterna är därför stora, men det går att urskilja vissa mönster.

En situation som har visat sig kunna ge höga lustgasemissioner är när en avdödad eller sönderfusen mellangröda börjar brytas ned, i eller på blöt mark. Mellangrödor i växtfamiljen Brassicaceae (korsblomstriga växter), som rättika och senap, har gett extra höga lustgasemissioner vid sådana tillfällen, men det är fortfarande oklart varför. En möjlig åtgärd kan vara att föra bort mellangrödans biomassa sent på hösten, använda den till biogasframställning eller foder och återföra kvävet i form av rötrest eller stallgödsel på våren. På det viset skulle ansamlingen av både nitrat och lättnedbrytbart kol i marken kunna minskas.

Vid snösmältning eller när marken tinar efter att ha varit fusen under en längre tid får vi ofta höga lustgasemissioner. Detta kan bero på blöta förhållanden i kombination med kväve och kol från exempelvis växtmaterial eller döda mikroorganismer och eventuellt kväve som mineraliserats innan marken frös. Det kan också vara lustgas som samlats i och under tjälen som frigörs när det töar. En mellangröda som övervintrar ger lägre tillförsel av dött växtmaterial och kan ta upp och hålla kvar mineraliserat kväve även under den här kritiska

perioden, vilket minskar risken för höga lustgasemissioner. I samband med vårbruket har man dock i vissa studier sett högre lustgasemissioner efter en mellangröda. Det kan ha att göra med att det finns växtmaterial från mellangrödan kvar, som de denitrifierande bakterierna tar sig an när nitrathalten ökar efter gödsling. Under hösten, när en mellangröda tar upp både mineralkväve och vatten, bidrar den generellt sett till lägre lustgasemissioner.

Sammanfattningsvis förstår vi under vilka förhållanden lustgas bildas i marken. Det behövs mer forskning för att ge säkra rekommendationer för vilka mellangrödor som bör väljas och hur de ska skötas, på olika jordar och i olika delar av landet. Preliminärt kan man dra slutsatsen att övervintrande mellangrödor verkar ge lägre risk för lustgasemissioner och har större potential för att minska avgången. Samtidigt finns det risker med att använda korsblomstriga växter som mellangrödor när det gäller lustgasemissioner, risksituationer som vi måste lära oss att hantera.

## Mellangrödors tillväxt

I det klimat som råder i Skandinavien är temperaturen under hösten en starkt begränsande faktor för mellangrödans tillväxtperiod. Insådda mellangrödor av vallgräs och klöver har varit ett framgångsrikt koncept för att få en pålitlig tillväxt av mellangröda fram till senhösten. Om mellangrödan är etablerad redan vid skörd av huvudgrödan och är frosttålig kan hela vegetationsperioden utnyttjas för tillväxt, beroende på när man väljer att avdöda grödan kemiskt eller mekaniskt. Utmaningarna med mellangrödorna som etableras efter skörd är att få igång tillväxten så tidigt som möjligt under sommar/höst samt att de är så pass frosttåliga att de kan växa fram till senhösten (oktober till december) under de flesta år. För de eftersådda mellangrödorna är hösttemperaturen mer avgörande för tillväxten och variationen mellan regioner är större än för de insådda gräsen.

I tabell 1 visas en sammanställning av ovanjordisk biomassa på hösten samt kväve- och kolhalt av fältmätningar i Sverige och i andra nordiska länder. Det är biomassans torrsvikt som är det intressanta i sammanhanget, och för olika arter kan samma mängd färskmassa skilja sig åt i torrsvikt. För 3 ton färskmassa utgör torrsvikten exempelvis 300 kg för en oljerättika med 10 procent torrsbstanshalt (ts) och 600 kg för gräs med 20 procent ts.

Generellt finns en stor variation i materialet, som säkerligen inte bara har med mellangrödornas tillväxtkapacitet att göra. Låg markfuktighet vid sådd kan till exempel försena groningen även om sådden sker tidigt, och i fall när det är få observationer kan enskilda förhållanden få stort genomslag. Det har inte gjorts så många mätningar av mellangrödors kolhalter, men eftersom kolhalten ligger stabilt kring 41-43 procent för de flesta växter så kommer kvävehalten att få stort genomslag på kvoten mellan kol och kväve. Av de mätningar som gjorts i mellangrödorna låg gräsmellangrödor och vallinsådd på kvävehalter kring 2



procent (C/N=20-22), med undantag av italienskt rajgräs som hade högre halt. Mellangrödor av klöver och hummelusern låg i intervallet 2,8 till 3,8 procent. Högst halter av kväve (4,6 procent) uppmättes i luddvicker och höststråsäd, vilket resulterade i C/N-kvot under 10. Oljerättika hade kvävehalter på i medeltal 2,8 procent (C/N=19), men variationen var stor.

**Tabell 1.** Fältstudier med mätningar av biomassa (kg ts/ha), kväve- och kolhalter och C/N under ca 30 år (Aronsson m.fl., 2023). Inom parentes anges standardavvikelse och antal observationer. Tomma celler betyder att inga mätningar gjorts

