



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Rätt mängd stallgödsel optimerar odling av baljväxtgrönfoder i norra Sverige

Proper amounts of stable manure optimise production of legume-greenfodder in Northern Sweden

**Cecilia Palmborg¹, Georg Carlsson², Sara Willberg³ och
Kerstin Huss-Danell¹**

1 Institutionen för Norrländsk jordbruksvetenskap, SLU Umeå

2 Institutionen för Biosystem och Teknologi, SLU Alnarp

3 Institutionen för lantbruksvetenskaper, Helsingfors universitet, Finland

Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap
Umeå
Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Agricultural Research for Northern Sweden

Rapport 4:2019

Förord

RJN, Regional jordbruksforskning för norra Sverige har finansierat detta projekt med 1500000 kronor. Kerstin Huss-Danell var projektledare för projektet till och med 2015 då Cecilia Palmberg tog över p.g.a. Kerstins pensionering. Georg Carlsson har deltagit i projektet sedan ansökningsprocessen. Hans främsta uppgift har varit bidra med sin specialkunskap om kvävefixerande växter och att vara biträdande handledare till Miriam Larsson. Sara Willberg har gjort ett examensarbete på Helsingfors Universitet och använt sig av grönfoder av ärt/havre från detta projekt, med Miriam Larsson som en av sina handledare. Författarna tackar Miriam Larsson som arbetat med projektet inom sin doktorandtjänst som var delfinansierad av SLU. Tack också till alla försökstekniker på Röbbäcksdalens forskningsstation som utfört mycket av det praktiska arbetet. Den här studien har varit möjlig att genomföra tack vare att forskningsstationen är medlem i SITES (Swedish Infrastructure for Ecosystem Science). Detta är en något modifierad version av slutrapporten till RJN.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
Summary	4
Inledning	5
Material och Metoder	6
Resultat och Diskussion	10
<i>Botanisk sammansättning av grödorna</i>	10
<i>Skörd, proteinhalt och kvävefixering</i>	12
<i>Mängd oorganiskt kväve i marken</i>	15
<i>Fodrets kemiska sammansättning och egenskaper i gas in-vitro-experiment</i>	15
Slutsatser	17
Referenser	17

Sammanfattning

Gödslingsförsök med ärt/havre som samodlas till grönfoder utfördes under två säsonger på Röbbäcksdalen i Umeå. År 2015 grodde havren dåligt och ärterna utgjorde 90 % av grödan. Då påverkades varken skörd eller proteinhalt av gödsling med ammoniumnitrat eller nötflytgödsel. År 2016 var mindre gynnsamt för ärten och ärterna utgjorde bara 25 % av grödan. Detta kan bero både på lågt pH i jorden och bättre uppkomst av havren 2016. Skördenivån eller proteinhalten påverkades inte av gödslingen med nötflytgödsel något av åren. År 2016 när havre dominerade blev skördenivån och proteinhalten i havren högre efter gödsling med 45-65 kg N som ammoniumnitrat än utan kvävegödsling.

Kvävefixeringen per ha påverkades varken av gödsling med ammoniumnitrat eller nötflytgödsel, däremot var kvävefixeringen mycket högre 2015 (116 kg/ha) än 2016 (29 kg/ha). Proteinhalten, och stärkelsehalten var också mycket högre 2015 än 2016 tack vare den högre ärthalten.

Grönfodret användes också i en inkubationsstudie tillsammans med vallfoder och kraftfoder. I en blandning av 30 % vallfoder, 30 % ärt/ havre från 2015 och 40 % korn uppmättes högre mängd användbart råprotein i tunntarmen än när vallfoder eller ärt/havrefoder från 2015 blandades med bara korn. Denna positiva interaktion mellan vallfoder och ärt/havre uppnåddes inte 2016 när havren dominerade.

Ammonium- och nitrathalterna i jorden ned till 90 cm djup strax efter skörd och i slutet av oktober var inte förhöjda efter gödsling med 65 kg ammoniumnitrat eller 40 ton flytgödsel per ha jämfört med ogödslade kontroller. Vi drar slutsatserna att grödan varken behöver gödslas med mineralkväve eller stallgödselkväve, men att gödsling med stallgödsel inte heller ger större risk för utlakning av kväve.

Summary

Fertilisation experiments using pea/oat intercropped to green fodder were made at Röbbäcksdalen in Umeå. The first year, 2015 the oat did not germinate well and the pea content was 90%. The second year, 2016, conditions were less favourable for the pea and the pea content was only 25%. This could be due to both a lower soil pH and better germination of oat in 2016. Yield and protein content in oat were positively correlated to fertilisation level of ammonium nitrate in 2016. Neither yield nor protein content were affected by fertilization with cattle slurry any of the years. Nitrogen fixation per ha was not affected by any of the fertilization treatments. However the nitrogen fixation was much higher in 2015 (116 kg/ha) than in 2016 (29 kg/ha) thanks to the high pea content.

The green fodder was also used in an incubation study together with grass/clover silage and concentrate. A mixture with 30% grass/clover silage, 30% pea/oat from 2015 and 40% barley had a higher content of utilizable raw protein in the small intestine than mixtures of either grass clover silage or pea/oats mixed with 40% barley. This positive interaction between the roughages was not reached with green fodder from 2016 when the oats dominated.

Ammonium and nitrate concentrations in the soil down to 90 cm after harvest and in the end of October were not elevated after fertilization with either ammonium nitrate or cattle slurry compared to the unfertilized control. We conclude that pea/oat harvested as green fodder does not need nitrogen fertilization but the risk of nitrogen leaching is not elevated after application of up to 40 ton per ha of cattle slurry.

Inledning

Ärt är en baljväxt som fixerar kväve från atmosfären med hjälp av kvävefixerande bakterier i rotknölar. Ärt är en värdefull källa till stärkelse och protein för regional självförsörjning av foder. I norra Sverige hinner ärtgrödan ofta inte mogna. Därför skördas den i regel som grönfoder. Ärt har dålig förmåga att konkurrera med ogräs och ofta dålig stråstyvhet. Därför samodlas den ofta med ett sädesslag. Detta kan ge också mindre ogräs, bättre utnyttjande av markkväve, högre andel kväve fixerat från atmosfären i ärten och lägre nitratläckage (Geijersstam et al. 2006, Neumann et al. 2007).

