

Kväveeffekt av organiska gödselmedel till vår- och höstsäd

Sammanfattning

Från sju fältförsök i havre kunde man konstatera att kvävegödslingseffekten av olika organiska gödselmedel till stor del avgörs av gödselns kol/kväve-kvot. Ju lägre kvot desto snabbare effekt, enligt ett linjärt samband där en kvot på 4 innebär att ca 70 % av kvävet betraktas som mineralgödselkväve, medan motsvarande siffra för en på kvot 9 bara är ca 40 %. Sambandet skiljer dock något mellan försök. Vid tidigare sådd och längre period för kväveupptag hade kol/kväve-kvoten mindre betydelse än vid sen sådd där det fanns kortare tid för gödseln att omsättas innan avslutat kväveupptag.

Från åtta försök i höstvetete kunde man konstatera att nedbrukning av gödsel i växande gröda kan öka skörden ibland, men inte alltid. Två förutsättningar för att skörden skall öka är att nedbrukningen lyckas och att det finns ett behov av nedbrukning. Störst effekt fick man av nedbrukning av pelleterat köttbenmjöl, som både går att bruka ner effektivt med såmaskin och som gynnas av nedbrukning om väderleken efter spridning är torr. Spridning av gödsel på senhösten gav sämre effekt på skörd jämfört med spridning på våren. Däremot kunde det vara fördelaktigt att komma ut och gödsla tidigare på våren.

Summary

Results from seven field trials in oats confirmed that the mineral fertilizer equivalent of nitrogen in organic residues is dependent on its carbon/nitrogen ratio. The smaller ratio, the larger effect in the short term, according to a linear function where a ratio of 4 means that about 70 % of the total N will be equally available as mineral N, whereas the corresponding percentage for a ratio of 9 is only about 40 %. The regression coefficient differs between experiments. With early sowing and longer period for nitrogen uptake, the carbon/nitrogen-ratio had smaller effect than if sowing was late and there was shorter time for nitrogen release before crop nitrogen uptake ceased.

From eight experiments in winter wheat, it was concluded that soil incorporation of organic fertilizers in the growing crop increase yield in some cases, but not always. The yield is only increased in cases when there is a need for incorporation and when incorporation is successful. The largest effect was received from incorporation of pelleted meat meal, which is easy to incorporate efficiently with sowing machine and which is favored by incorporation at dry weather conditions. Application of organic fertilizers in late autumn resulted in lower effect on yield compared to application in spring. However, it could be beneficial to apply earlier in spring.

Bakgrund och syfte

Det är nödvändigt både i ekologisk och konventionell odling att förfina metoderna att anpassa insatsmedel för att nå god produktionsekonomi och minimera negativa miljöeffekter.

Organiska gödselmedel bör precis som mineralgödselmedel tillföras vid en tidpunkt och på ett sådant sätt att kväveutnyttjandet och kväveförsörjningen blir optimal för grödan. Till detta krävs också att gödselmedlets potentiella gödslings effekt är känt, så att rätt mängd tillförs.

I dagsläget används förutom stallgödsel en rad nya organiska gödselmedel. Dessa består av olika blandningar av bl.a. organiska restprodukter från livsmedelsindustrin, t.ex. köttmjöl, blodmjöl, vetesirap från etanoltillverkning och Vinass från jästillverkning. Då man saknar en etablerad metod att ange förväntad effekt av kvävet i denna typ av gödselmedel, undersöktes några olika metoder i ett tidigare projekt (Delin m. fl. 2010). Då fann man att kol/kvävekvoten har potential att bli en sådan metod, då den med ganska god precision avslöjar hur växttillgängligt kvävet är på kort sikt i ett krukförsök. Innan denna metod kan accepteras av praktiker, bör man visa om det även fungerar i praktiken.

Att testa kväveeffekten av olika gödselmedel är lämpligt i vårsäd, då det möjliggör nedbrukning före sådd på våren och det enskilda året därmed inte får lika stort inflytande på effekten. Samtidigt är det självklart viktigt att också undersöka hur man bäst får bra effekt även i höstsäd. Många lantbrukare vill hellre sprida organiska gödselmedel på hösten, för att kunna bruka ner det före sådd. Risken för utlakningsförluster efter höstspridning är dock stor. Man är rädd för att bruka ner det i växande gröda p.g.a. skador på grödan, och de sprider därför utan nedbrukning på våren. Risken med vissa fasta gödselmedel är dock att mineraliseringen blir försenad p.g.a. dålig jordkontakt om väderleken är torr. Från många gödselmedel kan man även få ammoniakförluster. Beroende på gödselmedlets beskaffenhet och väderleken det enskilda året kan nedbrukning vara att föredra. I ekologisk odling, där man är hänvisad till organiska gödselmedel vid vårgödsling, är det extra viktigt att få god kväveeffekt. Det finns dock lite dokumenterat om nedmyllningens effekt.

Studier av hur fort kvävet blir tillgängligt från ett antal organiska gödselmedel har utförts i inkubationer såväl i fält (Delin & Engström, 2010) som i laboratorium (Delin m.fl., 2010). Låga temperaturer och/eller torra förhållanden på våren gör att det finns en risk för långsam kväveverkan och svag effekt om inte myllning och därmed god jordkontakt skapas. Effektiviteten hos några organiska gödselmedel har undersökts i vårvete (Wallenhammar et al. 2007, i vårstråsäd (Gruvaeus, 2003) och höstraps (Stenberg et al. 2011) där även spridningstidpunkt och nedmyllning studerades, men liknande studier saknas för höstvete. Förutom nötflytgödsel, pelleterat köttbenmjöl och kycklinggödsel är rötresterna från biogasanläggningar ett intressant gödselmedel. Tillgången på rötresterna kommer att öka i framtiden och kvaliteten kommer att vara olika på grund av ursprung. Rötresterna har framgångsrikt använts i fältförsök till rajsvingel (Hykor) (Wallenhammar, sakrapport SJV). Både i ekologisk och konventionell odling är det intressant att veta hur man ska förhålla sig till spridning av organiska gödselmedel i höstvete. Många odlare som har tillgång till stora kvantiteter av kycklinggödsel odlar ofta i huvudsak höstvete. Att sprida kycklinggödsel till höstvete på hösten innebär en utlakningsrisk (Delin och Engström, 2010) och har i danska försök visat sig vara ett sämre alternativ än spridning på våren (Birkmose, 2009).

Kväveeffekten av organiska gödselmedel undersöktes dels i havre och dels i höstvet. Syftet med havreföröken var att se om kvävegödslingseffekten av några olika organiska gödselmedel i fält kan relateras till kol/kväve-kvoten på samma sätt som i krukförsök. Dessutom undersöks även kväveefterverkan andra året. Höstveteförsöken syftade till att belysa effekten av nedbrukning i växande gröda kontra att ej bruka ner i höstvet i några utvalda gödselmedel. Dessutom undersöktes om sen höstspridning av köttbenmjöl respektive kycklinggödsel kan vara en fördel jämfört med vårspridning.

