

Slutrapport O-15-23-569

Använd fånggrödor som mellangrödor för ökad produktivitet och minskade förluster av N och P



Rågvete Tulus från försöket 2017. Foto: Erik Ekre.

Helena Aronsson**

Maria Ernfors*

David Hansson*

Anders TS Nilsson*

Thomas Prade*

Sven-Erik Svensson*

Linda Tufvesson*

*Institutionen för Biosystem och teknologi, Sveriges Lantbruksuniversitet

** Institutionen för Mark och miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet

Förord

Denna rapport sammanfattar resultaten från ett två år långt fältförsök som genomfördes under 2017 och 2018 med fokus på mellangrödor för ökad produktivitet och minskade förluster av kväve och fosfor. Försöken genomfördes hos Hushållningssällskapet på Lilla Böslid i Halland. Projektet har finansierats av Stiftelsen Lantbruksforskning (SLF).

Vi vill rikta ett tack till SLF som projektfinansiär samt alla som har bidragit till att projektet kunnat genomföras och då främst försöksgenomförarna Erik Ekre och Ronny Anngren och Jan Jönsson (HS Halland, Lilla Böslid). Vi vill även tacka Rolf Stegmark, Bo Sonne och Agnese Brantestam på Findus samt Jeppa Olanders för värdefulla bidrag till projektet.

Alnarp, juni 2019

Författarna

Inledning

Projektets huvudsyfte var att utveckla metoder för att öka produktiviteten för odlingssystem som kombinerar hög kväveeffektivitet och små förluster av kväve (N) och fosfor (P). Det studerade systemet inkluderade odling av gröna ärtor (konservärtor). Gröna ärtor är en kvävefixerande gröda som skördas sommartid. Vid skörden fås stora mängder odlingsrester med höga halter kväve för efterföljande grödor, men ökad tillgång på mineralkväve i marken medför också ökad risk för förluster av kväve under hösten. Mer specifikt syftade projektet till att utnyttja kvävet i marken efter ärterna för att odla en mellangröda som används som råvara i biogasproduktion och därmed öka det ekonomiska värdet samtidigt som kväveförlusterna kan minskas.

Försöksupplägg och mätningar

Det studerade odlingssystemet bestod av gröna ärtor som följdes av en mellangröda av oljerättika (sorten Defender). Mellangrödan såddes i mitten av juli efter ytlig jordbearbetning, precis efter skörd av ärtorna, och fick växa fram till dess att rågvete såddes i mitten av oktober, också den efter ytlig bearbetning. Skörden av rågvetet året därpå blev ett mått på efterverkan av de olika mellangrödebehandlingarna. Behandlingar med och utan skörd av mellangröda undersöktes, liksom mellangröda med kvävegödning i två nivåer, tabell 1. Försöket utfördes (3 upprepningar) under två omgångar, 2016-2017 och 2017-2018, på en försöksanläggning med utlakningsmätningar vid Hushållningssällskapets gård Lilla Böslid i Halland. Även lustgasavgång mättes under ett av åren. Försöksomgångarna utfördes på olika delar av fältet, 15 utlakningsrutor för vardera försöksomgång. Datum för olika odlingsåtgärder, utsädesmängder m.m. redovisas i Bilaga 1 och 2.

Tabell 1. De fem försöksleden i utlakningsförsöket vid Lilla Böslid

Ledbeteckning	Mellangröda	Gödning mellangröda	Skörd mellangröda
MG, ej skörd	Oljerättika	-	-
MG	Oljerättika	-	Ja
MG30	Oljerättika	30 kg N/ha	Ja
MG60	Oljerättika	60 kg N/ha	Ja
Kontroll	Ej mellangröda, glyfosatbeh. i augusti	-	-

Utlakningen bestämdes genom kontinuerlig mätning av vattenflödet från varje ruta (storlek 16 x 20 m) och flödesproportionell provtagning av vattnet, som analyserades med avseende på totalkväve och totalfosfor. Lustgasemissioner mättes under perioderna 20161021 - 20161209 (21 mätningar) och 20170208 - 20170313 (15 mätningar) med statiska kammare. Kamrarna mätte 0,58 x 0,58 x 1,00 m och placerades på rostfria stålramar som slagits ned 0,20 m i marken. Kammaren anslöt mot ramen med hjälp av ett vattenlås. Ett första lustgasprov togs precis när kammaren stängts och ett andra togs efter 60 min. Proverna analyserades på gaskromatograf. Mätningarna utfördes i led B, C och D, i alla tre blocken, med sex mätställen per parcell – tre med nedmyllning av oljerättika och tre med skörd (bortförsel) av oljerättika.