Stallgödsel är en värdefull resurs som bör användas där den gör mest nytta i växtföljden. Förutom näringsämnen som växterna kan utnyttja innehåller den också mikroorganismer och organiska ämnen som också kan ha positiv påverkan på marken och växterna. De få studier som har gjorts av gödsling med stallgödsel i norra Sverige har genomförts antingen i vall eller ren stråsäd. Det är välkänt att gödsling med oorganiskt kväve (mineralgödsel) påverkar kvävefixeringen negativt, men det saknas kunskap om gödsling med stallgödsel har någon effekt på kvävefixering. Vi ville därför undersöka hur mycket nötflytgödsel som är lämpligt att ge till ärt/havre-grönfoder för att tillfredsställa grödans näringsbehov utan att påverka kvävefixeringen negativt, samt hur mängden restkväve i marken påverkades av nötflytgödsel i jämförelse med och mineralgödsel.

Vi valde att studera ärt/havre eftersom den grödan har visat sig kunna minska behovet av inköpt kraftfoder (Rondahl 2008). Våra hypoteser var:

- Gödsling med nötflytgödsel ökar biomassaproduktionen och proteinhalten i grödan jämfört med gödsling med motsvarande mängd oorganiskt kväve.
- Nötflytgödsel gynnar både knölbildning och kvävefixering jämfört med gödsling med motsvarande mängd oorganiskt kväve.
- Höga givror av nötflytgödsel leder inte till ökade halter av oorganiskt kväve i marken under växtsäsongen, men däremot kan restkväve ackumuleras i marken efter skörd och öka risken för utlakning.

Förutom fältförsöket har också ärt/havre-grönfoder från detta projekt använts till ett examensarbete som mätte foderkvalitet i en gas-in-vitro-studie. Examensarbetet utfördes av Sara Willberg från Helsingfors universitet, och Miriam Larsson var en av hennes handledare. Hypotesen i den studien var:

- Ärt-havregrönfoder skiljer sig från vallfoder vad gäller NDF-smältbarhet och andelen användbart råprotein i tunntarmen. Detta påverkas särskilt av foderstatens andel av ärt.

Material och Metoder

Odlingsförhållanden

Fältförsök etablerades 2014, 2015 och 2016 på Röbbäcksdalens forskningsstation, på fält med jordarten mo/mjåla (ca 11 % ler, 8 % sand och 81 % finmo/njåla). Det första året drabbades grödan av angrepp av duvor och kajor som åt upp de flesta ärtskotten, trots att olika skrämmor sattes ut. Därför redovisas inte det första årets resultat här. Det andra året införskaffades fiberduk som användes för att skydda försöksrutorna tills grödan blivit 10 cm hög 2015 och 2016. Bara dessa två försök redovisas här. En vetenskaplig artikel om försöken kommer publiceras med mer utförlig information om metoderna (Larsson et al. opublicerat). Matjordens innehåll av växttillgänglig fosfor och kalium samt dess pH-värde var 2015: 11-12 P mg P-AL per 100 g lufttorr jord, 14 mg K-AL 14 per 100 g lufttorr jord och pH 6,2; 2016: 7,4 mg P-AL per 100 g lufttorr jord, 12 mg K-AL per 100 g lufttorr jord, pH 5,3. Båda försöksåren hade potatis odlats på fältet som förfrukt året innan.

Temperatur och nederbörd under odlingssäsongerna 2015 och 2016 har jämförts med medelvärden för SMHIs normalperiod 1961-1990: Juni och juli 2015 var kallare och blötare än normalt medan augusti 2015 var varmare och torrare än normalt. Under 2016 var temperaturerna normala i juni, 1-2 grader varmare än normalt i juli och normala i augusti. Nederbörden var rikligare än normalt i juni 2016, något mindre än normalt i juli och något mindre än normalt i augusti (Data från SMHIs hemsida Väder och vatten). Antalet graddagar (summan av alla dygnsmedeltemperaturer som överskrider 5° C) från sådd till skörd var 655 år 2015 och 664 år 2016.

Behandlingarna bestod av en ogödslad kontroll, tre olika gödslingsgivor av nötflytgödsel och tre olika givor av ammoniumnitrat, N 27 (Tabell 1). Dessutom fick kontrollen och de mineralgödslade leden en grundgiva av 240 kg PK 0-11-21 per ha. Spridningen av flytgödsel gjordes med injektion 2015 och gödseln spreds på ytan och harvades sedan ned 2016. Varje behandling upprepades i fyra block enligt en randomiserad blockdesign med totalt 28 försöksytor som vardera var 3 x 9 m. Sådden blev försenad till en vecka efter gödningen 2015 (9 juni) p.g.a. regn. Sådden 2016 gjordes 8 juni, dagen efter gödningen för alla rutor utom två, se Tabell 1. Ärtsorten SW Clara, som är bladlös, medelhög och har god stråstyrka, och havresorten Haga, som är tidig och har medelgod stråstyrka, användes till försöket. Ärtorna våt ympades före sådd med *Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae* från Inocula Scandinavia. Mängden ärt och havre beräknades som andel av rekommenderad sår mängd i renbestånd. Denna var 2015 80 % ärt och 20 % havre (82 ärtfrön och 103 havrefrön per m² eller 239 kg ärt och 41 kg havre per ha). I försöket 2016 ändrades utsädesmängderna till 60 % ärt och 40 % havre (61 ärtfrön och 206 havrefrön per m² eller 179 kg ärt och 82 kg havre per ha) eftersom det nästan inte blivit någon havre 2015.

Provtagningar och analyser

Den 2 juli 2015 och den 10 juli 2016 kontrollerades knölbildningen på 4 utvalda ärtplantor i varje ruta genom att gräva upp jord med en diameter av 10 cm och varsamt skaka bort den. Samtidigt räknades också antalet plantor av både ärt och havre i två rader i varje ruta.