Hypoteserna var:

- 1) Kol/kväveknoten avslöjar kvävegödslingsvärdet på olika organiska gödselmedel till vårsådda grödor i fält.
- 2) Kvävegödslingseffekten för organiska gödselmedel till höstvet kan beroende på gödselmedel förbättras genom nedmyllning jämfört med bredspridning på våren.
- 3) Spridning av organiska gödselmedel på senhösten till höstvet ger sämre kväveeffekt än spridning på våren.

Metodbeskrivning

Försöksplatser

Tre randomiserade blockförsök (fyra block) per år i havre och tre i höstvet anlades 2012, 2013 och 2014 (totalt 9 försök av varje gröda). De två första åren (2012-2013) har ett försök i vardera gröda förlagts till Lilla Böslid i Halland, Lanna i Västergötland och Brunnby i Västmanland (höstvet) alternativt Börje i Uppland (havre). Då försöken i Uppland och Västmanland gett resultat som varit svåra att använda, p.g.a. sämre tillgång till erforderlig teknik och/eller torka och sen sådd, dubblerades det sista året istället antalet försök i Halland och försöken slopades i Svealand.

Försök i havre

Några vanligt förekommande organiska gödselmedel valdes att jämföras med en kvävestege i havre (tabell 1). Kvävegivan för de organiska gödselmedlen varierade mellan 70 och 140 kg N/ha (tabell 1) och gödseln spreds och brukades ner strax före sådd. Syftet med kvävestegen var att se vilken mineralgödselgiva kväveeffekten av ett visst gödselmedel motsvarar. Stegen 0, 40, 80 och 100 kg N/ha, då effekten av de organiska medlen bör hamna inom detta område.

Tabell 1. Försöksplan och tillförda kvävemängder (kg tot-N per ha) i olika led i nio försök med havre i placerade i Halland (H), Västergötland (V) och Uppland (U) under 2012-2014.

	2012			2013			2014		
	H	V	U	H	V	U	H	H	V
A Ingen kvävegödsel	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B Axan	40	40	40	40	40	40	40	40	40
C Axan	80	80	80	80	80	80	80	80	80
D Axan	100	100	100	100	100	100	100	100	100
E Svinflytgödsel	68	99	85	73	64	98	113	113	140
F Nötflytgödsel	109	111	135	156	74	80	143	143	107
G Köttmjöl, Biofer	72	72	72	65	80	80	80	80	80
H Köttmjöl, Ekoväx	70	70	70	72	80	80	80	80	80
I Rötrest 1	75	95	111	84	47	110	87	87	152
J Rötrest 2	73	50	122	65	64	97	76	76	96
K Kycklinggödsel	100	100	111	66	90	132	98	98	144
L Vinass	84	81	74	159	93	96	83	83	104

Såtiden i havre varierade mellan försök med tidig sådd i Halland 2014 och sen sådd i Västergötland 2013 och 2014 (tabell 2).

Försöksplats	År	Sådatum
Halland	2012	4 maj
Västergötland	2012	4 maj
Uppland	2012	16 maj
Halland	2013	25 april
Västergötland	2013	21 maj
Uppland	2013	8 maj
Halland	2014	4 april
Halland	2014	6 april
Västergötland	2014	22 maj

Kolkväve-kvoten varierade mellan gödselslag, med högst kvot i Nötflytgödsel och kycklinggödsel och lägst kvot i rötrest och svinflytgödsel (tabell 3).

Tabell 3. Kol/kväve-kvot i den organiska gödseln använd i de nio försöken med havre i Halland (H), Västergötland (V) och Uppland (U) under 2012-2014.

	2012			2013			2014		
	H	V	U	H	V	U	H	H	V
E Svinflytgödsel	3,5	4,3	3,5	4,1	6,8	3,0	5,8	5,8	5,0
F Nötflytgödsel	9,2	9,4	11,0	11,0	9,8	4,7	9,4	9,4	8,0
G Köttmjölspellets 1	5,1	5,1	5,1	5,0	5,8	5,3	4,5	4,5	4,5
H Köttmjölspellets 2	5,1	5,1	5,1	2,6	5,8	5,3	4,8	4,8	4,5
I Rötrest 1	3,8	8,9	4,7	4,5	2,7	3,5	2,5	2,5	3,0
J Rötrest 2	1,8	1,6	3,1	4,0	7,8	0,9	1,5	1,5	6,8
K Kycklinggödsel	12,2	8,1	8,1	9,1	9,7	7,2	12,2	12,2	7,2
L Vinass	6,4	7,2	7,3	6,9	7,2	5,9	6,6	6,6	6,0

Försök i höstvet

Tre olika gödselmedel, med och utan nedbrukning efter spridning på våren, testades mot en kvävestege (tabell 4). Försöken placerades i befintliga höstvetebestånd. Kvävegivan för de organiska gödselmedlen varierade mellan 80 och 161 kg N/ha totalkväve (Tabell 5). Varje gödselmedel övergödslades och i hälften av leden brukades de ner med tillgänglig utrustning (ogräsharv, såmaskin eller myllningsaggregat) ca. 5 cm i höstvetet på våren. Rutstorleken anpassades så att den var tillräcklig för provtagningar och för spridning av gödselmedel samt nedbrukning med tillgänglig utrustning. Spridningstidpunkten på våren för respektive gödselmedel anpassades så att det mesta av kvävet fanns tillgängligt strax innan begynnande stråskjutning (DC30). För de mer långsamverkande gödselmedlen dvs. pelleterat köttmjöl och kycklinggödsel innebar detta att det sprids vid tillväxtens start, en månad innan DC30. För gödselmedlen svinflytgödsel och rötresten med snabbare tillgängligt kväve, skedde spridningen i DC 23. Bredspridning av gödsel på senhöst/vinter utfördes i november-februari i fyra försök. I ett försök spreds gödseln tidigt på våren istället då det inte gick att komma ut under senhöst/vinter (Tabell 3).

Kväveupptag och skörd

För att studera kvävetillgängligheten efter de olika gödselmedlen under växtsäsongen bestämdes grödans kväveinnehåll någon gång i DC32-51 genom N-sensormätningar i alla block samt klippning av grödan och analys av kväveinnehållet i ett block. Mineralkväve i marken (ammonium och nitrat för 0-30, 30-60 cm) bestämdes vid skörd. För att följa kväveleveransen ytterligare under hösten såddes rajgräs in i vårsåden och skördades senare på hösten.