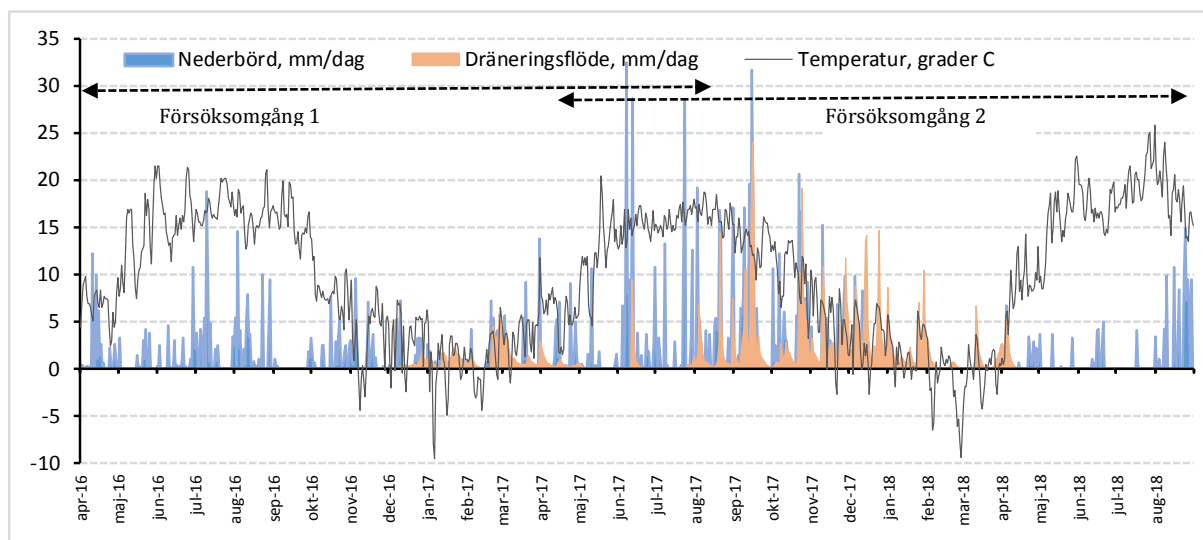
Ärt- och rågveteskördarna bestämdes liksom ärtrevens och mellangrödans ovanjordiska biomassa, samt dess innehåll av kväve och fosfor. Det gjordes även i ledet där mellangrödan lämnades kvar. Mängden mineralkväve i marken (0-30, 30, 60 och 60-90

cm djup) mättes vid ärtskörd, vid skörd av mellangrödan, sent på hösten, och efterföljande vår. Mineraliseringen efter ärtskörden följdes i kontrolledet genom provtagningar i matjorden under hösten.

Resultat

Försöksårens klimat

Åren 2016-2018 hade väldigt olika nederbördsförhållanden. De båda försöksomgångarna representerade torra (försöksomgång 1) och blöta (försöksomgång 2) förhållanden (figur 1). Det påverkade såväl grödornas tillväxt som utlakningsförhållanden och lustgasemissioner.



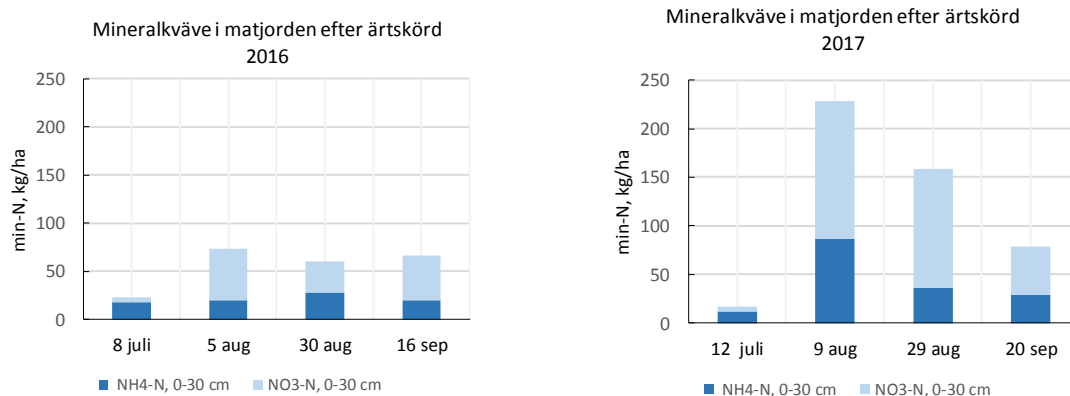
Figur 1. Nederbörd och temperatur vid Lilla Böslid (Lantmet, www.ffe.slu.se) tillsammans med uppmätt medelavrinning från försöksrutorna.

Ärtskördar med återföring av kväve och fosfor med ärtrev

Skörden av ärtor var i medeltal 300 kg ts/ha under 2016, och den låga skörden berodde delvis på ett stort ogrästryck, trots kemisk behandling. Under 2017 var ärtskörden 630 kg ts/ha. Ärtreven, som lämnades kvar på fältet innehöll avsevärda mängder kväve, i medeltal 45 kg N/ha under 2016 och 85 kg N/ha under 2017. Fosforinnehållet var 6 respektive 7 kg/ha. År 2016 var det totala kväveinnehållet i ärtreven signifikant lägre inför behandling i MG60 än i MG30, av okänd orsak, vilket påverkar tolkningen av resultaten. År 2017 fanns inga signifikanta skillnader i totalt kväveinnehåll mellan behandlingarna. Variationen mellan leden framgår av tabell 2.