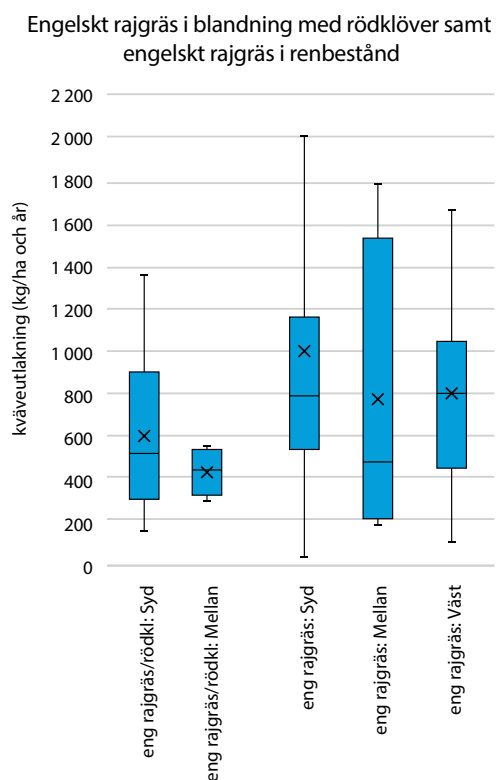
Mellangröda	N, %	C, %	C/N	Biomassa	Kommentar
Engelskt rajgräs	2.1 (0.63; 62)	43 (1.7; 62)	22 (6.4; 62)	871 (559; 121)	Insådd på våren. Skåne, Halland, V. Götaland, Uppland
Engelskt rajgräs + rödklöver	2.1/3.8			582 (437; 42)	Insådd på våren (10 sådda i juli)
Eng. rajgräs	2.1 (0.48; 42)				Skåne, Halland, Uppland (2 med vitklöver)
Rödklöver	3.8 (0.34; 42)				
Rödsvingel + rödklöver				560 (363; 12)	Insådd på våren (2 insådd i höstvetete på hösten, 2 i renbestånd rödsvingel)
Rödsvingel	2.2 (0.31; 10)				Skåne, Halland
Rödklöver	3.8 (0.33; 6)				
Westerw. rajgr.	2.1 (0.44; 10)			760 (373; 10)	Insådd på våren
Italienskt rajgr.	3.4 (0; 2)			1750 (955; 8)	Insådd på våren
Hundäxing				830 (360; 5)	Insådd på våren eller på hösten i höstvetete, Skåne
Vallinsådd	2.1 (0.51; 30)	42 (2.6; 21)	20 (4.4; 21)	1640 (919; 30)	Gräs/klöver; Halland, V Götaland
Luddvicker	4.6 (0.21; 4)			1680 (1120; 21)	Insådd på våren; Skåne, Norge
Rödklöver	2.9 (0.6; 15)			885 (786; 29)	Insådd på våren; Skåne, Uppland, Danmark, Finland
Vitklöver	3.5 (0.16; 11)			1310 (804; 13)	Insådd på våren; Skåne, Danmark, Finland
Hummelusern					
insådd	3.2 (0.27; 3)			1830 (1250; 3)	Finland, Danmark
sådd i augusti				205 (232; 5)	Norge
Grävklöver (subklöver)				128 (107; 7)	Sådd i augusti, Norge
Blodklöver (Crimsonklöver)				217 (231; 4)	Sådd i augusti, Norge
Vitsenap	3.2 (0.51; 29)	42 (0; 11)	11 (0; 2)	1972 (1342; 53)	Sådd i juli-augusti; Skåne, Halland
Oljerättika	2.9 (1.0; 45)	41 (3.3; 30)	18 (10; 30)	1846 (1485; 167)	Sådd i juni-augusti; Skåne, Halland, Uppland, V. Götaland (8 rättika)
Bovete				2620 (1410; 27)	Sådd juni-aug; Skåne
Hampa				3320 (1740; 31)	
Honungsört	3.5 (0.7; 2)			2780 (1710; 31)	Sådd i juni-aug; Skåne, Halland, V. Götaland, Uppland, Danmark
Cikoria				440 (580; 9)	Insådd på våren; Skåne, V. Götaland, Uppland

Mellangröda	N, %	C, %	C/N	Biomassa	Kommentar
Havre (korn)	2.1 (0.36; 3)			818 (545; 16)	Sådd i augusti. Havre, purrhavre, vårkorn (2); Skåne, Halland, Danmark
Höstråg/rågvede	4.6 (0.69; 26)	43 (2.6; 7)	9 (1.5; 7)	448 (769; 26)	Sådd i augusti-september; Skåne, Halland, V. Götaland
Höstraps	4.0 (0.71; 38)	42 (1.2; 5)	12 (2.4; 5)	1030 (765; 38)	Sådd i augusti; Skåne, V. Götaland
Höstvede	4.6 (0.41; 34)	42 (4.2; 4)	9.0 (0.70; 4)	198 (173; 34)	Sådd i september; Skåne, V. Götaland

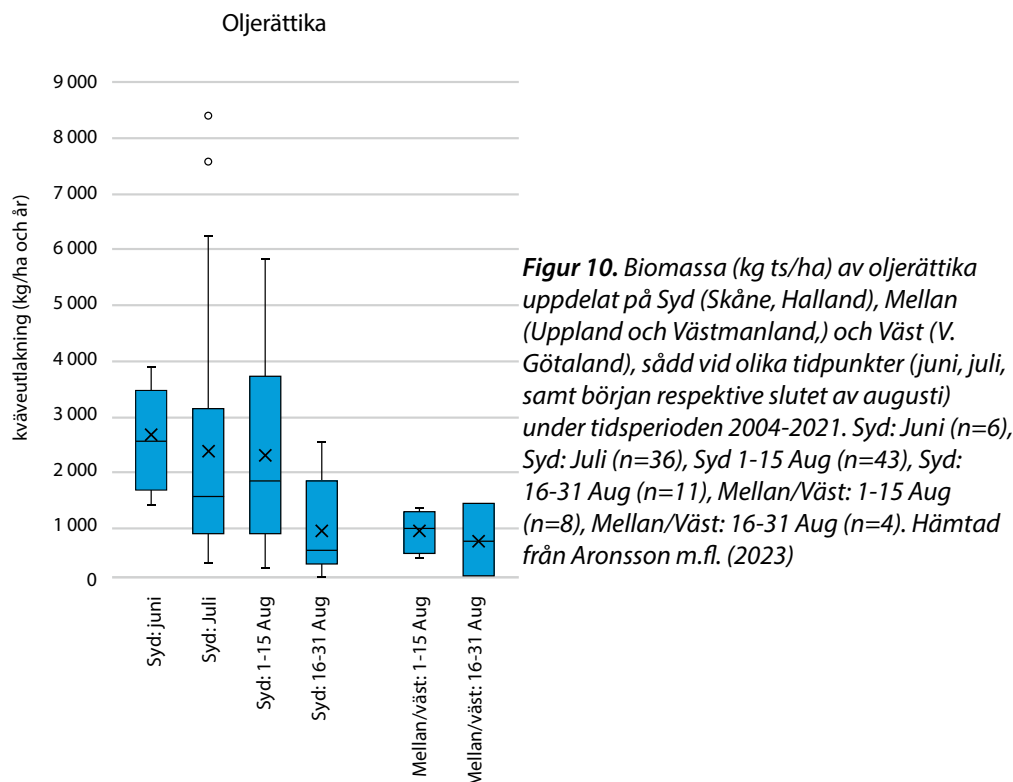
## Inverkan av region, såtid och gödsling