Tabell 4. Försöksplan i höstvet

Led	Gödslingsnivå
A.	0 kg N/ha mineral gödsel
B.	60 kg N/ha mineral gödsel
C.	80 kg N/ha mineral gödsel
D.	120 kg N/ha mineral gödsel
E.	60 kg N/ha mineral gödsel, kontrollerad nedbrukning
F.	Köttmjöl, ej nedbrukat
G.	Köttmjöl, nedbrukat
H.	Rötrest, ej nedbrukat
I.	Rötrest, nedbrukat
J.	Kycklinggödsel, ej nedbrukat
K.	Kycklinggödsel, nedbrukat
L.*	Kycklinggödsel senhöst
M.*	Köttbenmjöl senhöst

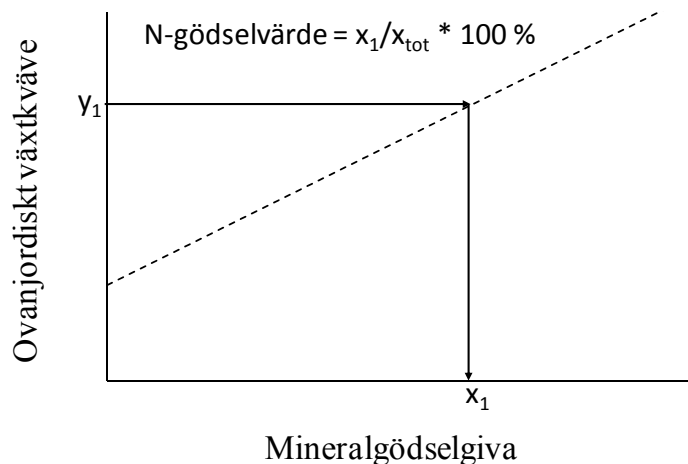
*Led L och M finns bara med år 2 och 3, då det inte rymdes inom projektperioden år 1.

Tabell 5. Total-N i gödselgivor och spridningsdatum på vår och höst/vinter i åtta försök 2012-2014.

Försöksplats:	Västergötland		Halland		Västmanland	
	TotalN-giva Vår (höst) kg-N/ha	Spridnings- datum vår (höst/vinter)	TotalN-giva Vår (höst) kg-N/ha	Spridnings- datum vår (höst/vinter)	TotalN-giva Vår (höst) kg-N/ha	Spridnings- datum vår (höst/vinter)
2012						
Total-N i köttmjöl	96	18/4	96	4/5	96	19/4
Total-N i rötrest	-	-	120	3/5	142	19/4
Total-N i kycklingg	138	18/4	120	4/5	133	19/4
2013						
Total-N i köttmjöl	81 (80)	7/5 (11/2)	120 (120)	25/4 (15/4)	120 (120)	11/4 (26/11)
Total-N i rötrest	106	23/5	160	15/5	204	2/5
Total-N i kycklingg	109 (111)	7/5 (11/2)	120 (120)	25/4 (15/4)	161 (161)	11/4 (26/11)
2014						
Total-N i köttmjöl	108 (105)	3/4 (9/12)	102 (102)	31/3 (13/12)	-	-
Total-N i rötrest	139	29/5	135	24/4	-	-
Total-N i kycklingg	151 (108)	3/4 (9/12)	120 (120)	31/3 (13/12)	-	-

Beräkningar

Kärnskornden från mineralgödslande led plottades mot kvävegivan till vilken en andragsgradsfunktion anpassa. Likaså plattades kväveskornden från mineralgödslande led mot kvävegivan, från vilken en linjär funktion kunde anpassas (figur 1). Från dessa beräknades vilken mineralkvävegiva skördeökningen respektive kväveskornden i de olika leden med organiskt gödsel motsvarade (figur 1), hädanefter benämnt gödselns ”kvävegödslingsvärde” eller MFE (mineral fertiliser equivalent), uttryckt i procent av tillfört totalkväve.



Figur 1. Beräkning av kvävegödslingsvärdet (MFE) hos organiska gödselmedel, där man utgår från vilken mineralgödselgiva (x_1) kärnskornden alternativt kväveskornden (y_1) motsvarar enligt funktionen skörd/kväveskörd vid olika mineralgödselgiva (streckad linje) uttryckt i procent av tillförd totalkvävemängd (x_{tot}).

Resultat

Havreskörd

Skörderesponsen på kväve varierade mellan försök. I Halland ökade skörden med ca 30 kg kärna per kg N tillförd mineralgödsel i alla fyra försök. I Västergötland var det kraftigast skörderespons 2012 (40 kg per kg N), medan den var låg 2013 och 2014 (15-20 kg per kg N) då havren såddes sent (tabell 6). I Uppland var det låg skörderespons (10-15 kg per kg N) i båda försöken. Skördeeffekten av organiskt gödslande led låg i samtliga fall på nivåer kväve fortfarande är skördebegränsande, vilket är en förutsättning för att siffrorna kan användas för att beräkna kvävegödslingseffekt. Däremot antydde den låga responsen i Uppland att det var något annat som också begränsade skörden. Detta gör det svårare att tolka resultaten från dessa försök. För att jämföra skörden mellan organiskt gödslande led inom ett försök krävs det att man tar hänsyn till hur mycket kväve som spreds ut med den organiska gödseln (tabell 1). För att jämföra effekten mellan olika försök bör man också ta hänsyn till responsen på

mineralgödsel i det försöket. Båda dessa saker beaktas vid beräkning av mineralgödsvärde (Mineral fertiliser equivalent, MFE) som presenteras i tabell 7.

Tabell 6. Kärnskörd av havre i olika led i de nio försöken i Halland (H), Västergötland (V) och Uppland (U).

	2012			2013			2014		
	H	V	U	H	V	U	H	H	V
A 0 kg N/ha	4136	2553	1503	2275	3498	2621	3577	5060	1419
B 40 kg N/ha	5418	4626	2144	3630	4110	3886	4699	7188	2349
C 80 kg N/ha	6152	5742	2435	5133	5159	3888	6102	7885	2566
D 100 kg N/ha	6399	6458	2493	5317	2307	3869	6815	7809	2890
E Svinflytgödsel	5415	4080	1806	3401	3834	3398	4930	6872	2955
F Nötflytgödsel	5666	4107	1446	3692	4769	3259	5384	6950	1983
G Köttmjölspellets 1	5541	5506	2502	3776	5017	3788	5028	6870	2621
H Köttmjölspellets 2	5143	5076	2204	4041	3757	3633	4921	6909	2624
I Rötrest 1	5356	4135	1489	3975	3166	2956	5013	7008	2997
J Rötrest 2	5948	4698	1993	3224	3899	3086	5126	7082	2183
K Kycklinggödsel	5291	4249	1685	5291	4249	1685	5034	6200	2581
L Vinass	5946	5229	2079	5946	5229	2079	5126	7082	2414
LSD	536	215	420	550	504	479	539	613	305