Prover för botanisk analys togs två gånger per säsong i en ruta som mätte 50x50 cm. Det första provet togs i slutet av juli när både ärterna och havren var i full blomning och det andra togs när ärterna var 50-100 % fulla, 1-2 dagar före skörd. År 2016 var havren då i begynnande degmognad. Skörden gjordes med en Haldrup vallskördemaskin den 24 augusti 2015 och den 18 augusti 2016. Torrsubstanshalten (TS) i skörden bestämdes genom torkning av ett delprov i 60°C i minst 48 timmar.

Tabell 1. Mängd och innehåll av TS, totalkväve, Tot-N och ammoniumkväve, NH₄⁺-N i flytgödsel och mineralkväve (ammoniumnitrat) i de olika behandlingarna.

*=Dessa behandlingar fick även 26 kg P och 50 kg K/ha.

**= avvikande gödsel till två rutor. Spridningen fick första gången avbrytas efter två rutor p.g.a. för mycket halm i gödseln som satte igen utrustningen. När resten av rutorna blev gödslade tre dagar senare var TS-halten högre och ammoniumhalten lägre.

	2015			2016		
TS-halt flytgödsel %	6.6			7.3 (6.1**)		
	Spridd mängd	Tot-N	NH ₄ ⁺ -N	Spridd mängd	Tot-N	NH ₄ ⁺ -N
Behandling	ton per ha	kg per ha	kg per ha	ton per ha	kg per ha	kg per ha
Ogödslad kontroll*		0	0		0	0
Flytgödsel låg	10	36	20	13	43 (53**)	25 (31**)
Flytgödsel medium	25	89	51	23	76	44
Flytgödsel hög	40	143	82	33	109	63
Mineralkväve låg*		-	25		-	25
Mineralkväve medium*		-	45		-	45
Mineralkväve hög*		-	65		-	65

Proverna från den botaniska analysen analyserades med avseende på N-halt och andel av den tyngre kväveisotopen ¹⁵N för att kunna räkna ut hur stor andel av kvävet i ärtorna som kom från kvävefixering av atmosfäriskt kväve. Baljväxters kvävefixering speglas i hur andelen av den tyngre kväveisotopen ¹⁵N skiljer sig från atmosfärens andel, δ¹⁵N. Eftersom baljväxter fixerar atmosfärens kväve är δ¹⁵N oftast nära noll, medan ¹⁵N-halten i växttillgängligt markkväve ofta är några δ¹⁵N-enheter högre än i atmosfären. För att beräkna andelen fixerat kväve, %Ndfa (Nitrogen derived from atmosphere) beräknar man skillnaden i δ¹⁵N mellan baljväxten och en referensväxt som inte är kvävefixerande, i det här fallet både havre och ogräs. Man använder också ett B-värde som representerar den specifika artens δ¹⁵N när den bara växer på fixerat kväve eftersom detta inte behöver vara exakt noll. Vi använde B-värdet -0,745 promille δ¹⁵N som tagits fram i växthusförsök (Carlsson och Huss-Danell opublicerat).

$$\%Ndfa = \frac{\delta^{15}N \text{ för referensväxten} - \delta^{15}N \text{ för baljväxten}}{\delta^{15}N \text{ för referensväxten} - B} \times \frac{100}{1}$$

Kvävefixeringen per ha räknades ut för varje ruta genom att multiplicera torrsbstanskörden i varje ruta med den genomsnittliga ärthalten i hela försöket och kvävehalten i ärt och %Ndfa för varje ruta.

$$Nfix(\text{ärt})_{\text{ruta}} = 100 * TS \text{ skörd}_{\text{ruta}} * \text{andel ärt}_{\text{försök}} * N \text{ andel i ärt}_{\text{ruta}} * \%Ndfa_{\text{ruta}}$$

Ammonium och nitratkväve i marken analyserades på tre nivåer: 0-30 cm, 30-60 cm och 60-90 cm. Prover togs vid tre tillfällen från varje försök: Före gödsling, direkt efter skörd och i slutet på oktober. Vid varje tillfälle togs prov med en hydraulisk jordprovtagare med innerdiametern 17 mm från tio ställen i varje ruta som slogs ihop för varje nivå till ett generalprov per ruta. Vid provtagningen efter skörd 2015, var jorden så torr att all jord inte kom med i provet och dessa prover anses därför inte tillförlitliga och har inte analyserats vidare. Proverna förvarades och transporterades frysta (-20° C) innan analys. Prov från ogödslad kontroll, mineralkväve hög och stallgödslad hög från fem provtagningstillfällen analyserades med avseende på ammonium- och nitratkoncentration. Proverna extraherades med 2M KCl (35 g jord till 90 ml lösning) och filtrerades innan de analyserades med FIA (flow injection analysis, ADAS metod 53, AN 5226, AN5206).

Resultaten utvärderades statistiskt med ANOVA med en eller flera variabler. I de fall då prover togs vid flera tillfällen inom ett försök så användes Repeated measures ANOVA. Linjära regressioner gjordes för mineralkvävegödslade och flytgödslade rutor för sig inklusive de ogödslade kontrollerna. De statistiska analyserna utfördes med hjälp av programmen NCSS 8 (NCSS, LLC, Kaysville, Utah USA) och SAS version 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA) med signifikansnivån $p < 0,05$.

Gas *in-vitro*-studien som Sara Willberg gjort inom sitt examensarbete (Willberg 2018) gjordes på olika tänkta foderstater som innebar att 100 % vallfoder, 50/50 vallfoder och ärt/havre och 100 % ärt/havre kombinerades med 0, 55 och 110 g rapsmjöl/kg TS och korn (Tabell 2). Ärt/havre utan kvävegödsling från 2015 och 2016 användes. Foderstaterna bestod av 60 % grovfoder och 40 % kraftfoder. För enkelhets skull redovisas resultat från bara de foderstater som inte innehöll rapsmjöl här och vi hänvisar till examensarbetet för resultaten med rapsmjöl (Willberg 2018).

Tabell 2. Foderstaternas sammansättning (g/kg TS). Foderstaternas grovfoder var vall (V), en blandning av 50 % vall och 50 % ärt-havregrönfoder från år 2015 (V15ÄH) och år 2016 (V16ÄH) samt ärt-havregrönfoder från år 2015 (15ÄH) och år 2016 (16ÄH). Foderstaternas kraftfoderandel var 40 %, vilken bestod av korn samt tre olika nivåer av rapsmjöl (0; 55 och 110 g/kg TS).