I figurerna 9-11 presenteras resultat av försök med biomassamätningar av mellangrödor med uppdelningar på region, såtidpunkt och i vissa fall gödslingsnivåer. Figurerna är i form av box-plot-diagram, som sammanfattar materialet med fem värden. Själva boxen representerar intervallet där 50 % av värdena ingår och som begränsas nedåt av gränsen för de första (lägsta) 25 % av värdena (nedre kvartilen) och uppåt av gränsen för de sista 75 % av värdena (övre kvartilen). Medianvärdet anges i boxen som en linje och medelvärdet som ett kryss. Max- och minimum-värden anges som staplar uppåt och nedåt från boxen. Eventuella extremvärden anges separat.

För försök med engelskt rajgräs (figur 9) finns ett relativt stort antal observationer som visat att tillväxten varit större i södra Sverige än i Väst- och Mellansverige, i medeltal knappt 1000 kg ts/ha jämfört med knappt 800 kg/ha.

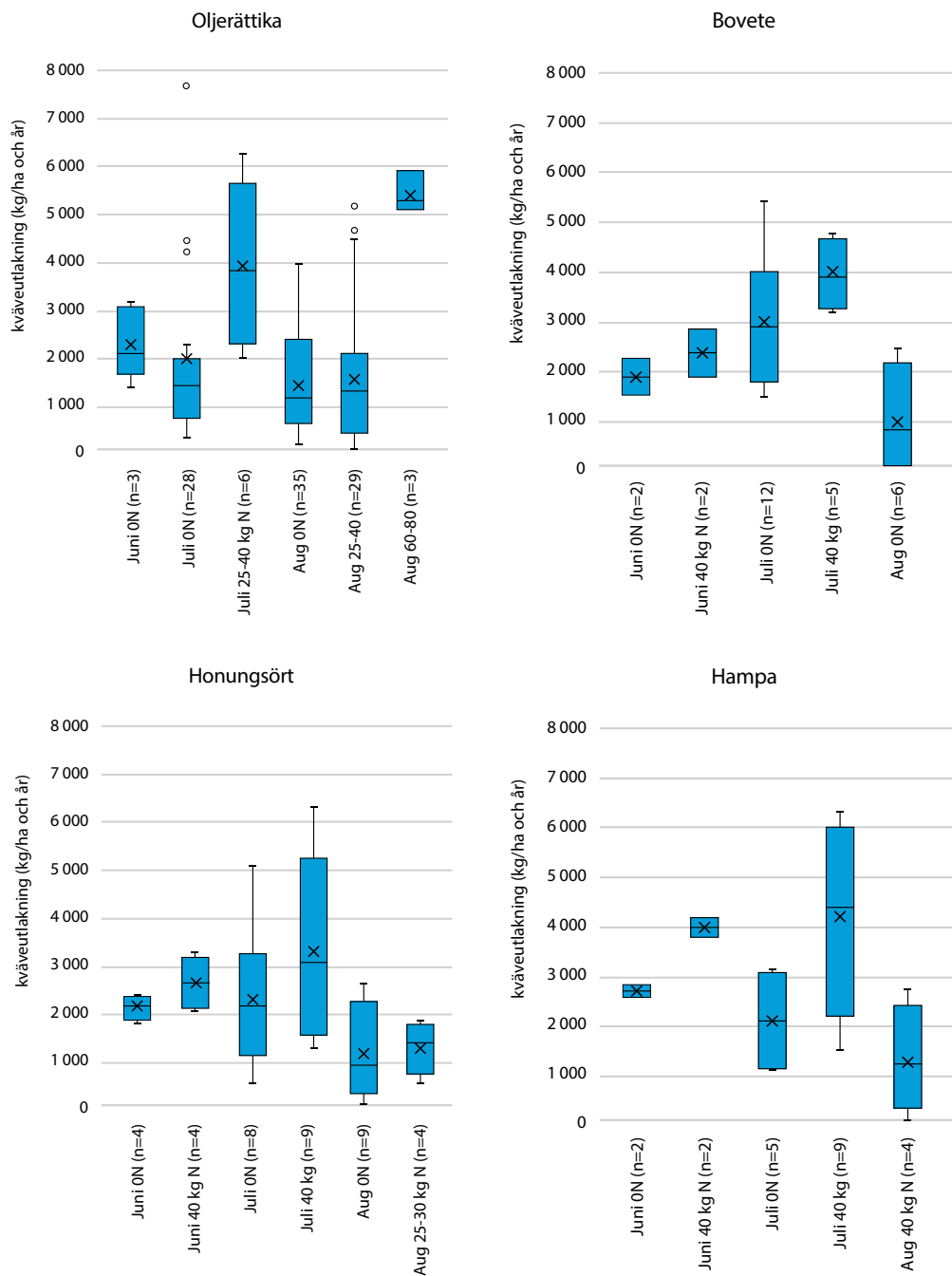


**Figur 9.** Biomassa (kg ts/ha) av insått engelskt rajgräs och klöver (Syd: n=38; Mellan: n=4) samt av engelskt rajgräs i renbestånd (Syd: n=66; Mellan: n=7; Väst: n=49) uppdelat på Syd (Skåne, Halland), Mellan (Uppland och Västmanland) och Väst (Västra Götaland), under tidsperioden 1990-2021. Hämtad från Aronsson m.fl.(2023)



För oljerättika finns resultat som gör det möjligt att få en indikation på såtidpunktens betydelse i södra Sverige (figur 10). Oljerättika som såddes senast i mitten av augusti hade en ovanjordisk biomassa på drygt två ton i sydligaste Sverige och knappt ett ton i försök i Västra Götaland och Mellansverige. Sådd i slutet av augusti gav minskad mängd biomassa, särskilt i de sydliga försöken. Utöver tidpunkt för sådd handlar det också om att det finns markfukt nog för groningen, vilket är en av de vanligaste svårigheterna med att så mellangrödan efter skörd av huvudgrödan.

Tillgång till växtnäring, särskilt kväve, är en faktor som kan begränsa mellangrödans tillväxt. Om det primära syftet med mellangrödan är att minska kväveläckaget så är liten kvävetillgång i marken inget problem, mellangrödan kan uppfylla önskad funktion även om tillväxten inte är stor. Om syftet är att producera stor mängd biomassa för skörd eller kolinlagring i marken kan gödsling med kväve eller att använda baljväxter vara intressant. För mellangröda som odlas med miljöersättning finns begränsningar i baljväxtandel och ingen kvävegödsling är godkänd ([Jordbruksverket.se/mellangrodor](http://Jordbruksverket.se/mellangrodor)). Figur 11 visar resultat från försök med eftersådda mellangrödor