



Vallgrödors respons på körning med kniv- eller myllningsaggregat – positiv luftning eller grödskada?

Lena Rodhe, JTI och Magnus Halling, Inst. VPE, SLU (2010-11-21)
Finansierat av Stiftelsen Lantbruksforskning, Projektnr: H0530298

Bakgrund

I syfte att minimera kväveförlusterna vid spridning av flytgödsel rekommenderas myllning i samband med spridning eller inom de närmaste timmarna efter spridning (Greppa Näringen, 2004). I vissa regioner i Sverige och länder som Nederländerna och Danmark måste man enligt lag mylla ned gödseln i samband med spridning (Jordbruksverket, 2006). Försök visar att ammoniakförlusterna minskar och därmed blir tillförseln av kväve högre vid myllning jämfört med spridning på markytan vid samma gödselgiva (Malgeryd, 1998; Rodhe & Etana, 2003). Denna ökade kvävegödsling bör resultera i en skördeökning om inte det biologiska optimumet är passerat.

Vid spridning i växande gröda, t.ex. vall, krävs speciella spridaraggregat som placerar gödseln under markytan i den växande grödans rotzon. Risken finns då att mekaniska skador uppstår på rot och ovanjordiska plantdelar, men att täckskador på grödan från gödsel uteblir (Christie, 1987; Prins & Snijders, 1987; Wightman m.fl., 1997). Försök med ytmyllning i vall visar att det många gånger inte går att se någon skördeökning (Smith m.fl., 2000; Rodhe & Etana, 2004) medan andra försök visar på en skördeökning med myllning (Bittman m.fl., 2005) jämfört med spridning av flytgödseln på markytan.

I ett svenskt försök där den eventuella grödskadan renodlades genom körning med ytmyllningsaggregat utan att tillföra gödsel i en vall, var det en signifikant lägre skörd vid körning jämfört med då ingen körning utförts (Rodhe & Pell, 2005). I detta fall led grödan av näringsbrist och tidvis även av vattenbrist, vilket kan ha bidragit till, eller gett som synergieffekt, en skördesänkning. Körning med myllningsaggregat i en flerårig vall antas kunna minska skörden till följd av rotskador (Rees m.fl., 1993), uttorkning av jorden (Prins & Snijders, 1987) eller att koncentrerad gödsel i skårorna skapar anaeroba och tillväxthämmande förhållanden (Tunney & Molloy, 1986). När det finns gammal förna i gräsbotten rekommenderas däremot körning med knivar eller spikrotorer i grässvålen i syfte att lufta marken (Davies m.fl., 1989), vilket ska ge positiva tillväxteffekter. Här har faktorer som växtart, jordart och markpackning betydelse för hur resultatet blir av luftningen (Davies m.fl., 1989; Bittman m.fl., 2005). Davies m.fl. (1989) erhöll en skördeökning för rajgräs (*Lolium perenne* L.) i Wales, men skörden minskade vid körning i timotej (*Phleum pratense* L.) i Nova Scotia i Kanada (Gordon m.fl., 2000).

Stress och näringsämnesstatus varierar under växtodlingssäsongen. Nya metoder för att snabbt bestämma näringsupptag eller stress, som t.ex. vattenbrist, har utvecklats (Benfalk m.fl., 2001). En del bygger på mätning av ljussläppligheten (transmittansen) genom plantors blad eller reflektansen (hur mycket av infallande strålning som reflekteras) från hela plantbestånd. Förändringar i bladens reflektans samt bladyteindex (halva bladytan per markyta, m^2/m^2) är viktiga faktorer för att skilja stressade grödor från välmående bestånd (Cloutis m.fl., 1996). Ett annat mått är temperaturskillnaden

mellan luften och grödbeståndet, s.k. normaliserad grödtemperatur (normalized canopy temperature), uppmätt med t.ex. en värmekamera (Cloutis m.fl., 1996).

Totalt sett är kunskapen dålig om olika vallgrödors känslighet för olika typer av snitt vid bra respektive dåligt näringstillstånd i marken. Vidare finns det behov av att snabbt kunna läsa av vallgrödans kondition under växtsäsongen, för att kunna åtgärda brister.

Hypoteser

- Utformningen av snittet genom plantan avgör om skadan påverkar grödan negativt.
- Arternas växtsätt, t.ex. om plantorna har utlöpare eller är mer tuvbildande/platsbundna, påverkar skadans storlek.
- Tidpunkten för körning påverkar grödskadan.
- Det finns nya metoder för att snabbt bedöma vallgrödans status i fält.
- Tillförsel av N kompenserar för grödskadan.