Foderstat	Vall	Ärt-havre15	Ärt-havre16	Korn	Rapsmjöl
V0	600			400	
V55	600			345	55
V110	600			290	110
V15ÄH0	300	300		400	
V15ÄH55	300	300		345	55
V15ÄH110	300	300		290	110
15ÄH0		600		400	
15ÄH55		600		345	55
15ÄH110		600		290	110
V16ÄH0	300		300	400	
V16ÄH55	300		300	345	55
V16ÄH110	300		300	290	110
16ÄH0			600	400	
16ÄH55			600	345	55
16ÄH110			600	290	110

In vitro-experimentet utfördes som en inkubation i ett helautomatiserat system för mätning av gasproduktion (Cone et al. 1996). Systemet bestod av vattenbad med flaskor där det som undersöktes placerades. De täta flaskorna kopplades till en central där gasproduktionen automatiskt mättes, och utgående från resultaten kunde bland annat metanproduktionen uträknas. Prov med 0,5 g TS foderblandning tillsattes till 60 ml blandning av filtrerad våmvätska och buffert och placerades i ett 39°C vattenbad där mätningen pågick i 48 timmar.

Förutom att studera gasproduktionen och gasens sammansättning togs också prover ut av vätskan för att mäta ammoniumhalten som ett mått på proteinets nedbrytning och fodrets kemiska sammansättning före inkubationen och NDF-halt efter inkubationen analyserades.

Resultat och Diskussion

Botanisk sammansättning av grödorna

Räkningen av antal plantor efter uppkomst visade att det 2015 var många fler ärtplantor (25-45 plantor per två rader) än havreplantor (1-15 plantor per två rader). År 2016 var antalet ärtplantor ganska lika som 2015 (28-40) medan antalet havreplantor var mer än tio gånger fler (117-155) än året innan.

År 2015 hade alla kontrollerade ärtplantor rotknölar som var ljusrosa, d.v.s. aktiva. År 2016 hittades rotknölar i alla rutor men inte på alla kontrollerade plantor. Även då var alla knölar ljusrosa inuti.

År 2015 dominerades grönfodret nästan totalt av ärt, medan havren dominerade 2016 (Tabell 2). Det var inga signifikanta skillnader i ärthalt eller havrehalt mellan de olika behandlingarna vare sig 2015 eller 2016. Det var inte heller någon signifikant samvariation mellan vare sig ärt eller havrehalt mellan första och andra provtagningen. Halterna varierade således lika mycket inom varje ruta som mellan rutor. Däremot var det signifikant lägre havrehalt och högre ärthalt vid andra provtagningen jämfört med första 2015 och tvärtom signifikant högre havrehalt vid andra provtagningen än första 2016 (Tabell 3). Eftersom det inte fanns någon samvariation i den botaniska sammansättningen inom rutorna antogs denna variera fullständigt slumpmässigt över försöket. Därför använde vi medelvärden av den botaniska sammansättningen den andra provtagningen över hela försöket för respektive år i beräkningen av proteinmängd och kvävefixeringen i varje ruta.

Skillnaden i havrehalt mellan åren berodde delvis på att vi sådde dubbelt så mycket havre 2016 som 2015, men skillnaden i uppkomst var mycket större än så. Uppkomsten av havren 2015 var uppenbart dålig. Detta kan till exempel ha påverkats av den regniga säsongen i vårbruket. Grobarhetstest av havren gjordes inte något av åren eftersom utsädet var relativt nyinköpt.

De rekommenderade mängder av ärt och havre i renbestånd som vi använde oss av (102 frön/m² eller 283 kg/ha av ärt och 515 frön/m² eller 205 kg/ha av havre) var högre än de som rekommenderas i Norrländsk växtodling (Ericson 2011). I en studie av konkurrensen mellan ärt och havre i olika utsädesblandningar fann man dock att skördarna blev större vid samodling när man använde sig av större utsädesmängd. Detta p.g.a. att konkurrensen mellan plantor av olika art var mindre än konkurrensen mellan plantor av samma art (Neumann et al. 2009). Det skulle behövas göras försök med olika utsädesmängder och proportioner av ärt och havre i större skala och på fler platser för att få underlag för att kunna ändra på rekommendationerna. Mycket tyder dock på att de rekommenderade utsädesmängderna är för låga, särskilt för ärt, om man vill ha en hög ärtandel i fodret.

Tabell 3. Andel av torrsubstans i provet av ärt, havre och ogräs vid två provtagningstillfällen vardera 2015 och 2016. Medelvärden av 28 rutor för varje provtagning.

Provtagning	2015			2016		
	Ärt	Havre	Ogräs	Ärt	Havre	Ogräs
Vid blomning	82 %	11 %	7 %	29 %	70 %	2 %
Före skörd	90 %	6 %	3 %	25 %	75 %	1 %