som fått olika givor av kväve vid sådd. Vid sådd i augusti, som är absolut vanligast, gav gödsling dåligt utslag på tillväxten för oljerättika och honungssört, utom i ett försök med stora kvävegivor i oljerättika. För hampa fanns inga ogödslade försök med sådd i augusti, men biomassatillväxten var liten vid denna såtidpunkt trots en kvävegiva. Vid sådd i juli var responsen i tillväxt efter kvävegödsling genomgående positiv. Sådd i juli av mellangrödor fungerar emellertid bara för tidigt skördade grödor, som färskpotatis och grönsaker, och är därmed mindre vanligt.



**Figur 11.** Biomassa hos fyra olika mellangrödor sådda under juni, juli och augusti med olika givror av kväve vid sådd (2004-2021). De flesta försöken genomfördes i Skåne men det ingår även observationer från Halland, Danmark, Västra Götaland och Uppland, hämtad från Aronsson m.fl. (2023)

## Arter och artblandningar

### Arter och artblandningar för funktion och odlings säkerhet

Det finns olika tankesätt och strategier kring val av arter för mellangrödor. Att odla en art i renbestånd kan göra det lättare att så och etablera grödan genom att alla frön är jämnstora. Det kan också göra det lättare att undvika att få in mellangrödor som har samma växtföljdssjukdomar som huvudgrödorna. Med en blandning av arter med olika nischer finns å andra sidan potential att kombinera olika arters egenskaper för bättre funktion och odlings säkerhet hos mellangrödan totalt sett. Nedan listas några strategier för kombination av arter i en blandning

- Arter med olika rotsystem och rotdjup kan tillsammans utnyttja vatten och växnäring effektivare och fördela kolinlagringen bättre i marken.
- En artblandning minskar risken att odlingen misslyckas om en art inte tar sig.
- Arter som är frostkänsliga kan kombineras med köldtåliga arter för att få en levande växtlighet över vintern.
- Olika typer av bladverk kan tillsammans täcka marken bättre och därmed hålla undan ogräs effektivare.
- Baljväxter i en artblandning kan öka biomassaproduktionen och kväveinlagringen i marken för bättre förfruktseffekt.
- Icke-baljväxter i blandningen tar upp kväve effektivt ur marken och minskar risken för läckage.
- Inslag av mellangrödor som hinner blomma under sommaren kan gynna pollinatörer.

Det finns ett flertal guider för val av arter och förslag till färdiga utsädesblandningar för växtföljder med olika typer av huvudgrödor, både från försäljare av utsäde och från olika projekt. I tabell 2 listas arter som har ingått i nordiska studier och som finns på marknaden.