Mineralgödsvärdet hos de organiska gödselmedlen, d.v.s. vilken mängd mineralgödsel som hade krävts för att uppnå samma skördeeffekt, mätt i procent av totalkvävet, presenteras i tabell 7. I försöken i Uppsala uteblev effekten helt eller nästan helt för vissa led. Eftersom effekten av mineralgödsel också var dålig, slår små skördeskillnader mycket på mineralgödsvärdet, och ger inte så tillförlitliga resultat. Vid beräkning av ett medeltal för alla försök, bör därför Uppsalaförsöken exkluderas. I försöken i Halland och Västergötland blev effekten för svinflytgödsel i medeltal ca 50 %, nötflytgödsel 30 %, köttmjölspellets 70 %, rötrest 60 %, kycklinggödsel 40 % och vinass 70 %.

Tabell 7. Mineralgödsvärde (Mineral fertiliser equivalent, MFE), beräknad utifrån vilken mineralgödsgiva effekten på kärnskörd motsvarar för de olika organiska gödselmedlen i de olika försöken.

	2012			2013			2014		
	H	V	U	H	V	U	H	H	V
E Svinflytgödsel	69%	35%	22%	44%	69%	25%	41%	30%	82%
F Nötflytgödsel	52%	32%	-3%	26%	33%	25%	42%	25%	23%
G Köttmjölspellets 1	72%	101%	87%	66%	61%	46%	62%	42%	95%
H Köttmjölspellets 2	52%	87%	63%	70%	71%	40%	58%	43%	95%
I Rötrest 1	60%	38%	-1%	57%	110%	10%	56%	42%	79%
J Rötrest 2	94%	102%	25%	42%	49%	5%	69%	50%	25%
K Kycklinggödsel	42%	39%	10%	32%	63%	8%	50%	22%	49%
L Vinass	81%	80%	48%	26%	93%	14%	69%	75%	49%

När man undersöker kvävegödslingsseffekt är det inte bara skördenivån som är relevant, utan även skördens kväveinnehåll. I tabell 8 presenteras kväveskörden, alltså mängden skörd bortförd med kärnskörd. Effekten av mineralgödsel var en ökning av kväveskörden med 0,4-0,5 kg per kg N tillförd mineralgödsel i kvävestegarna i alla tre försök i Halland och i två av försöken i Västergötland. Det tredje försöket i Västergötland och de andra i Uppland ökade med 0,3 kg per kg N tillförd mineralgödsel, medan försöket i Uppland 2012 bara ökade med 0,15 kg per kg N. Precis som för kärnskörd, måste man ta hänsyn till hur mycket kväve som spreds ut med den organiska gödseln (tabell 1) vid jämförelse av olika organiskt gödslade led. Därför har vi räknat ut mineralgödselvärdet (MFE) även utifrån kväveskörd, som presenteras i tabell 9.

Tabell 8. Mängd kväve bortförd med kärnskörd av havre i olika led i de nio försöken i Halland (H), Västergötland (V) och Uppland (U).

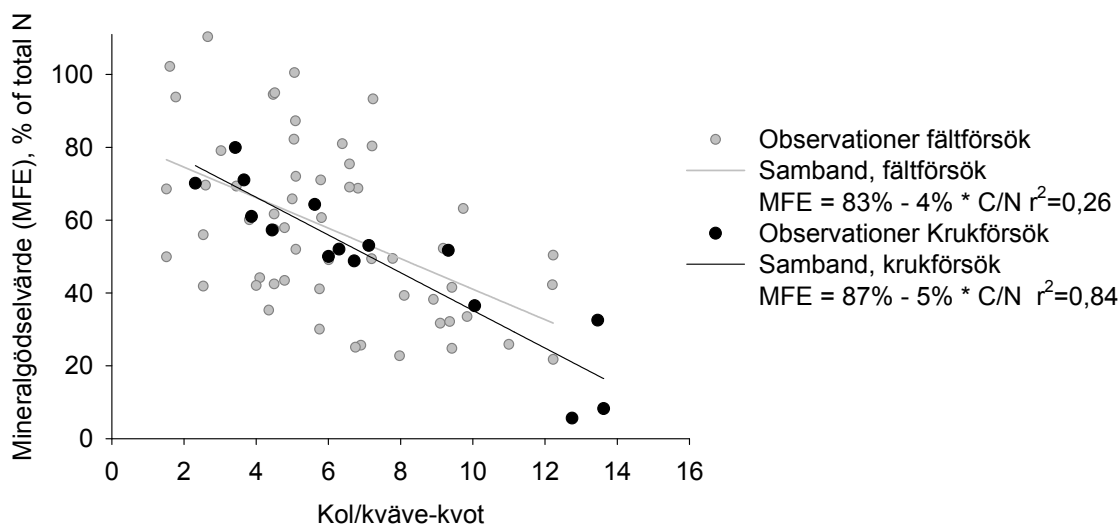
	2012			2013			2014		
	H	V	U	H	V	U	H	H	V
A 0 kg N/ha	52	37	21	33	30	30	42	60	24
B 40 kg N/ha	69	56	29	47	52	50	54	91	39
C 80 kg N/ha	82	70	34	70	72	55	73	106	45
D 100 kg N/ha	87	85	38	75	78	55	87	104	51
E Svinflytgödsel	71	48	25	46	49	41	58	85	51
F Nötflytgödsel	77	50	20	51	41	37	64	89	33
G Köttmjölspellets 1	73	68	36	50	54	47	56	83	45
H Köttmjölspellets 2	65	61	31	57	59	43	57	84	44
I Rötrest 1	70	49	21	54	52	34	58	87	51
J Rötrest 2	82	56	30	44	46	35	60	91	36
K Kycklinggödsel	69	47	24	40	58	36	61	73	45
L Vinass	81	65	29	53	77	36	63	103	41
	10	8	6	9	10	6	9	13	5

Mineralgödselvärdet beräknat utifrån kväveskörd (tabell 7) istället för från skörd (tabell 5) ger avvikelser i vissa enskilda fall, men sett i stora drag ser det likadant ut. Medeltalet för olika gödselslag ger samma resultat oavsett om det beräknas från kärnskörd eller kväveskörd.

Tabell 9. Mineralgödselvärdet (Mineral fertiliser equivalent, MFE), beräknad utifrån vilken mineralgödselgiva effekten på kväve bortfört med kärnskörd motsvarar för de olika organiska gödselmedlen i de olika försöken.