Skörd, proteinhalt och kvävefixering

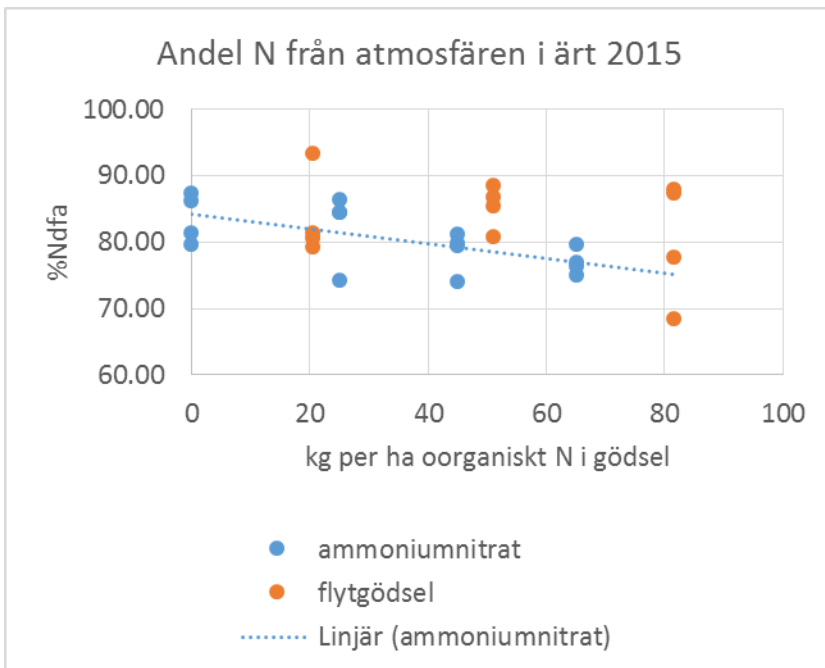
Skördenivåerna av grönfodret skiljde sig inte mellan åren (Tabell 4). Däremot var både proteinhalt och kvävefixering högre år 2015 när ärthalten var högre. Mängden skördad grüngödsel påverkades inte av gödslingen 2015 när grödan nästan enbart bestod av ärt. Däremot gav gödsling med mer ammoniumnitrat högre torrsubstansskörd 2016 (figur 2, korrelation $r=0,54$, $p=0,033$) medan gödslingen med flytgödsel inte påverkade skörden. Likaså var kvävehalten och därmed också proteinhalten högre i havren som gödslats med mer ammoniumnitrat (figur 3, korrelation $r=0,62$, $p=0,01$) medan gödslingen med flytgödsel inte signifikant påverkade proteinhalten eftersom variationen mellan proverna var större för de flytgödslade ytorna. Kvävehalterna i ärterna påverkades inte alls av gödslingen vare sig 2015 eller 2016. Både proteinhalterna och proteinskörd per ha var högre 2015 när ärterna dominerade totalt än 2016 när havren dominerade (Tabell 4).

Tabell 4. Skörd av grönfoder av ärt och havre. Proteinhalt i ärt och havre (%) och proteinskörd (kg protein ha⁻¹) i hela grödan. Kvävefixering som andel kväve från atmosfären i ärt %Ndfa och som kg kväve per ha (kg N ha⁻¹). Medelvärden \pm standardfel for $n=28$ ytor.

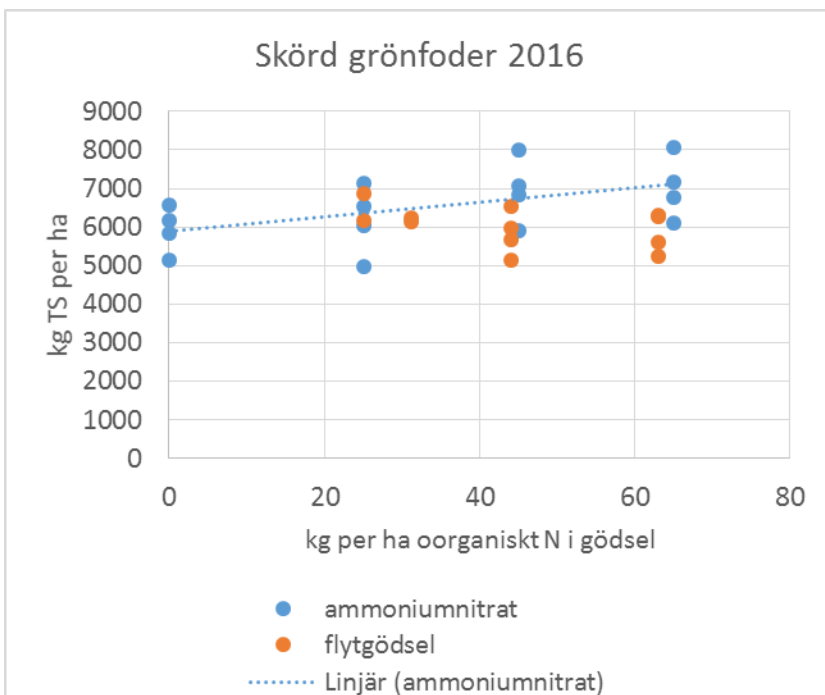
	24 augusti 2015	18 augusti 2016	Sannolikhet för ingen skillnad mellan åren
			p
Skörd (kg TS ha ⁻¹)	6011 \pm 145	6302 \pm 146	0.18 (ej signifikant)
Proteinhalt havre %	12,3 \pm 0,8	9,5 \pm 0,2	0.002
Proteinhalt ärt %	16,4 \pm 0,2	16,2 \pm 0,4	0,69 (ej signifikant)
Proteinskörd (kg ha ⁻¹)	968 \pm 25	710 \pm 22	<0.0001
%Ndfa	81,6 \pm 1,0	71,3 \pm 3,1	0.0006
Kvävefixering (kg ha ⁻¹)	116 \pm 4	29 \pm 2	<0.0001

Att kvävet i mineralgödsel ger högre skördar av spannmål än motsvarande mängd kväve i flytgödsel är välkänt (Salomon 2008). Däremot har man inte tidigare vetat hur flytgödsel påverkat skördarna av samodlad ärt och havre. I en dansk studie fann man, till skillnad från vår studie, att totalskörden gynnades av gödsling med 60 kg totalkväve i flytgödsel i samodling av korn och ärt till mogen skörd. Detta gällde dock bara halmskörden och gödsling med halmblandad fastgödsel påverkade inte skörden (Eriksen et al. 2004). I en studie med halmrik hästgödsel påverkades inte vare sig ärthalten eller skörden av ärt/havre av gödslingen, i likhet med våra resultat, men skörden av efterföljande gröda blev högre (Jannoura et al. 2013). Ingen av dessa studier gödslade med mineralkväve som jämförelse.