Mineralisering efter ärtskörden

Efter skörden av ärtorna och nedbrukning av ärtreven ökade mängden mineralkväve snabbt i marken, vilket vi tolkar som snabb nedbrytning och mineralisering, figur 2. Under 2017 var den mycket stor, då också ärtrevens kväveinnehåll var stort, figur 2. Ökningen skedde främst under den första månaden efter skörd, och under 2017 förlorades sedan en hel del av kvävet från matjorden genom utlakning.



Figur 2. Dynamiken hos matjordens mineralkväve (ammonium- och nitratkväve, kg/ha) i kontrolleret efter skörd av ärtor och nedbrukning av ärtrev.

Mellangrödans tillväxt och växnäringsinnehåll

Mellangrödan hade alltså en god tillgång till kväve efter ärterna och i två av leden gödslades den också med kväve för att ge förutsättningar för ökad biomassaproduktion. Tyvärr svarade inte oljerättikan på gödningen. Det kväve som fanns i marken var uppenbarligen tillräckligt för den potential den hade. Det kunde konstateras att dess tillväxtmöjligheter med stor sannolikhet begränsades av ogräsmedel (Fenix, som användes i maj i ärterna). Ogräsbekämpningen skedde på inrådan av expertis, och en nyttig lärdom är att oljerättikan är känslig för eventuella rester i marken. Oljerättikans biomassa i skördade och oskördade led samt dess halt av kväve och fosfor framgår av tabell 2, den totala kvävemängden visas i figur 4. Det fanns inga signifikanta skillnader mellan behandlingarna i varken biomassa eller totalt kväveinnehåll, för någon av försöksperioderna. I medeltal innehöll mellangrödan 22 kg N/ha och 4 kg P/ha i ovanjordisk biomassa 2016, och 31 kg N/ha respektive 5 kg P/ha i början av oktober 2017. Mängderna kväve och fosfor var alltså större i mellangrödan under 2017, trots en mindre mängd biomassa, vilket berodde på högre halter. Kol-kväve-kvoten i växtmaterialet var betydligt lägre under 2017 (14) än under 2016 (34).

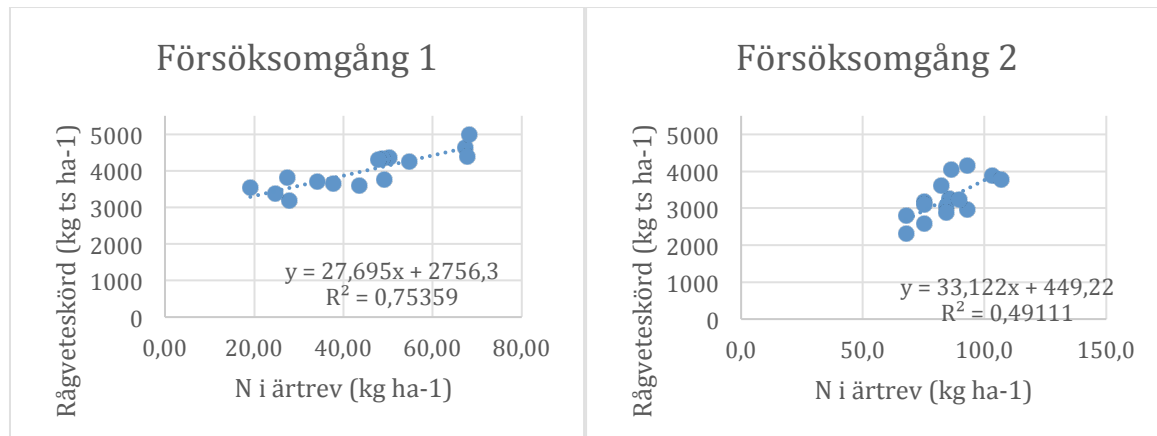
Tabell 2. Mellangrödans ovanjordiska biomassa, kväve- och fosforhalt strax före nedbrukning i mitten av oktober, samt skörd- och kväveskörd av den efterföljande rågvetegrödan

Mellangröda 2016				Mellangröda 2017		
Ledbeteckning	Kg ts/ha	Kväve %	Fosfor %	Kg ts/ha	Kväve %	Fosfor %
MG, ej skörd	1707	1,35	0,28	1352	2,84	0,46
MG	1657	1,41	0,29	978	2,93	0,45
MG30	1636	1,25	0,26	919	3,36	0,52
MG60	1666	1,33	0,25	698	3,96	0,56