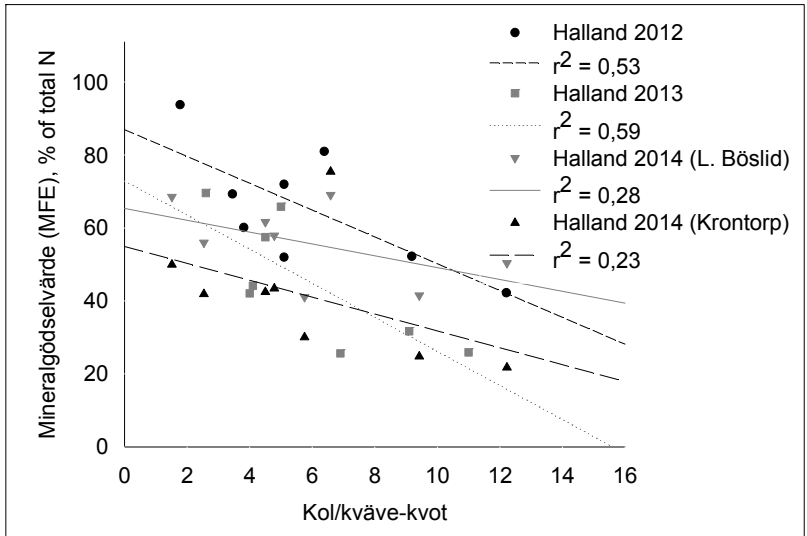
	2012			2013			2014		
	H	V	U	H	V	U	H	H	V
E Svinflytgödsel	68%	23%	23%	51%	54%	22%	42%	29%	70%
F Nötflytgödsel	59%	25%	-4%	30%	27%	17%	43%	26%	22%
G Köttmjölspellets 1	73%	103%	125%	70%	55%	43%	55%	36%	98%
H Köttmjölspellets 2	44%	78%	80%	80%	68%	33%	59%	38%	92%
I Rötrest 1	58%	27%	0%	62%	85%	7%	56%	39%	66%
J Rötrest 2	110%	80%	39%	49%	45%	10%	70%	51%	35%
K Kycklinggödsel	40%	21%	14%	30%	58%	9%	55%	17%	55%
L Vinass	91%	81%	54%	32%	103%	12%	70%	87%	54%

I figur 2 är mineralgödselvärdet (MFE) av de olika gödselmedlen plottade mot kol/kväve-kvoten. Den svarta linjen representerar det samband mellan MFE och kol/kväve-kvot som visat sig i ett tidigare krukförsök, medan den ljusgrå visar sambandet från fältförsöken. Regressionslinjerna sammanfaller, men spridningen är större i fältförsöken. Sambandet i varje enskilt fältförsök är egentligen bättre (figur 3-4), men lutningen på sambandet varierar något mellan försöken.



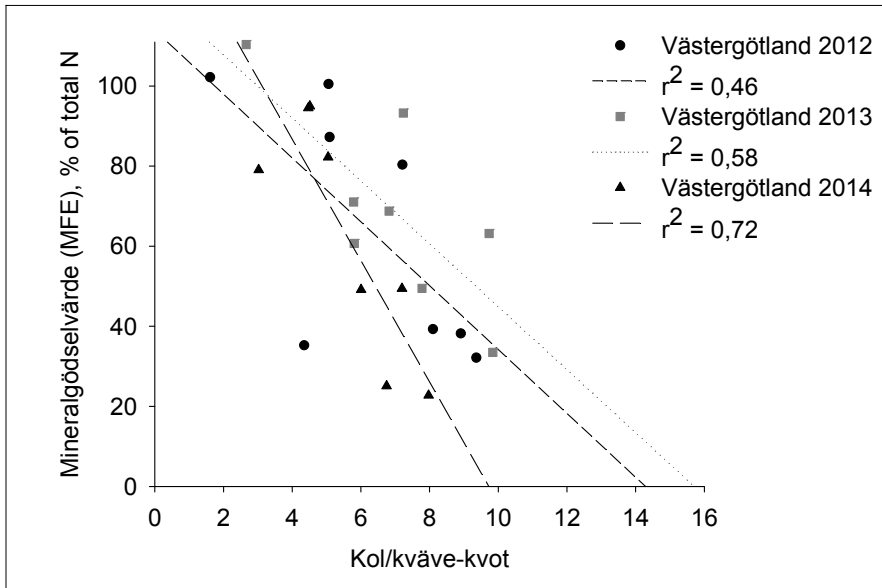
Figur 2. Mineralgödselvärdet för gödselmedel med olika kol/kväve-kvot från försöken i Halland och Västergötland 2012-2014 (grålinje) jämfört med försök i krukor (grå linje).

I Halland var lutningen på kurvorna ungefär samma som i krukförsöket under 2012 och 2013. Det sista året 2014, blev kurvorna flackare (figur 3).



Figur 3. Mineralgödselvärdet (MFE) för gödselmedel med olika kol/kväve-kvot från försöken i Halland.

Även i Västergötland hade sambandet ungefär samma lutning som i krukförsöket under 2012 och 2013, fast med lite högre värden på MFE (figur 4). Till skillnad från Halland blev lutningen istället brantare 2014, med större inverkan av C/N-kvoten på MFE.



Figur 4. Mineralgödselvärdet (MFE) för gödselmedel med olika kol/kväve-kvot från försöken i Västergötland.

Efterverkans effekter

Det var mycket små kvävegödslingseffekter på nästa års gröda. Kväveskörden året efter gödsling var i genomsnitt ca 2-5 kg N per ha högre i led som fått organisk gödsel än i led utan kvävegödsling, vilket motsvarar i medeltal 3 % av den kvävemängd som spridits ut med organisk gödsel första året (tabell 10). Men det var bara i ledet med Vinass som kväveskörden skilde sig statistiskt signifikant från ledet utan kvävegödsling sett över alla försök. Jämför man istället kväveskörden i organiskt gödslade led med det led som fått 40 kg N per ha som mineralgödsel var kväveskörden i genomsnitt endast 1-3 kg N/ha högre året efter, eller 1 % av den kvävemängd som spridits ut med organisk gödsel första året. Denna ökning var inte statistiskt signifikant. En höjning av kväveskörden med 1 kg N motsvarar ofta ca 2 kg gödsling med mineralgödsel (tabell 8). Efterverkans effekten mätt som mineralgödsel-effekt (MFE) av organisk gödsel kan därför sägas vara ungefär 6 % jämfört med ogödslat respektive 2 % jämfört med mineralgödsel i medeltal för alla testade organiska produkter.