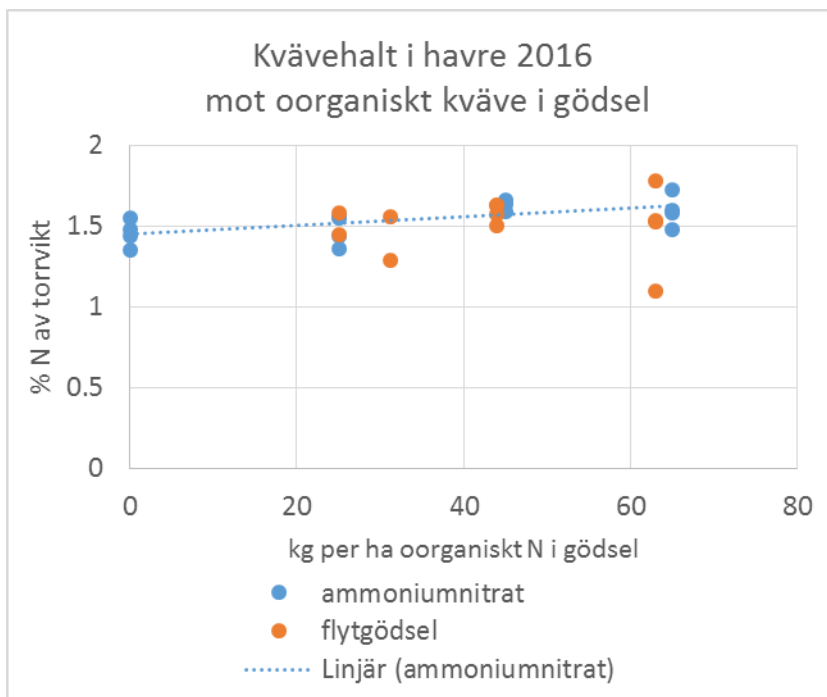
Andelen kväve i ärterna som kom från atmosfären, % Ndfa, var lägre 2015 i de rutor som gödslats med mer ammoniumnitrat (figur 1, korrelation $-0,62$ $p=0,01$) Året därpå, då ärthalten var lägre påverkades däremot inte % Ndfa av gödslingen. Flytgödseln påverkade inte alls % Ndfa. Däremot var det ingen signifikant skillnad mellan behandlingarna i kvävefixering per ha något av åren. År 2015 när ärterna dominerade helt var också andelen kväve från atmosfären större än 2016 då konkurrensen från havren var kraftigare (Tabell 3). Tvärt emot våra resultat så ökade i Mellansverige effektiviteten i kvävefixeringen vid lägre ärthalt (Geijersstam et al. 2006). I vår studie beror troligen både den lägre andelen kväve från atmosfären och minskningen av ärtandelen från första till andra provtagningen 2016 dels på att marken hade lägre pH och dels på kraftig konkurrens från havren. Det är välkänt att örter gynnas av ett pH över 6,0 (Fogelfors 2001).



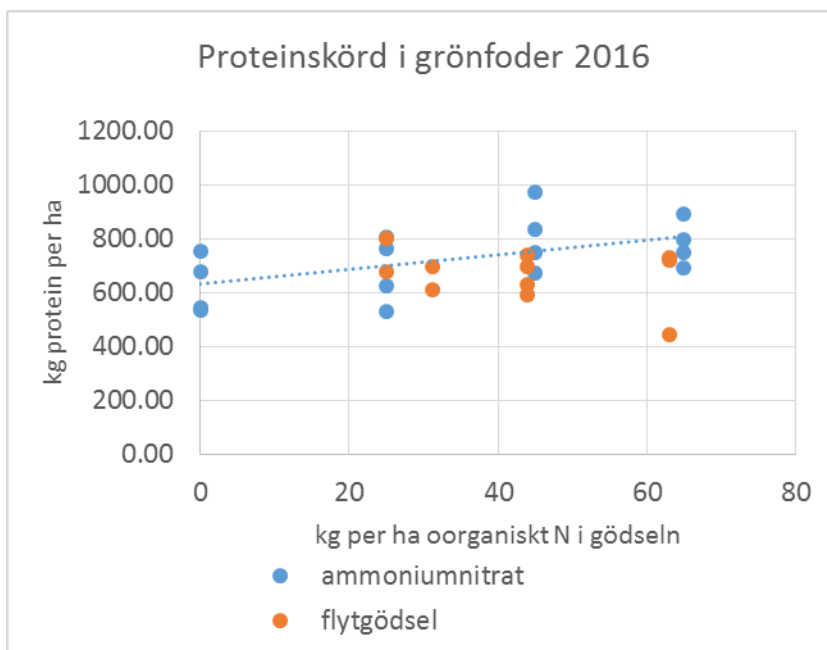
Figur 1. Andel N från atmosfären i årt 2015 mot mängd oorganiskt kväve i antingen ammoniumnitrat eller flytgödsel. Den streckade linjen är en linjär regression för den ogödslade kontrollen och ammoniumnitratgödslade ytor.



Figur 2. Skörd av grönfoder (torrsbstans) mot mängd oorganiskt kväve i antingen ammoniumnitrat eller flytgödsel. Den streckade linjen är en linjär regression för den ogödslade kontrollen och ammoniumnitratgödslade ytor.



Figur 3. Halt av kväve i havre mot mängd oorganiskt kväve i antingen ammoniumnitrat eller flytgödsel. Den streckade linjen är en linjär regression för den ogödslade kontrollen och ammoniumnitratgödslade ytor.



Figur 4. Proteinskörd i ärt/havre grönfoder 2016 mot mängd oorganiskt N i kväve i antingen ammoniumnitrat eller flytgödsel. Den streckade linjen är en linjär regression för den ogödslade kontrollen och ammoniumnitratgödslade ytor.

I en dansk studie av ärt/korn gödslat med antingen 5 eller 40 kg urea-N per ha minskade andelen ärt från 45 % efter 33 dagar till 33 % efter 112 dagar vid den högre gödslingsnivån, till skillnad från vår studie, medan ärtandelen ökade från 48 % till 53 % vid den lägre gödslingsnivån (Andersen et al. 2004). Detta förklarades med kraftigare konkurrens från kornet vid högre gödsling.

Mängden skördat protein för hela grödan påverkades inte av gödslingen 2015 då ärthalten var hög. Däremot gav gödsling med mer ammoniumnitrat högre proteinskörd 2016 (Figur

4, korrelation $r=0.54$ $p=0,031$). Proteinskörden var dock ordentlig högre överlag 2015 än 2016 på grund av den högre ärthalten (Tabell 3). Den faktor som påverkade proteinskörden mest 2016 var den totala skördenivån. Det var inga signifikanta skillnader mellan mineralgödsel och flytgödsel vad gäller kvävehalt i grödan eller kvävefixering.