**Tabell 2.** Arter av mellangrödor som finns i utbud på marknaden

Svenskt namn	Latinskt namn	Ettårig/ flerårig
Örter		
Oljerättika	<i>Raphanus sativus</i>	Ettårig
Raps	<i>Brassica napus</i>	Ettårig
Vitsenap	<i>Sinapis alba</i>	Ettårig
Fodermärgkål	<i>Brassica oleracea</i>	Ettårig
Honungsört	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	Ettårig
Bovete	<i>Fagopyrum esculentum</i>	Ettårig
Cikoria	<i>Cichorium intybus</i>	Flerårig
Lin	<i>Linum usitatissimum</i>	Ettårig
Solros	<i>Helianthus annuus</i>	Ettårig

Svenskt namn	Latinskt namn	Ettårig/flerårig
Hampa	<i>Cannabis sativa</i>	Ettårig
Kummin	<i>Carum carvi</i>	Flerårig
Svartkämpar	<i>Plantago lanceolata</i>	Flerårig
<b>Stråsäd</b>		
Råg	<i>Secale Cereale</i>	Ettårig
Havre	<i>Avena sativa</i>	Ettårig
Purrhavre	<i>Avena strigosa</i>	Ettårig
<b>Gräs</b>		
Engelskt rajgräs	<i>Lolium perenne</i>	Flerårig
Italienskt rajgräs	<i>Lolium multiflorum</i>	Ett/flerårig
Westerwoldiskt rajgräs	<i>Lolium multifl. var westerwoldicum</i>	Ettårig
Sudangräs	<i>Sorghum sudanense</i>	Ettårig
Rödsvingel	<i>Festuca rubra</i>	Flerårig
Timotej	<i>Phleum pratense</i>	Flerårig
Hundäxing	<i>Dactylus glomerata</i>	Flerårig
<b>Baljväxter</b>		
Rödklöver	<i>Trifolium</i>	Flerårig
Vitklöver	<i>Trifolium repens</i>	Flerårig
Alsikeklöver	<i>Trifolium hybridum</i>	Flerårig
Blålusern	<i>Medicago sativa</i>	Flerårig
Ärt	<i>Pisum sativum</i>	Ettårig
Humlelusern	<i>Medicago lupulina</i>	Ettårig
Blodklöver (Crimsonklöver)	<i>Trifolium incarnatum</i>	Ettårig
Grävklöver (Subklöver)	<i>Trifolium subterraneum</i>	Ettårig
Doftklöver (Persisk klöver)	<i>Trifolium respunatum</i>	Ettårig
Alexandrinerklöver	<i>Trifolium alexandrinum</i>	Ettårig
Serradella	<i>Ornithopus sativus</i>	Ettårig
Luddvicker	<i>Vicia villosa</i>	Ettårig
Fodervicker	<i>Vicia sativa</i>	Ettårig
Käringtand	<i>Lotus corniculatus</i>	Flerårig
Blålupin	<i>Lupinus angustifolius</i>	Ettårig
Gul sötväppling	<i>Melilotus officinalis</i>	Ett/tvåårig

## Har arten betydelse för kolinlagringen?

Kommer valet av art eller artblandning att påverka kolinlagringen? Det finns ingen generell guide till hur olika arter påverkar kolinlagring i sig, men några viktiga egenskaper listas nedan, där produktion av biomassa egentligen är den enda som går att kvantifiera effekten av utifrån dagens kunskapsläge:

1. Stor produktion av biomassa, med en stor andel rötter.
2. Biomassa med hög C/N-kvot.
3. Rötter som går på djupet.

#### 4. Baljväxter eller baljväxter i artblandningen.

Hög C/N-kvot och hög halt av lignin och andra svårnedbrytbara kolföreningar används indirekt som en parameter i kolmodeller. Samtidigt finns forskning som visar på att den långsiktiga kolinlagringen inte har så självklart samband med C/N-kvot som man ofta antagit. En mellangrödor C/N-kvot är inte enbart artberoende utan i hög grad beroende på i vilket utvecklingsstadium den befinner sig. Genom putsning eller skörd under hösten kan man exempelvis undvika övergång till blomning och mognad, och det innebär samtidigt att växtmaterialet i återväxten får högre kvävehalt och lägre C/N-kvot.

Rötters biomassa och utbredning i marken har stor betydelse för kolinlagringen. När rötterna går på djupet omfördelas biomassan till områden i marken där nedbrytningen går långsammare. Rötternas nära kontakt med markens partikel- och aggregatytor främjar också verkan av jordens skyddande mekanismer. Olika arter har olika strategier för rottillväxt, där snabb tillväxt är en egenskap som särskilt lämpar sig för eftersådda mellangrödor. Arter med pålrot, till exempel korsblomstriga växter, honungsört, klöver och cikoria, växer snabbt på djupet, medan gräsarter har ett rotsystem med fina rötter främst i matjorden.

Att baljväxter ger särskilt positiva effekter på kolinlagring har troligen flera orsaker. Artblandningar med baljväxter kan exempelvis vara effektiva för att få en stor biomassa, men det finns också studier som framhåller att baljväxter ger en mikrobiell diversitet i marken som gynnar kolstabilisering. Kolinlagring gynnas generellt av en god kvävetillgång i systemet, vilket baljväxter ofta bidrar till.

#### Friskare grödor med artrik mellangröda?

En mellangröda kan tänkas påverka odlingssystemet både indirekt och direkt när det gäller grödornas motståndskraft mot sjukdomar och skadegörare. Det finns studier som visar att blandning av arter från olika funktionella grupper, som baljväxter, gräs och korsblomstriga arter, kan främja den mikrobiella diversiteten. Genom att gynna mikrobiell diversitet och nyttodjur i marken kan systemet bli motståndskraftigare mot skadegörare. Därför finns odlingskoncept som bygger på att ha en blandning av många arter i mellangrödan och lantbrukare förväntar, och upplever, mindre behov av kemisk bekämpning av insekter och växtsjukdomar. Sambanden är komplexa och det är svårt att vetenskapligt bekräfta att blandningar av många arter i sig har ett särskilt värde.