Tabell 10. Ökning i kväveskörd i procent av tillsatt totalkväve året efter gödsling jämfört med ledet utan kvävegödsel

	2013		2014			2015			Medel
	H	V	U	H	V	H	H	L	
A. 0 kg N/ha	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
B. 40 kg N/ha	10%	4%	11%	0%	3%	10%	0%	5%	5%
C. 80 kg N/ha	4%	-	15%	0%	5%	11%	3%	3%	5%
D. 100 kg N/ha	5%	6%	9%	-2%	4%	-1%	-1%	4%	3%
E. Svinflytgödsel	4%	-	9%	0%	6%	4%	-1%	4%	3%
F. Nötflytgödsel	4%	-	7%	3%	3%	4%	1%	3%	3%
G. Köttmjöl, Biofer	6%	4%	-2%	3%	0%	1%	0%	6%	2%
H. Köttmjöl, Ekoväx	4%	3%	4%	3%	4%	9%	1%	1%	4%
I. Rötrest 1	13%	-	0%	4%	4%	1%	-2%	2%	3%
J. Rötrest 2	4%	0%	2%	5%	2%	3%	-3%	2%	2%
K. Kycklinggödsel	3%	5%	8%	2%	3%	11%	-1%	6%	5%
L. Vinass	7%	7%	5%	0%	7%	16%	-1%	4%	6%
Medel led E-L	6%	2%	4%	2%	4%	6%	-1%	4%	3%

Nedbrukning av organisk gödsel i höstvet

I medeltal för alla försöken var mineralgödselvärdet för bredspridning och nedbrukning på våren 51 % för köttmjölspellets, 46 % för rötrest och 39 % för kycklinggödsel. Vid nedbrukning ökade MFE med 10 och 6 procentenheter för köttmjöl och kycklinggödsel men för rötrest blev det ingen effekt i medeltal. Vid spridning på senhöst/vinter var MFE 29 % för kycklinggödsel och 41 % för köttmjöl i medeltal för de fyra försök där det utfördes. Inga signifikanta merskördar erhöles för nedbrukning i de tre försök som utfördes 2012. Ett av de två försöken i Halland 2014 slopades då beståndet var alltför ojämnt. Effekten av nedbrukning av gödsel i de återstående åtta försöken redovisas nedan.

Nedbrukning av köttmjölspellets

Nedbrukning av köttmjöl med såmaskin gav i ett av fem försök utförda 2013-2014 en signifikant merskörd på 1300 kg/ha och MFE ökade från 32 till 63 % (Västergötland 2014). I Halland 2013 fanns en tendens till 900 kg/ha ($p=0,14$) mer i skörd vid nedbrukning med såmaskin och att MFE ökade från 33 till 70 %. Både i Halland 2014 och i Västergötland 2012 fanns merskördar för nedbrukning men skillnaderna var inte signifikanta, 980 kg/ha ($p=0,29$) respektive 500 kg/ha ($p=0,62$). På båda platserna ökade MFE med 20 procentenheter.

Nedbrukning av kycklinggödsel

Nedbrukad kycklinggödsel (bredspridning och sen harvning) gav inga signifikanta merskördar i något försök, men det fanns en tendens till 740 kg/ha mer i skörd ($p=0,068$) och att MFE ökade från 30 till 42 % i Halland 2013. Nedbrukning av kycklinggödsel gav 700 kg/ha ($p=0,33$) i merskörd i Västergötland 2014 men skillnaden var inte signifikant. Effekten av en harvning i hösvetet, som studerades i led E, hade ingen effekt på grödan.

Nedbrukning av rötrest

Nedbrukning av rötrest med ett myllningsaggregat gav 940 kg/ha signifikant högre skörd och MFE ökade från 21 till 44 % i ett försök i Västergötland 2013. I övriga försök fanns ingen signifikant effekt av nedbrukning.

Effekt av spridning på senhöst/vinter

Spridning av kycklinggödsel på senhöst/vinter (november-februari) gav signifikant lägre skörd och MFE minskade med 7-19 procentenheter jämfört med både bredspridning och nedbrukning på våren i tre av fyra försök (Västergötland 2013, Västmanland 2013 och Västergötland 2014).

Spridning av köttmjöl på senhöst/vinter (november-februari) gav något lägre skörd än bredspridning på våren i alla fyra försöken men skillnaden var inte signifikant. Även i jämförelse med nedbrukning på våren gav spridning på senhöst/vinter lägre skörd i alla försök men signifikant lägre skörd och 29 resp. 48 procentenheter lägre MFE endast i två försök 2014.

I ett av försöken (Halland 2013) kunde spridning på senhösten inte utföras på grund av den blöta väderleken och därför spreds det tidigt på våren (15 april). För både kycklinggödsel och köttmjöl var spridning tidigt på våren bättre än bredspridning i maj men något sämre än nedbrukning i maj, skillnaderna var dock inte signifikanta. Spridning tidigt på våren tenderade att ge en bättre mineralgödsleffekt med köttmjöl än kycklinggödsel.

Tabell 11. Skörd (kg/ha, 15 % vh) i led med mineralgödsel (A-E), organisk gödsel med och utan nedbrukning på våren (F-K) och spridning på höst/vinter (L och M) i åtta höstveteförsök i Västergötland (VG), Halland (HA) och Västmanland (VM) 2012-2014.

Led	Behandling	2012			2013			2014	
		VG	HA	VM	VG	HA	VM	VG	HA
A	0 kg N/ha	1875	2850	4611	2044	5036	3149	2856	3726
B	60 kg N/ha	3972	3927	6583	4416	6700	5077	5065	6548
C	80 kg N/ha	4147	4631	7149	5375	6349	4838	6006	8278
D	120 kg N/ha	5444	4976	7730	6581	7628	6501	7484	9044
E	60 kg N/ha, harvning	3197	4050	6773	4488	6594	4819	5083	6663
F	Köttmjöl, ej nedb.	3171	3955	6125	3341	5918	4850	4156	6663
G	Köttmjöl, nedb.	3661	3300	6296	3233	6825	5061	5461	7646
H	Rötrest, ej nedb.	-*	4193	6622	2966	7228	4740	6095	6416
I	Rötrest, nedb.	-*	4108	6384	3908	7201	4936	5572	6172
J	Kycklinggödsel, ej	3154	3733	6619	3408	5851	4671	4613	6334
K	Kycklinggödsel, nedb.	3099	3648	6849	3390	6587	4654	5313	6512
L	Kycklinggödsel,	-	-	-	2799	6208	3927	3759	5919
M	Köttmjöl, senhöst	-	-	-	3064	6587	4581	3474	6315
	Medel, ej nedb.	3248	3960	6455	3238	6332	4754	4955	6471
	Medel, nedb.	3728	3685	6510	3510	6871	4884	5449	6777
	LSD	542	568	352	539	1053	567	741	1300

*Slopat på grund av spridningsfel.