Rågvetete 2017			Rågvetete 2018	
	Kg ts/ha	Kväve kg/ha	Kg ts/ha	Kväve kg/ha
MG, ej skörd	3840	62	3900 ^a	44
MG	3920	61	3130 ^{ab}	39
MG30	4320	70	3340 ^{ab}	41
MG60	3590	55	3310 ^{ab}	39
Kontroll	4300	70	2590 ^b	34

Rågveteskördar året efter mellangröda

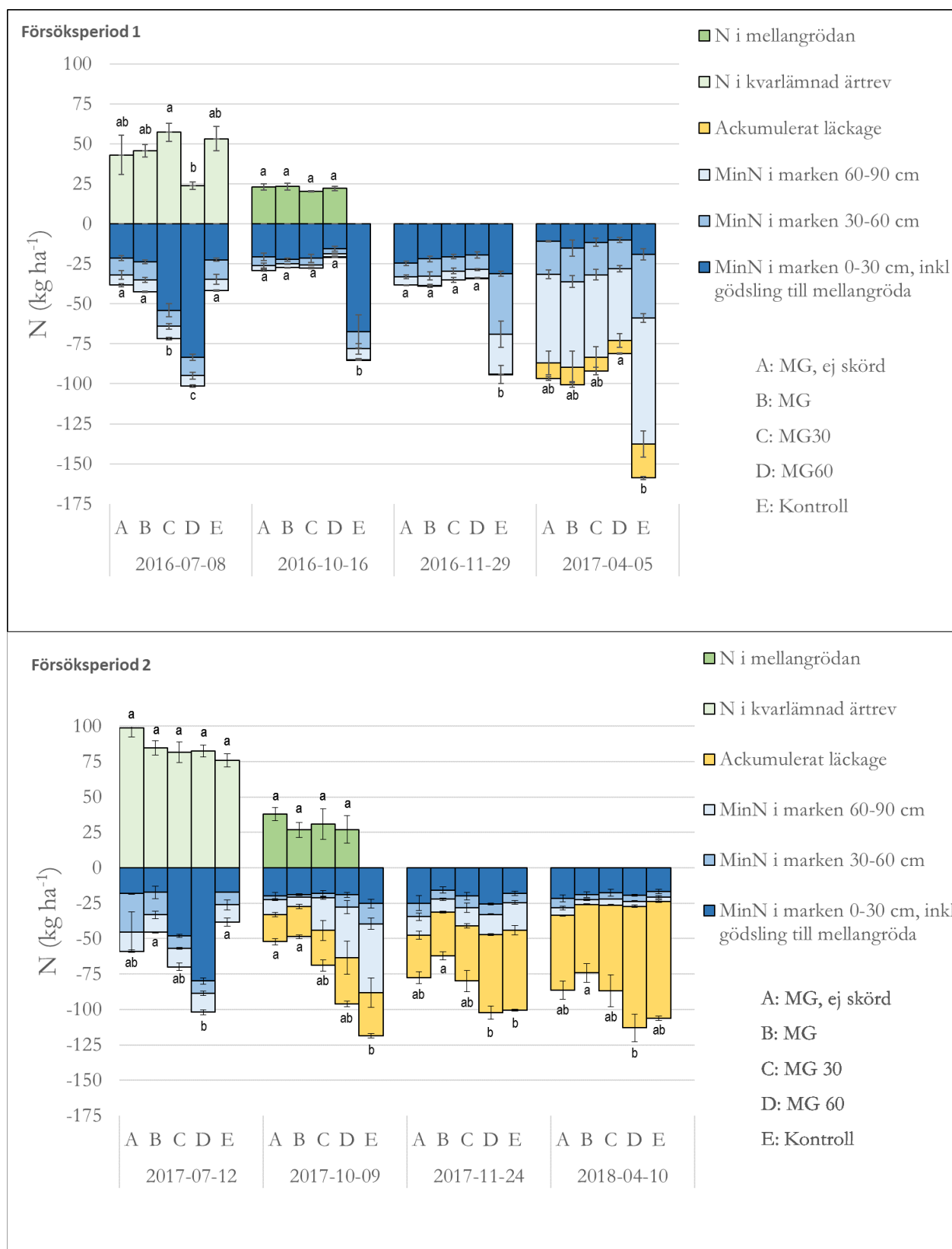
För försöksomgång 1 (skörd av rågvete 2017) skilde sig rågveteskörderna inte signifikant mellan behandlingarna, men den korrelerade väl med mängden N i kvarlämnad ärtrev (figur 3). För försöksomgång 2 (skörd av rågvete 2018) var rågveteskörderna signifikant större i behandlingen "MG, ej skörd" jämfört med kontrollen utan mellangröda och korrelationen med N i ärtreven var svagare (figur 3).



Figur 3. Rågveteskörd som funktion av N i ärtreven som lämnades kvar året innan.