Mängd oorganiskt kväve i marken

Det var inga signifikanta skillnader mellan de olika behandlingarna i varken ammonium eller nitrathalter 2015 eller 2016. År 2016 var nitralthalterna i en del prover förhöjda direkt efter skörd jämfört med halterna före försökets start (Tabell 5). Detta förekom dock även i den ogödslade kontrollen. Markens oorganiska kväve dominerades av ammonium i matjorden och av nitrat i alven. Båda åren var nitralthalterna relativt höga i alven. Detta kan bero på att grödan året innan var potatis, en gröda som jordbearbetas mycket vilket kan gynna kvävemineraliseringen. En anledning till att vi hittat små skillnader i kväve i mark och gröda från olika gödselbehandlingar kan vara att försöksmarken sedan lång tid gödslats regelbundet med 30 ton nötflytgödsel per ha vid två tillfällen per sex år, d.v.s. i medeltal 10 ton per ha och år. I en amerikansk studie hade jord som gödslats med fastgödsel från kött djur under 13 år lägre växttillgänglighet av nyligen tillsatt kväve, i jämförelse med mineralgödslad jord, på grund av större upptag av kvävet från markmikrober (Mallory et al. 2007).

Tabell 5. Mängd ammonium, NH_4^+ och nitrat, NO_3^- (kg N per ha), i markprover från tre djup: 0-30, 30-60 och 60-90cm. Proverna är från tre tillfällen i varje försök: före gödning, direkt efter skörd och i slutet av oktober. Analyserade prover är från ogödslad kontroll, flytgödsel hög och mineralkväve hög och de resultat som presenteras är medelvärden av alla tre behandlingarna (n=12).

Tidpunkt för provtagning	Mängd oorganiskt kväve (kg N per ha och djup) medelvärde±standardfel				
		2015		2016	
		Provtagningsdjup (cm)	NH_4^+	NO_3^-	NH_4^+
Före gödning och sådd	0-30	14,6±2,2	11,0±3,5	15,9±0,7	1,3±0,1
	30-60	4,3±0,9	40,0±5,5	3,2±0,1	22,8±2,4
	60-90	4,0±0,4	34,1±4,3	2,8±0,1	25,7±2,9
Direkt efter skörd	0-30	-	-	10,5±0,6	1,9±0,2
	30-60	-	-	3,4±0,2	37,9±4,5
	60-90	-	-	2,8±0,1	27,0±2,6
Slutet av oktober	0-30	14,0±1,7	10,4±3,6	10,7±0,2	1,3±0
	30-60	3,7±0,3	33,0±4,2	2,9±0,5	25,3±2,3
	60-90	3,5±0,1	39,5±5,2	2,7±0	21,9±1,0

Fodrets kemiska sammansättning och egenskaper i gas in-vitro-experimentet

Våra ärt/havre-foder hade samma råproteinhalt som det använda vallfodret 2015 när ärthalten var 90 % (Tabell 6). År 2016 när det bara var 25 % ärt var råproteinhalten betydligt lägre. NDF-halten var lägre än i vallfodret båda åren. Stärkelsehalten var högre 2015 än 2016, medan NDF-halten var betydligt högre 2016 än 2015 i ärt/havrefodret. I en studie av mjölkproduktion med ärt/havreensilage blandat med vallfoder var råproteinhalten i ärt/havre-ensilaget 143g/kg TS. Detta är något lägre än vår halt för 2015 men betydligt högre än 2016, troligen beroende på att ärthalten (52 %) också låg mellan ärthalterna 2015 och 2015 i vår studie (Rondahl et al. 2007). Stärkelsehalten i (Rondahl et al. 2007) var

högre än i våra ärt/havrefoder båda åren och NDF-halten var lägre än 2016, vilket pekar på att vi skördat i ett något tidigare utvecklingsstadium än de gjorde. Vårt foder var dock inte ensilerat, vilket också kan påverka jämförelsen.

Tabell 6. Fodrens kemiska sammansättning i gas *in-vitro*-experimentet (g/kg TS).

	Vall	Ärt-havre 2015	Ärt-havre 2016	Korn
Torrsubstans (g/kg)	927	921	937	891
Aska	59	58	83	28
Råprotein	157	157	106	125
NDF ¹	576	345	558	193
Stärkelse	24	134	103	568
Råfett	-	15	17	23

¹NDF = Neutral detergent fiber.

Här redovisas bara gas *in-vitro*-resultaten för de foderstater som inte innehåller rapsmjöl.

NDF-smältbarheten var högre i foderstaten med enbart vallfoder än med ärt/havre båda åren (Tabell 7 och 8). Metanproduktionen var högre för ärt/havren än för vallfodret år 2015. Detta kan ha berott på en totalt sett högre smältbarhet av det organiska materialet i ärt/havren 2015 även om NDF-smältbarheten var lägre. Detta resonemang stöds av en studie *in vivo* med får som visade större nedbrytningshastighet totalt och för råprotein för rent ärtensilage än för ärt/vete-ensilage dominerat av vete även om NDF-nedbrytningen var mindre för rent ärtensilage (Salawu et al. 2002). Foderstaterna med ärt/havre hade högre halt av ammoniak-N 2015 och lägre halt 2016 när havren dominerade. Det fanns en signifikant kvadratisk effekt på användbart råprotein 2015 som gjorde att detta var högre i blandningen mellan vallfoder och ärt/havre än i grovfodren var för sig. År 2016 när havren dominerade var de uppmätta fodervärdena lägre i det blandade grovfodret och i ärt/havrefodret jämfört med rent vallfoder (Tabell 8).

Tabell 7. Foderstaternas inverkan (ärt/havre från 2015) på NDF-smältbarhet (g/kg), användbart råprotein i tunntarmen (uCP₁₆, g/kg TS), metanproduktion (ml/g OM) samt medelvärdet av ammoniak-N-proven tagna vid olika tider (mg/l).