Tabell 12. Mineralgödseffekt (% av tillfört totalkväve, MFE) i led med mineralgödsel (A-E), organisk gödsel med och utan nedbrukning på våren (F-K) och spridning på höst/vinter (L och M) i åtta höstveteförsök i Västergötland (VG), Halland (HA) och Västmanland (VM) 2012-2014.

Led	Behandling	2012			2013			2014	
		VG	HA	VM	VG	HA	VM	VG	HA
F	Köttmjöl, ej nedb.	43	60	52	40	33	53	32	59
G	Köttmjöl, nedb.	61	23	59	36	70	59	63	80
H	Rötrest, ej nedb.	-*	59	49	21	65	29	60	40
I	Rötrest, nedb.	-*	55	42	44	64	33	51	37
J	Kycklinggödsel, ej	30	38	52	31	30	35	30	44
K	Kycklinggödsel, nedb.	28	34	58	31	60	35	42	47
L	Kycklinggödsel,	-	-	-	16	45	18	23	37
M	Köttmjöl, senhöst*	-	-	-	31	61	44	15	51
	Medel, ej nedb.	33	52	51	23	32	29	31	36
	Medel, nedb.	44	37	53	28	49	32	39	41

*Slopat på grund av spridningsfel.

Höstvetets kväveupptag

I vissa fall speglade N-upptaget skörden väl men i andra fall inte alls. Ett signifikant större kväveupptag på 32 kg N/ha fanns för nedbrukning av köttmjöl i ett försök (Västergötland 2012) där det också fanns en tendens till merskörd. Däremot speglade det större kväveupptaget på 30 kg N/ha för nedbruktad rötrest jämfört med ej nedbruktad i Halland 2012 inte alls skörden som var lika. Inga signifikanta effekt av nedbrukning på kväveupptaget fanns i de övriga försöken. 2012 speglade N-upptaget skörden något bättre än i försöken 2013. Eftersom N-upptaget generellt korrelerar bättre med skörden i senare utvecklingsstadier och N-upptaget bestämdes vid senare tidpunkt 2012 än 2013 var det troligen orsaken.

Tabell 14. Kväveupptag i höstvetete vid DC32-51 i olika gödslingsled och 8 höstveteförsök i Västergötland (VG), Halland (HA) och Västmanland (VM) 2012-2014.

Led	Behandling	2012 (DC43,51,45)			2013 (DC37,37,32)			2014	
		VG	HA	VM	VG	HA	VM	VG	HA
		Kg N/ha*			Kg N/ha			Kg N/ha	
A	0 kg N/ha	31 ^f	48	37 ^e	15 ^c	34 ^c	16 ^f		
B	60 kg N/ha	67 ^{bc}	93	80 ^{cd}	38 ^b	47 ^{abc}	38 ^{bcd}		
C	80 kg N/ha	73 ^{bc}	86	97 ^b	50 ^a	54 ^{abc}	47 ^{ab}		
D	120 kg N/ha	106 ^a	104	124 ^a	57 ^a	59 ^{abc}	52 ^a		
E	60 kg N/ha, harvning	58 ^{cde}	85	83 ^{cd}	40 ^b	47 ^{abc}	38 ^{bcd}		
F	Köttmjöl, ej nedb.	49 ^{de}	75	70 ^{cd}	15 ^c	54 ^{abc}	31 ^{de}		
G	Köttmjöl, nedb.	81 ^b	65	70 ^d	15 ^c	58 ^{abc}	33 ^d		
H	Rötrest, ej nedb.	-	91	80 ^{cd}	16 ^c	69 ^a	45 ^{abc}		
I	Rötrest, nedb.	-	119	80 ^{cd}	17 ^c	50 ^{abc}	36 ^{cd}		
J	Kycklinggödsel, ej	46 ^{ef}	68	76 ^{cd}	16 ^c	43 ^{bc}	30 ^{de}		
K	Kycklinggödsel, nedb.	48 ^{de}	66	84 ^{bc}	17 ^c	39 ^{bc}	29 ^{de}		
L	Kycklinggödsel, senhö	-	-	-	18 ^c	62 ^{ab}	23 ^{ef}		
M	Köttmjöl, senhöst	-	-	-	20 ^c	49 ^{abc}	32 ^{de}		
	Medel, ej nedb.	47	78	75	16	56	35		
	Medel, nedb.	63	83	78	16	49	33		

* Ingen statistisk analys för Halland 2012 pga fel i sensormätningarna (data från gröda klippt i ett block)

Diskussion

Organisk gödsel till vårsäd

Resultaten tyder på att sambandet mellan kol/kväve-kvot och MFE även vid fältförhållanden. Men det verkar som att sambandet kan se lite olika ut i olika situationer, eftersom lutningen på regressionslinjen skilde mellan försök. Det var framför allt vid sent sådda försök, som på Lanna 2014, som lutningen blev brantare. Detta berodde sannolikt på att säsongen blev kort

och kol/kväve-kvoten viktigare för hur mycket kväve som hann bli tillgängligt för grödan. Vid de tidigt sådda försöken i Halland samma år var lutningen på regressionslinjen mindre, vilket antyder att vid en längre säsong spelar kol/kväve-kvoten mindre roll för hur mycket kväve som hinner bli tillgängligt för grödan.

Nedbrukning av gödsel i höstvet

Nedbrukning av olika gödselmedel på våren gav statistiskt signifikant högre skörd i flera fall 2013 och 2014 men inte 2012. Högre nederbörd 2012 än övriga år kan sannolikt förklara den relativt sämre nedbrukningseffekten, då mer nederbörd gjorde den bredspridda gödseln mer lättillgänglig än vid torrare väderlek.

Försöken visade att hur bra nedbrukningen lyckats var avgörande för effekten av köttmjöl. När nedbrukningen av köttmjöl lyckades bra ökade MFE med 30 procentenheter i Västergötland 2014 och det fanns en tendens till att effekten ökade med 37 procentenheter i Halland 2013. I Halland 2014 tycktes också nedbrukningen vara lyckad och MFE ökade med 21 procentenheter men skördeskillnaden var inte signifikant. En torrare försommar 2013 än 2014, på lättjorden i Halland, kan troligen förklara den större effekten och att behovet av nedbrukning var större ett torrare år. Ingen effekt vid nedbrukning av köttmjöl 2013 i Västergötland kan förklaras av skorpbildning på lerjorden som gjorde att nedbrukning av köttmjöl med såmaskin misslyckades och i Västerås blev nedbrukningen med en harv alltför grund.