Mineralkväve i marken

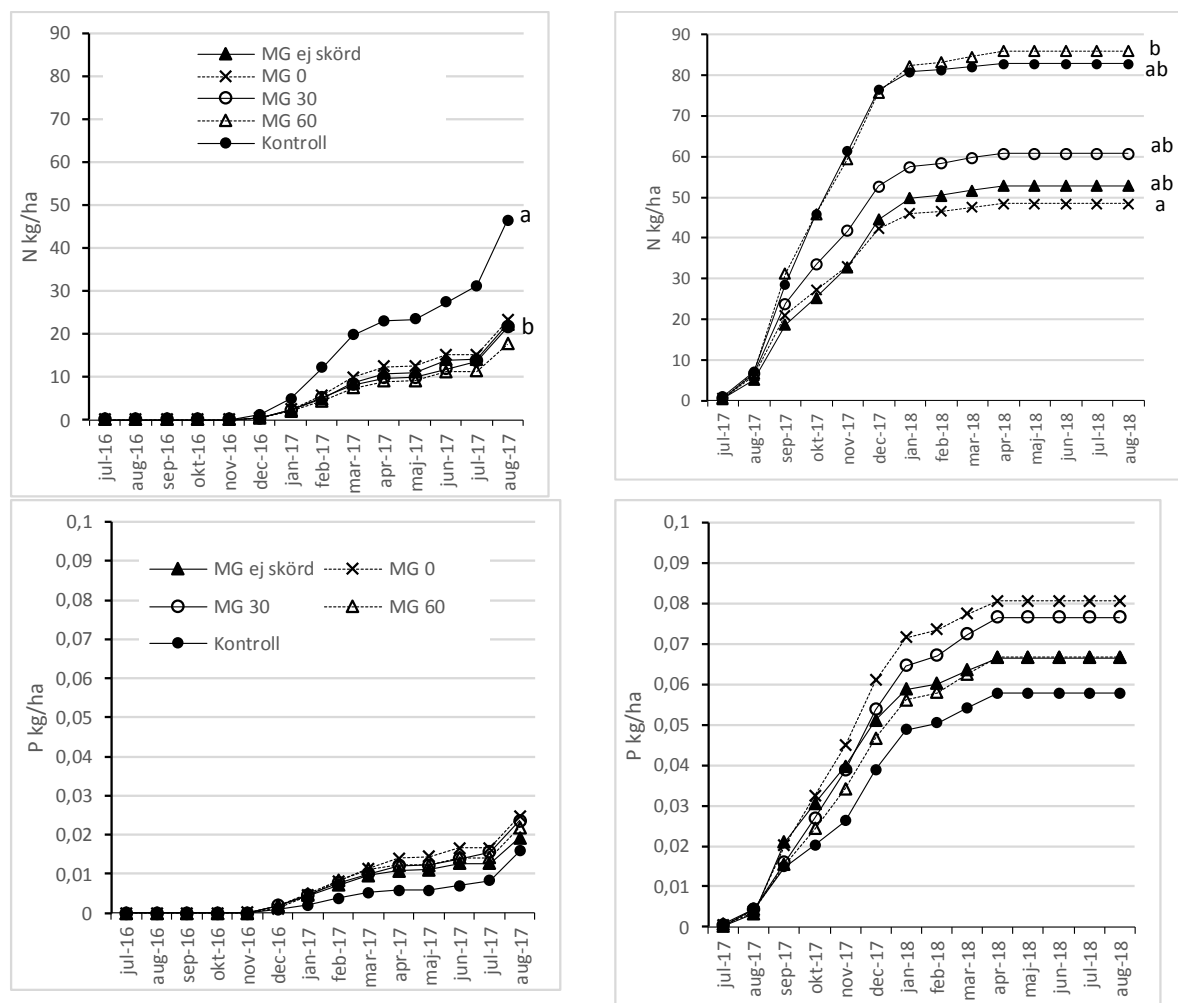
Under år 2016 motverkade mellangrödan en ökning av min-N i marken. En liten avrinning det året medförde att mycket mineralkväve fanns kvar på våren. Ingen tydlig efterverkan syntes i rågvetet. År 2017 var en betydligt blötare höst och detta syntes vid skörd av mellangrödan då mineralkvävet var på väg nedåt i markprofilen jämfört med fördelningen i kontrolleredets skikt vid samma tidpunkt år 2016. En mindre mängd mineralkväve fanns också kvar i marken på våren, se figur 4.



Figur 4. N i ovanjordisk biomassa, som mineral-N i marken och som ackumulerat läckage av N, för fyra mätillfällen efter skörd av gröna ärtor. Felstaplarna visar standardfelet. När behandlingar markerats med olika bokstäver vid samma tidpunkt betyder det att värdena var signifikant skilda ($p < 0.05$). Bokstavsmarkeringarna gäller för N i kvarlämnad ärtrev, för N i mellangrödan vid skörd/nedmyllning och för summan av mineralkväve i markprofilen och ackumulerat läckage.