Att använda artrikedom som ett mål med mellangrödor, för att öka markens funktionalitet, har också en potentiell baksida. Om mellangrödan innehåller samma arter som ingår i växtföljden i övrigt finns risk att artspecifika jordburna svamp- och bakteriesjukdomar, som annars hanteras genom uppehåll mellan värdgrödorna, kan få fäste. I odlingssystem med mellangrödor minskar tiden då marken ligger bar mellan grödorna, i system med reducerad jordbearbetning kanske ingen tid alls. Mellangrödorna kan bli gröna bryggor mellan huvudgrödorna. För att undvika rotrötter och klumprotsjuka på oljeväxter bör exempelvis

rödklöver, bönor, ärter och raps inte återkomma alltför ofta i växtföljden. Klumprotsjukan kan uppföras genom odling av senap och oljerättika, vilket innebär en risk vid odling i växtföljder med raps, där man annars bör ha fyra år mellan rapsgrödorna. Bland de s.k. Brassica-fånggrödorna är det främst vitsenap och sareptasenap som visat stor benägenhet att infekteras och uppföras sjukdomen.

Mellangrödor kan också ha en direkt sanerande verkan på skadegörare. Positiv effekt av sanerande mellangrödor/gröngödslingsgrödor för att hämma angrepp av jordburna svampsjukdomar har visats för ett flertal sjukdomar i olika grödor till exempel rotdödare (vete), ärtrottröta (ärt) och vissnesjuka (potatis). Det är framförallt Brassica-växter, som vitsenap och sareptasenap, som visat goda sanerande effekter på jordbundna svampsjukdomar men också på nematoder och nematodburna virus. Däremot har studier visat att det krävs stor utsädesmängd och lång tillväxttid för att få en så stor biomassa att det får effekt på patogenerna.

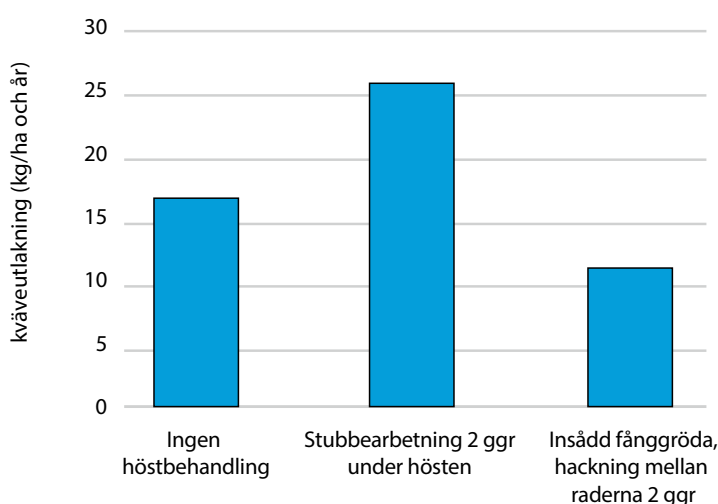
### **Mellangrödor för ogräskontroll**

Mellangrödans konkurrens med ogräs, främst örtogräs, är en av anledningarna till att lantbrukare väljer att så in en mellangröda i eller efter huvudgrödan. Särskilt i odlingssystem med reducerad jordbearbetning kan mellangrödan vara ett redskap för ogräskontroll. En mellangröda som bildar ett jämnt och tätt bestånd trycker ned ogräsen genom ökad konkurrens om vatten, ljus och näring, både genom att hindra groning och hämma tillväxt. Biomassa av mellangröda som får ligga kvar på markytan kan också hämma ogräsen rent fysiskt.

Mellangrödor som sås i augusti efter stärkelsevete eller trädgårdsgöröda har studerats i flera försök i Skåne med avseende på bland ogräseffekt, och man har funnit tydliga samband mellan mellangrödans marktäckningsgrad och minskad förekomst av ogräs, upp till 90 procent reduktion av ogräsförekomst. De mellangrödor som studerades i renbestånd eller blandningar var bland annat oljerättika, honungssört, bovete och alexandrinerklöver.

I svenska studier har insådda gräsfånggrödor visat tydliga effekter genom minskad förekomst av fröogräs och kvickrot. Strategier för att kombinera mellangröda med putsning eller mekanisk jordbearbetning har studerats som medel för att hantera fleråriga ogräs. Slutsatsen från en studie var att odlingssystem med mellangrödor som kombinerades med putsning eller radhackning gav ganska svag effekt på kvickroten. Metoden att kombinera mellangröda i samma rad som huvudgrödan med ogräshackning mellan raderna är emellertid intressant genom att det gör det möjligt att utföra ogräshackning under hösten utan att kväveläckaget ökar (figur 12).





**Figur 12.** Ett utlakningsförsök i Halland visade att mekanisk behandling av kvickrot genom två stubbearbetningar ökade kväveläckaget jämfört med när ingen höstbehandling gjordes. Med en mellangröda fungerade det att ogräshacka mellan raderna med gåsfotskär och samtidigt minska kväveläckaget. Efter Aronsson m.fl. (2015)

## Mellangröda för skörd

Mellangrödans bidrag till kolinlagring är störst när hela biomassan tillförs jorden, men ett syfte med att odla mellangrödan kan också vara att kunna använda den som en foderreserv som kan skördas vid behov, för energiändamål med mera. Kolbalanser och systemanalyser utförs för att åskådliggöra vad det betyder för klimatpåverkan i sin helhet med olika system för att hantera mellangrödors biomassa. Bortförel av biomassan kan minska risken för emissioner av lustgas och läckage. Att exempelvis använda mellangrödan för biogasproduktion kan ersätta fossil energi, samtidigt som biogödseln som återstår efter rötning av växtbiomassan har en hög andel stabilt kol som återförs till marken. En mellangröda som odlas med miljöersättning får emellertid inte skördas före tillåtet brytningsdatum, vilket kan göra det svårt att tillämpa skörd av mellangrödan i praktiken.