Nedbrukning av rötresten ökade inte MFE, förutom när det fanns en skorpa på jorden som stoppade infiltrationen ner i marken (Västergötland 2013). MFE ökade då med 20 procentenheter för nedbrukning av rötresten men det blev ingen effekt för nedbrukning av övriga gödselmedel. Tack vare det tunga myllningsaggregatet som användes i ledet med rötresten men inte i övriga led kunde skorpan brytas. I övriga led användes lättare maskiner för nedbrukning, såsom såmaskin (köttmjöl) och harv (kycklinggödsel), vilka inte klarade av att bryta skorpan. I Halland 2013 erhöles däremot ingen effekt av nedbrukade rötresten, trots att samma myllningsaggregat använts som i Västergötland, vilket sannolikt berodde på att jorden här var lättare och rötresten kunde snabbt infiltrera jorden ändå, dvs det fanns inget behov för nedbrukning.

Nedbrukad kycklinggödsel gav inga signifikanta merskördar i något försök men det fanns en tendens till högre skörd och att MFE ökade med 30 procentenheter i Halland 2013. Förklaringen kan vara att nedbrukningsmetoden (bredspridning och sen nedharvning) var sämre jämfört med de som användes för övriga gödselmedel och den större mängden ammonium tex jämfört med köttmjöl gjorde att det blev större förluster vid spridning.

Spridning på senhöst/vinter

Spridning av gödsel på senhöst/vinter gav en sämre effekt på skörden jämfört med spridning på våren, framförallt för kycklinggödsel där både bredspridning och nedbrukning på våren gav mer i skörd. Sannolikt är att kväveförluster efter senhöst/vinter-spridning av gödseln har orsakat den lägre skörden, och något större sådana för kycklinggödsel än köttmjöl. Ett försök visade att det kan vara fördelaktigt att komma ut och gödsla tidigare på våren med både kycklinggödsel och köttmjöl. I detta fall gav gödsling i mitten på april en bättre effekt på

skörden jämfört med i början på maj. Mindre förluster i april då det troligen var fuktigare och svalare än i maj kan förklara resultatet men också att kväve blev tillgängligt grödan tidigare kan ha bidragit.

Slutsatser

Kvävegödslingseffekten av olika organiska gödselmedel har ett samband med kol/kvävekvoten, även under fältförhållanden. Sambandet liknar det från krukföröken, men varierar lite mellan platser. Vid tidigare sådd och längre period för kväveupptag hade kol/kvävekvoten mindre betydelse än vid sen sådd där det fanns kortare tid för gödseln att omsättas.

Nedbrukning av gödsel i växande höstvetete hade god effekt i flera fall både för kycklinggödsel och köttmjölspellets och kan rekommenderas framför allt för köttmjölspellets där den hade störst och säkrast effekt. Nedbrukning av rötresten kan rekommenderas på jordar där det finns risk för skorpbildning och därmed en sämre infiltration av gödseln. Spridning på senhösten minskade mineralgödsleffekten, framförallt för kycklinggödsel, och kan inte rekommenderas. Däremot kunde det vara fördelaktigt att komma ut och gödsla tidigare på våren.

Referenser

- Birkmose, T. S. 2009. Fjerkrægødning til vinterhvede. (Poultry manure in winter wheat) In: Pedersen, J. B. (ed) Oversigt over Landsforsøgene 2009. Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret Planteproduktion, p. 246-247. ISSN 0900-5293
- Delin, S., Engström, L. 2010. Timing of organic fertilizer application to synchronise nitrogen supply with crop demand. Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science 60, 78-88.
- Delin, S., Stenberg, B., Nyberg, A. och Brohede, L. 2010. Nya mätmetoder för värdering av kväve i organiska gödselmedel. Institutionen för mark och miljö, rapport 6.
- Gruvaeus, I. 2003. Gödsling med organiska gödselmedel I vårvetete. Försöksrapport 2003 för mellansvenska försökssamarbetet och Svensk raps, s 33-34.
- Stenberg, M., Engström, L., Wallenhammar, A.C., Gruvaeus, I., Lööf, P.J. 2011. Kväveförsörjning av ekologiska höstoljeväxter – studie av olika kvävekällor, tillförselstidpunkter och myllningstekniker. Slutrapport SLU Ekoforsk, 20 s.

Resultatrapportering

Muntlig rapportering av resultat har skett såväl regionalt och nationellt som internationellt:

- Redovisning av preliminära resultat på en växtnäringskurs för trädgårdsrådgivare i Kungälv den 3 december 2013.

- Två postrar, en om havreförsöken och en om höstveteförsöken presenterades vid en internationell konferens (18th Nitrogen Workshop) i Portugal i juni 2014.
- Föredrag på Jordbruksverkets FoU-dagar om ekologisk odling i Linköping den 9 april 2014.
- Föredrag på Slätte ekodag utanför Töreboda den 17 juni 2014.
- Föredrag på Växjö möte den 4 dec 2014
- Föredrag på regional konferens i Uddevalla den 15 januari 2015
- Föredrag på Erfa-möte i Götene den 26 februari 2015.
- Föredrag för HIR-kunder i Vänersborg den 26 februari 2015.
- Ett föredrag om både havre- och höstveteförsöken hölls på 16th International Ramiran Conference i Hamburg i september 2015.

Publicering

Resultaten har rapporterats skriftligt via ett antal olika skrifter:

Delin, S., Engström, L. 2013. . Kol/kväve-kvoten upplyser om gödselns kvävegödslingsseffekt, Animaliebältets försöksrapport 2013, s. 29-30.

Delin, S. Engström, L. 2014. Organiska gödselmedel i höstvetete och havre. I: Servin (red) Rapport från Växtodlings- och växtskydds dagar i Växjö den 3 och 4 december 2014. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet 67, 25:1-5.

Delin, S. Engström, L. 2014. Using Carbon:Nitrogen ratio as an indicator of the nitrogen replacement value of organic residues. In Cordovil (ed) 18th Nitrogen Workshop, The nitrogen challenge: Building a blueprint for nitrogen use efficiency and food security, p.291-292

Delin, S., Engström, L. 2014. Spridning av organisk gödsel. Jordbruksinformation 9-2014

Delin, S. Engström, L. 2014. Organiska gödselmedel i höstvetete och havre, Animaliebältets försöksrapport 2014, s. 23-27.

Delin, S. Engström, L. 2015. Improving nitrogen fertilization effect from residues in spring and winter cereals. In Körner (ed) Ramiran 2015. 16th International Conference, Rural-Urban Symbiosis, p.38.

Engström, L., Delin, S. 2014. Incorporation of organic residues in spring to winter wheat. In Cordovil (ed) 18th Nitrogen Workshop, The nitrogen challenge: Building a blueprint for nitrogen use efficiency and food security, p. 77-78

Utöver detta planerar vi att under våren 2016 skriva en rapport som kan publiceras i institutionens rapportserie och skicka in två manuskript till internationella tidskrifter.