Utlakning av kväve och fosfor

Avrinningen var liten under försöksomgång 1, med start i december, först långt efter skörd av mellangröda och sådd av rågvete. Under försöksomgång 2 började avrinningen redan strax efter sådd av mellangrödan i juli 2017. Detta resulterade i att utlakningen av kväve och fosfor kom igång först på senhvintern under omgång 1, men redan under tidig höst under omgång 2 (figur 5). Under båda försöksomgångarna var koncentrationerna av totalkväve som högst, 20-25 mg/l, i kontrollerdet. Under omgång 1 var de som högst i mars varefter de klingade av, medan koncentrationstoppen låg redan i oktober under försöksomgång 2 (visas ej). Totalt utlakades 18-46 kg kväve/ha under omgång 1 och 48-86 kg/ha under omgång 2.



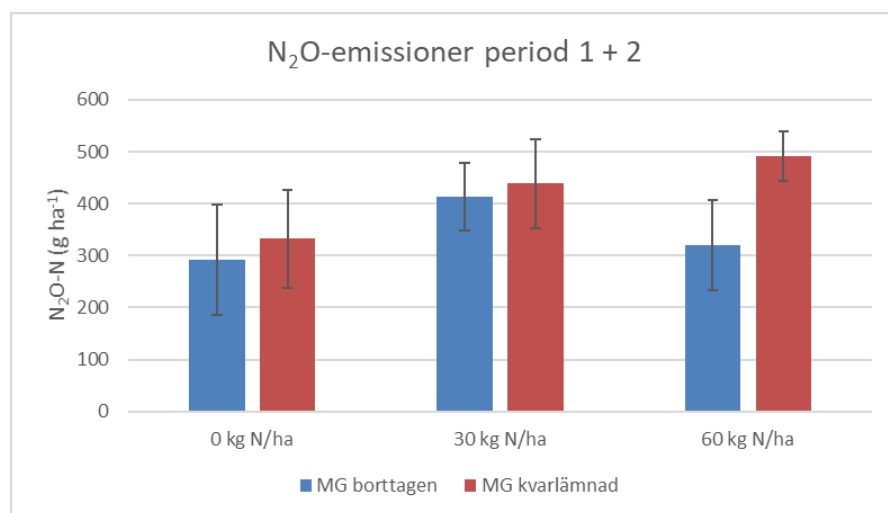
Figur 5. Ackumulerad utlakning av totalkväve (överst) och totalfosfor (underst) över de två försöksomgångarna, från sådd av mellangrödan till skörd av rågvetet året därpå. MG=mellangröda, 0,30, 60 representerar gödslingsnivåer. Kontrollen hade ingen mellangröda och glyphosatbehandlades i augusti. Signifikanta skillnader markeras med olika bokstäver i figuren. För fosfor fanns inga signifikanta skillnader.

Trots att mellangrödans växtperiod var relativt kort (mitten av juli till ca 12 oktober), och trots att den inte svarade på gödsling, var utlakningen av kväve mindre i samtliga mellangrödeled än i kontrollen under den första försöksomgången. Under den andra försöksomgången hade kontrollen och mellangröda med 60 kg N/ha större uppmätt utlakning än de andra mellangrödeleden, men skillnaden kunde endast verifieras statistiskt mellan MG 0 och MG 60 (figur 5). Oljerättika som fånggröda (mellangröda utan gödsling) fungerade uppenbarligen både under år med tidig och sen avrinning

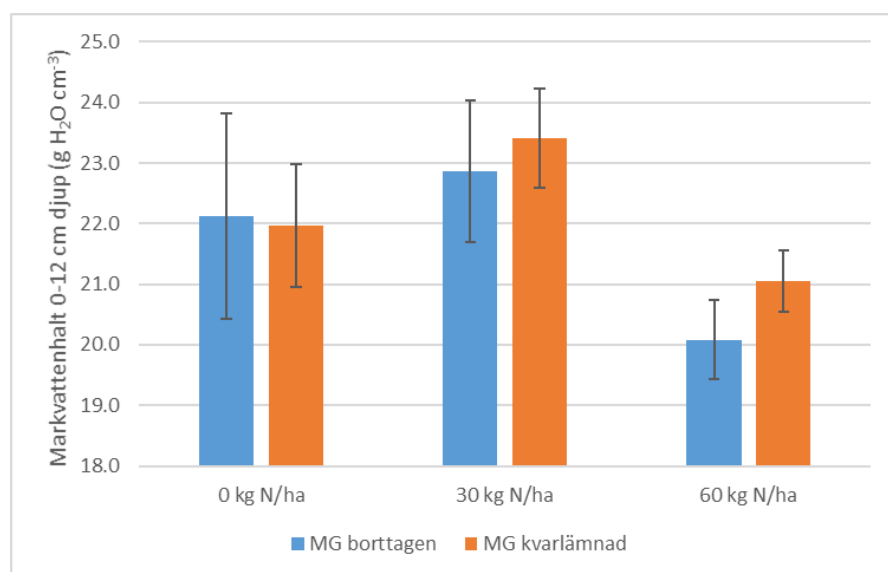
under hösten, under förhållanden då man har en kraftig mineralisering efter ärter. Om den brukades ned eller skördades gav inte utslag, och det kan kanske förklaras av att dess biomassa var liten i förhållande till ärternas växtrester. Fosforkoncentrationerna var låga (max 0,02-0,03 mg/l) och fosforutlakningen liten (0,02-0,08 kg/ha) och påverkades inte signifikant av mellangrödan. Däremot tenderade den uppmätta utlakningen att vara lägst i kontrollområdet, men man kan inte dra slutsatsen att mellangrödan ökade fosforläckaget eftersom skillnaderna inte var signifikanta.