## Odlares erfarenheter

Det finns olika strategier och odlingskoncept för mellangrödor. Vanligast är att mellangrödan växer enbart under hösten, men den kan också övervintra och brytas före en efterföljande vårgroda. Mellangrödan kan även nyttjas en bit in på nästa odlings säsong som en så kallad ”companion crop” i den efterföljande vårgrodan, eller rentav få utvecklas till en flerårig eller permanent bottengroda.

Mellangrödan sås antingen in i huvudgrödan eller efter huvudgrödans skörd. Insådda mellangrödor av gräs och haljväxter i stråsäd följer ofta samma koncept som vallinsådd. Insådd av mellangröda i höstsäd görs ibland på hösten och ibland på våren, då i växande gröda. För höstinsådd krävs att mellangrödan

inte är alltför konkurrenskraftig, exempelvis rödsvingel, medan vårsådd kräver arter med större konkurrenskraft, exempelvis engelskt rajgräs. Eftersådda mellangrödor sås i samband med, eller efter skörd av, huvudgrödan. Ibland sås mellangrödan genom bredsådd ett par veckor innan skörd.

Utmaningar med etablering, placering av mellangrödan i växtföljden, artval med mera var frågor som diskuterades av odlare, rådgivare och forskare vid en workshop under våren 2022. Målet var att täcka in olika delar av landet upp till Mälardalen. Texten i följande avsnitt baseras till stor del på de deltagande lantbrukarnas och rådgivarnas erfarenheter och synpunkter. De skäl som de medverkande uppgav som motivation för att odla mellangrödor var bland annat kortsiktiga ekonomiska skäl, viltfoder för att skydda omgivande fält, mellangrödor som biologisk jordbearbetning i conservation agriculture, multiresistent oljerättika mot nematoder, skydda markytan mot igenslamning samt mellangröda för ogräskonkurrens.

## Etablering är den stora utmaningen

En av de största utmaningarna som lantbrukarna brottas med är att få till groning och etablering av mellangrödan. Det gäller både för insådda och eftersådda mellangrödor, men särskilt för de eftersådda. Just problemet att kunna prioritera mellangrödan var något som kom upp i diskussionerna på workshopen. Efter skörd av huvudgrödan är det bråttom att få igång mellangrödan för att utnyttja maximal tid för tillväxt. Det sammanfaller dessutom med en arbetsintensiv tidsperiod. Det handlar inte bara om tidpunkten i sig utan om att det ska finnas fukt i marken så att fröna kan gro. Bevattning kan rädda situationen, men med undantag för grönsaksodling finns det sällan att tillgå. Jordarten kan påverka, särskilt styva lerjordar kan ge svåra förhållanden för sådd av mellangröda efter skörd, enligt workshopens deltagare. På frågan hur ofta man lyckas med etableringen av mellangröda blev svaret att det kan variera mellan 20-80 procent av fallen, med lägre siffror ju längre norrut man kommer.

Att mellangrödan bör sås senast i mitten av augusti var man överens om från Skåne till Mälardalen. Erfarenheter från Västergötland var att sådd av oljerättika i september inte fungerar alls. Lantbrukare poängterar hur viktigt det är att mellangrödan prioriteras på samma sätt som exempelvis sådd av höstraps efter vete för att lyckas med etableringen av mellangrödan. En lantbrukare med goda erfarenheter av att odla mellangrödor beskriver att han sår mellangrödan med en bearbetande såmaskin inom någon dag efter skörd och att han har lyckats med det under de senaste fem åren på en jord med 50 procent ler.

Ogräsharvning, eller vältning, efter insådd i huvudgröda på våren är också något som rekommenderas för att mylla fröna om de har bredspridits.

Sådd av mellangrödan direkt på marken innan skörden av huvudgrödan är en möjlighet för att få igång den tidigt och samtidigt minska arbetsanhopningen i

samband med skörd. Ibland är marken då också något fuktigare. Halmen efter huvudgrödan riskerar att hämma mellangrödan, men den kan också bevara fuktigheten och gynna groningen. Även om uppkomsten blir sämre och det blir glesare mellan plantorna kan de kompensera med större tillväxt enligt erfarenheter från lantbrukare och försök. En rekommendation är att öka utsädesmänden med 30-50 procent vid sådan sådd, att använda rampspridare hellre än centrifugalspridare, och att vara noga med att hacka och sprida halmen väl.

## Placering i växtföljden

I växtföljder med stor andel höstgrödor finns inte så många tillfällen att odla mellangröda. I områden med stor och ökande andel höstveteadling, som i Östergötland, kan därför användningen av mellangrödor bli begränsad, eftersom den givna platsen för mellangrödor är före vårsådda grödor. För eftersådda mellangrödor, som behöver sås i början-mitten av augusti, är en naturlig placering efter höstvetete. Att lägga in mellangrödan efter höstvetete och före sockerbetor eller potatis togs upp som exempel från Skåne, liksom att ha mellangröda efter tidig potatis. I Halland finns en lång tradition av insådda gräsmellangrödor och en vana att få in dem i växtföljden. På senare år har också odlingen av eftersådda mellangrödor ökat i Halland. I Mälardalen poängterade man att det är svårt att hinna odla eftersådda mellangrödor, och därför är insådd i många fall en förutsättning för att odla mellangröda enligt rådgivare. Från Västergötland fanns goda erfarenheter från representanter på workshopen av att så in mellangröda (engelskt rajgräs och klöver) i höstvetete på våren.