Grovfoder	NDF-smältbarhet	Metan	Ammoniak-N ¹	uCP ₁₆
Vall	694	37,7	81,7	175
Vall och ärt-havre 2015	620	43,4	85,8	176
Ärt-havre 2015	583	49,5	85,2	164
Kontraster*				
ÄH Lin	<0,001	<0,001	0,420	0,713
ÄH Q	0,238	0,242	<0,05	<0,01

*ÄH Lin = linjär effekt från foderstatens andel av ärt-havregrovfoder; ÄH Q = kvadratisk effekt från foderstatens andel av ärt-havregrovfoder

Tabell 8. Foderstaternas inverkan (Ärt/havre från 2016) på NDF-smältbarhet (g/kg), användbart råprotein i tunntarmen (uCP₁₆, g/kg TS), metanproduktion (ml/g OM) samt medelvärdet av ammoniak-N-proven tagna vid olika tider (mg/l).

Grovfoder	NDF-smältbarhet	Metan	Ammoniak-N	uCP ₁₆
Vall	698	37,8	82,6	173
Vall och ärt-havre 2016	589	37,6	80,3	159
Ärt-havre 2016	509	37,7	74,1	148
Kontraster*				
ÄH Lin	<0,001	0,181	<0,001	<0,001
ÄH Q	0,142	0,529	0,342	0,654

*ÄH Lin = linjär effekt från foderstatens andel av ärt-havregrönfoder; ÄH Q = kvadratisk effekt från foderstatens andel av ärt-havregrönfoder

Slutsatser

Ärt/havre skördat som helsäd gynnas inte av kvävegödsling när man förväntar sig en hög andel ärtor i grödan. När havre dominerar kan skörden och proteinhalten i havren gynnas av gödsling med 45-65 kg ammoniumkväve per ha. Nötflytgödsel har däremot ingen positiv effekt på grödan vare sig när ärten eller havren dominerar, så resultaten från detta projekt indikerar att man inte behöver tillföra någon stallgödsel till ärt/havre. Våra slutsatser begränsas dock till den typ av jord som vi använt i försöken, d.v.s. välgödslad mo/mjälajord. Varken för mineralkväve eller nötflytgödsel fanns det någon ökad ackumulering av ammonium- eller nitratkväve i jorden jämfört med den ogödslade kontrollen, så risken för kväveläckage ökade inte på denna typ av jord. Kvävefixeringen och konkurrensförmågan hos ärten var lägre 2016 då markens pH var lägre än 2015. Samtidigt är det också andra faktorer som skiljer mellan försöksåren som temperatur, nederbörd och utsädesblandning vilket också kan ha påverkat ärtens konkurrenskraft och kvävefixering. Ärt-rikt grönfoder kombinerat med vallfoder gav högre halt användbart protein i tunntarmen än fodren var för sig vid analys *in vitro*. För att få en proteinrik och stärkelserik grönfodergröda bör man eftersträva en hög andel ärtor i blandningen.

Referenser

- Andersen, M. K., H. Hauggaard-Nielsen, P. Ambus and E. S. Jensen (2004). "Biomass production, symbiotic nitrogen fixation and inorganic N use in dual and tri-component annual intercrops." Plant and Soil **266**(1-2): 273-287.
- Cone, J. W., A. H. vanGelder, G. J. W. Visscher and L. Oudshoorn (1996). "Influence of rumen fluid and substrate concentration on fermentation kinetics measured with a fully automated time related gas production apparatus." Animal Feed Science and Technology **61**(1-4): 113-128.
- Ericson, L. (2011). Norrländsk växtodling, LRF Västerbotten.
- Eriksen, J., M. Askegaard and K. Kristensen (2004). "Nitrate leaching from an organic dairy crop rotation: the effects of manure type, nitrogen input and improved crop rotation." Soil Use and Management **20**(1): 48-54.
- Fogelfors, H. (2001). Växtproduktion i jordbruket. Borås, Natur och Kultur /LTs förlag.

- Geijersstam, L. A. F. and A. Martensson (2006). "Nitrogen fixation and residual effects of field pea intercropped with oats." Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science **56**(3): 186-196.
- Jannoura, R., C. Bruns and R. G. Joergensen (2013). "Organic fertilizer effects on pea yield, nutrient uptake, microbial root colonization and soil microbial biomass indices in organic farming systems." European Journal of Agronomy **49**: 32-41.
- Larsson, M. 2019 Nitrogen fixation, biomass production and risk of leaching in pea/oat intercrops as affected by organic and inorganic nitrogen fertilization. Manuscript in writing intended for Field Crops research
- Mallory, E. B. and T. S. Griffin (2007). "Impacts of soil amendment history on nitrogen availability from manure and fertilizer." Soil Science Society of America Journal **71**(3): 964-973.
- Neumann, A., K. Schmidtke and R. Rauber (2007). "Effects of crop density and tillage system on grain yield and N uptake from soil and atmosphere of sole and intercropped pea and oat." Field Crops Research **100**(2-3): 285-293.
- Neumann, A., J. Werner and R. Rauber (2009). "Evaluation of yield-density relationships and optimization of intercrop compositions of field-grown pea-oat intercrops using the replacement series and the response surface design." Field Crops Research **114**(2): 286-294.
- Rondahl, T. (2008). Ärt/havre-ensilage - hemodlat proteinfoder till mjölkkor. Nytt från institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap - husdjur. G. Bernes. Umeå, Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap: 4.
- Rondahl, T., J. Bertilsson and K. Martinsson (2007). "Mixing whole-crop pea-oat silage and grass-clover silage: positive effects on intake and milk production of dairy cows." Grass and Forage Science **62**(4): 459-469.
- Salawu, M. B., A. T. Adesogan, M. D. Fraser, R. Fychan and R. Jones (2002). "Assessment of the nutritive value of whole crop peas and intercropped pea-wheat bi-crop forages harvested at different maturity stages for ruminants." Animal Feed Science and Technology **96**(1-2): 43-53.
- Salomon, E. (2008). Stallgödselns kväveverkan på skörden. JTI-rapport. Uppsala, JTI-Institutet för jordbruks- och miljöteknik: 40.
- Willberg, S. (2018) Inverkan av ärt-havregrönfoder och rapsmjöl i vallbaserade foderstater på smältbarhet, våmjäsning och metanproduktion in vitro. Magisteravhandling, Helsingfors universitet, Institutionen för lantbruksvetenskaper, Husdjursvetenskap. <https://helda.helsinki.fi/>

DISTRIBUTION:

**Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap
901 83 UMEÅ**

www.slu.se/njv