Lustgasmätningar

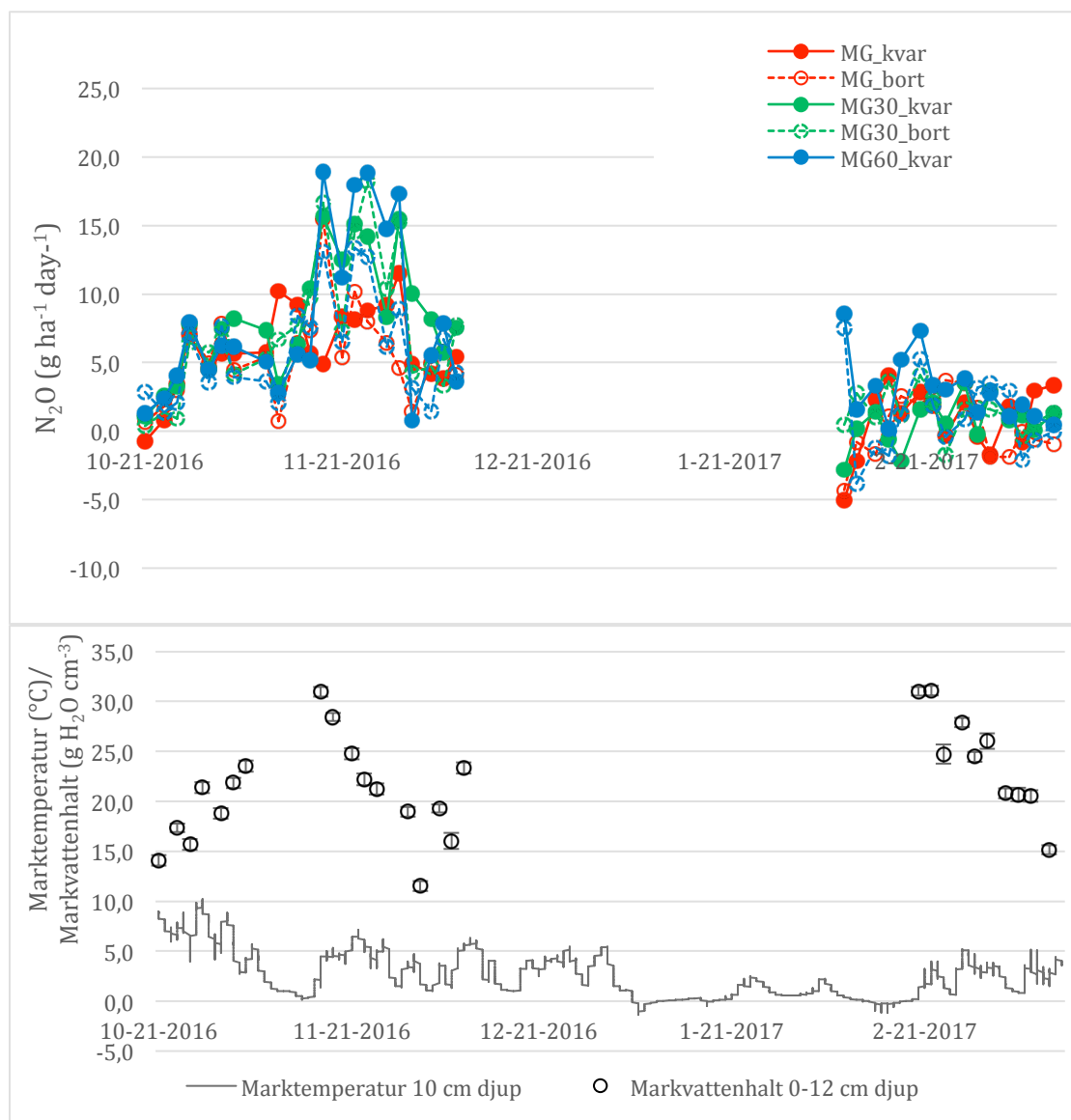
Vi kunde inte urskilja någon generell effekt på lustgasemissionerna, varken av gödsling eller bortförsel av mellangrödan. Vid den högsta gödslingsnivån (60 kg N ha⁻¹) var däremot lustgasemissionerna högre när mellangrödan lämnats kvar än när den bortfördes. För lägre nivåer av kvävegödsling till mellangrödan påverkades inte lustgasemissionerna av bortförsel eller kvarlämnande av mellangrödan. Lustgasemissionerna låg mellan ca 300 och 500 g N₂O-N ha⁻¹ för perioden, vilket får anses vara relativt högt för ett torrt år på en sandig jord, se figur 6, 7 och 8.