## Strategier för artval

Under workshopen framkom olika strategier vad gällde artval. Att så det man har fått över av havreutsäde eller liknande är en strategi som gör det billigt och enkelt att odla mellangröda. För de som använder sortblandningar finns det en mer uttalad strategi och tanke att prioritera olika funktioner som de vill uppnå med sin odling. En strategi för val av arter illustreras av följande citat från en film om mellangrödor ([jordbruksverket.se/mellangrodor](http://jordbruksverket.se/mellangrodor)) där lantbrukaren berättar vilka funktioner man är ute efter med sin utsädesblandning till mellangrödan:

”vi vill suga upp allt kväve i jorden, allt restkväve och så från föregående gröda. Vi vill också dra ner nytt kväve i jorden från luften med baljväxter. Och så vill vi ha en gröda som klarar sig hela säsongen med ett stort rotsystem, alltså en gräsväxt, en spannmålsväxt, till exempel råg”

Det viktigaste för valet av mellangröda är att den växer tillräckligt snabbt och tillräckligt länge utan att dödas av frost. Sådd av något som inte ger påtaglig biomassa är otillfredsställande enligt lantbrukarna. Gödsling av en mellangröda

för att få igång tillväxten ordentligt var en fråga som lyftes på workshopen, men det är inte möjligt om man vill söka miljöersättningen för fånggröda eller mellangröda. Oljerättika eller rajgräs i blandning med klöver är vanliga arter i alla områden. I Halland har odlingen av eftersådd honungsört, rödsvingel, westerwoldiskt rajgräs och olika klöverarter ökat, men frostkänsligheten upplevs som ett problem för några av dessa.

I diskussionen om arter återkommer ofta, liksom i denna workshop, farhågor för växtföljdssjukdomar och att utsäde för med sig ogräs.

## Övergång till nästa gröda

För mellangrödor som inte dör av frost används på många gårdar ofta avdödning med glyfosat på hösten eller på våren inför sådd av nästa gröda, följt av nedbrukning genom stubbearbetning och/eller plöjning. Vid avdödning med glyfosat på hösten kan det ibland vara svårt att förena det på ett funktionellt sätt med stödvillkoren eftersom det blir så sent att avdödningen fungerar dåligt, enligt lantbrukarna på workshopen. Likaså kan kemisk avdödning på våren vara svårt att hinna med innan vårbruket.

För lantbrukare som tillämpar direktsådd eller reducerad jordbearbetning är glyfosat generellt ett viktigt redskap för att bryta mellangrödan och/eller ogräsvegetationen på våren. Det finns också lantbrukare som använder olika redskap för att fräsa, sönderdela eller välta mellangrödans biomassa på våren inför direktsådd. Metoderna för direktsådd innebär olika grad av jordbearbetning, men har gemensamt att jordbearbetningen är minimal, det vill säga så ytlig som möjlig och/eller så liten del av markytan som möjligt. Vid exempelvis strimsådd (strip tillage) sker jordbearbetning enbart i själva raden där grödan ska sås. Det finns också de lantbrukare som låter mellangrödan leva kvar i nästa gröda och på så sätt håller marken ständigt bevuxen. Ofta används då en mellangröda av lågväxta baljväxter med exempelvis 25 cm radavstånd som blir en kompanjongröda nästa år. Ibland görs en glyfosatbehandling i låg dos på våren för att hålla nere kompanjongrödan något.

## Mellangrödor i framtidens odlingsystem

Mellangrödor kommer att ha en given plats i framtidens odlingsystem. Med höstar och vintrar som blir allt varmare kommer behovet av att hålla marken bevuxen för att fånga kväve och kol att bli allt viktigare, för att bibehålla markens bördighet och för att minska jorderosion och växtnäringsläckage. Potentialen att odla mellangrödor kommer också att öka genom att växtsäsongen blir längre och odlingsgränsen för när det är relevant att odla mellangröda förskjuts norrut.

Det finns fortfarande mycket vi inte känner till om mellangrödors påverkan på odlingsystem, mark och klimat. Lantbrukare efterfrågar bland annat

råd och erfarenhetsutbyte om etableringsmetoder samt val av arter och artblandningar för att optimera mellangrödan. Forskning behövs för att ta fram underlag för odlingsråd och för att förbättra beräkningssystem som används i klimat- och miljömålsuppföljningar. I och med klimatförändringen påverkas både temperatur- och nederbördsmonster, vilket inte bara påverkar biomassaproduktionen utan även nedbrytningsprocesser, kväveflöden och kolinlagring. Särskilt för emissionerna av klimatgasen lustgas finns ett stort behov av ökad kunskap för att anpassa systemen med mellangrödor för framtiden.

## Referenser

Aronsson H, Ernfors M, Kätterer T, Bolinder M, Hansson D, Svensson S-E, Prade T, Bergkvist G. 2023. Mellangrödor i växtföljden – för kolinlagring och effektivt kväveutnyttjande. *Ekohydrologi* 179, Institutionen för mark och miljö, SLU, Uppsala

Aronsson H, Ringselle B, Andersson L, Bergkvist G. 2015. Combining mechanical control of couch grass (*Elymus repens* L.) with reduced tillage in early autumn and cover crops to decrease nitrogen and phosphorus leaching. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 102:383–396.

Justes EE, Rechauchère O, Chemineau, P. 2012 The use of cover crops to reduce nitrate leaching: Effect on the water and nitrogen balance and other ecosystem services. [o] INRA. 2012, 8p. fihal-03231464f

Hansson D, Svensson S-E, Prade T. 2021. Etableringstidpunktens inverkan på sommarmellangrödors markkolsbidrag och ogräsbekämpande egenskaper – fältförsök på Norra Åsum 2018. SLU Alnarp, Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap. Rapportserie 2021:1

Kätterer T och Bolinder M. 2022. Agriculture practices to improve soil carbon storage in upland soil. *Burleigh Dodds series in Agricultural Science*. Burleigh Dodds Science Publishing, DOI:10.19103/AS.2022.0106.15



greppa näringen



Europeiska jordbruksfonden  
för landsbygdsutveckling. Europa  
investerar i landsbygdsområden