Figur 6. Lustgasemissioner för de två perioderna. Blå stapel visar när mellangrödan bortfördes och röd stapel när mellangrödan lämnats kvar.



Figur 7. Markvattenhalt mätt vid lustgasprovtagning. Blå stapel visar när mellangrödan bortfördes och röd stapel när mellangrödan lämnats kvar.



Figur 8. Lustgasemissioner för de olika gödslingsalternativen och vid kvarlämnad eller bortförd mellangröda, samt marktemperatur och markvattenhalt för lustgasmätningarna.

Diskussion

Att utveckla odlingsmetoder för ökad produktivitet som kombinerar hög kväveeffektivitet och små förluster av kväve (N) och fosfor (P) är viktigt i framtida hållbara odlingsystem. I projektet studerades ett system med odling av gröna ärtor (konservärtor). Vid ärtskörden fås stora mängder odlingsrester med stora mängder kväve för efterföljande grödor, men ökad tillgång på mineralkväve i marken medför också risk för kväveförluster. Att därför kunna ta tillvara detta kväve för odling av mellangrödor för användning som biogassubstrat eller som grovfoder kan vara ett sätt att öka hållbarheten i systemet, både genom förbättrad ekonomi och genom minskade kväveförluster.

De två åren som försöket genomfördes var vädermässigt väldigt olika, där 2016 var ett torrt år, medan 2017 var betydligt blötare. Efter ärtskörd, var mängden mineralkväve i matjorden relativt liten, ca 20 kg N/ha (ca 40 kg i hela profilen), men ökade snabbt

under den första månaden efter skörd. Särskilt under 2017 då den uppgick till över 200 kg/ha. Kvävet verkade också omvandlas till nitrat väldigt snabbt. Fram till september hände sedan inte så mycket, utom 2017 då regnet medförde att kvävet fördes nedåt i marken, under matjorden. Växtrester av ärter ger alltså snabb och stor ökning av mängden mineralkväve i marken, och det är högst motiverat att ha någon snabbväxande gröda direkt efter ärtskörd. Den odlade mellangrödan gav vid försöket liknande tillväxt i alla led, oavsett gödslingsnivå, drygt 20 kg N/ha i ovanjordisk biomassa 2016 och 25-30 kg 2017. Dess potential verkade inte ha utnyttjats. En trolig anledning var användningen av ogräsmedlet Fenix i ärtorna som tros ha påverkat mellangrödans tillväxt negativt. Mellangrödan avbröts dessutom strax före mitten av oktober med jordbearbetning och sådd av rågvetete, vilket innebar att dess tillväxtperiod inte var så lång som den kunde varit. Rågvetets tillväxt under hösten var liten. Trots sämre tillväxt än förväntat, stora mängder mineralkväve i marken och en begränsad tillväxtperiod minskade mellangrödan läckaget av kväve. Under 2016-2017 var N-utlakningen lägre i alla mellangrödeled jämfört med kontrollen. Under 2017-2018 hade ledet med 60 kg N/ha lika stor utlakning som kontrollen, men övriga led tenderade att ha lägre utlakning. Fosforutlakningen var liten båda åren. Under 2016-2017 var koncentrationerna vid flera tillfällen lägst i kontrolleret, men under 2017-2018 fanns inga sådana tendenser. Mellangrödan verkade alltså inte öka risken för fosforläckage från det som tagits upp i biomassan (4-6 kg P i ovanjordisk biomassa).

Lustgasemissionerna mättes under försöksår 1, som var torr, och de hade sannolikt varit betydligt större om vi istället mätt under försöksår 2, som var blötare. Det är troligt att vi då också sett större skillnader mellan behandlingarna. Att lustgasemissionerna var högre när mellangrödan lämnades kvar, jämfört med när den skördades, vid den högsta nivån av N-gödsling till mellangrödan, kunde inte kopplas till mängden mineralkväve i marken eller mängden N i mellangrödan, men det fanns en tendens till lägre markvattenhalt där mellangrödan bortförts (figur 7), vilket kan ha lett till mindre lustgasproduktion via denitrifikation.

Försöket visar att odling av mellangrödor, oberoende om de skördas eller ej, är en lämplig strategi för att minska förlusterna av framförallt kväve i odlingssystemet, medan fosforförlusterna inte påverkas nämnvärt på lätta jordar som denna. Om mellangrödan ska gödslas är det viktigt att skapa goda förutsättningar för dess tillväxt, men efter konservärt finns troligen tillräckliga mängder kväve i marken även utan gödsling. Resultaten från lustgasmätningarna indikerade att skörd och bortförsel av en mellangröda kan vara ett sätt att minska emissionerna.