Syfte

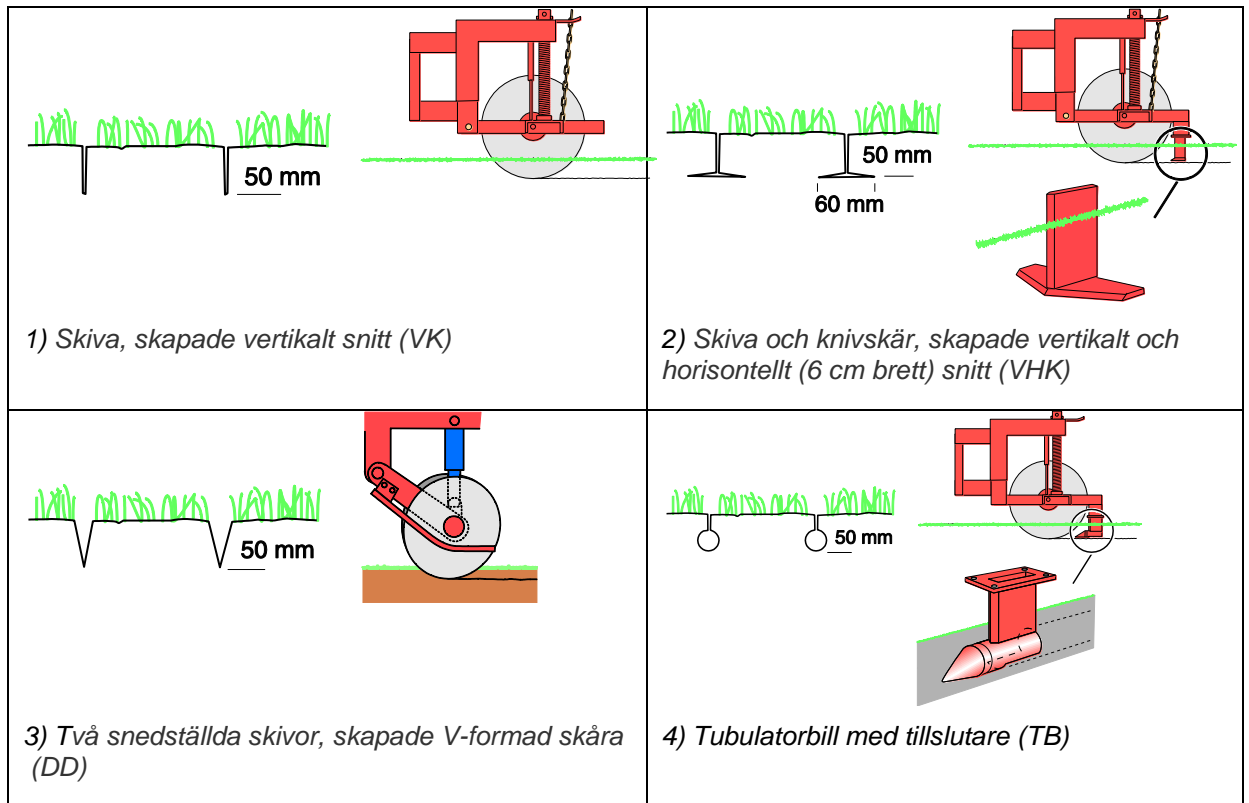
Det övergripande målet var att öka vallavkastningen genom att mylla gödseln utan att grödan påverkas negativt. För att uppnå målet krävs kunskap om hur olika vallarter påverkas av körning med olika kniv- eller myllningsaggreat vid olika tidpunkter och växtnäringsstatus.

Material och metoder

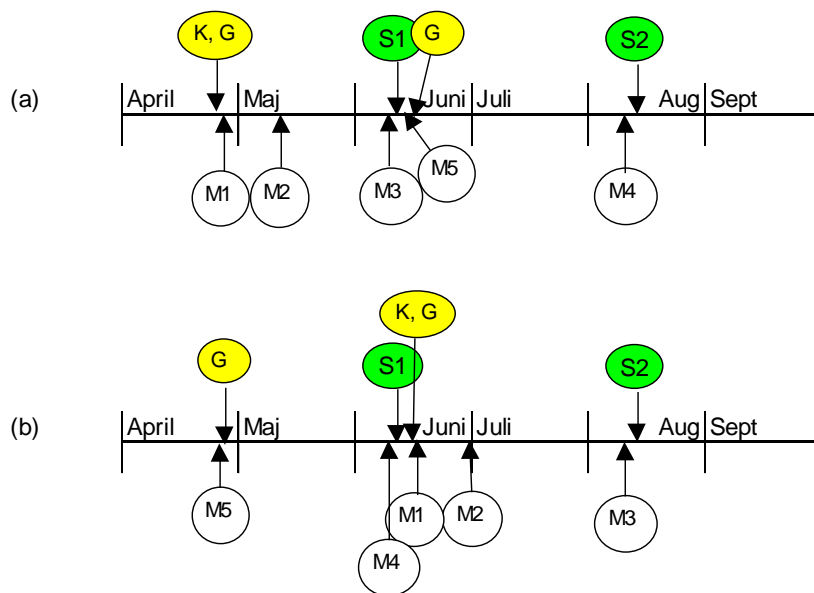
I projektet studerades hur vallskörden påverkas vid körning med olika kniv- och myllningsaggreat. I fält genomfördes försök på tre vallarter: engelskt rajgräs, rödklöver och rödsvingel. Myllningen, med fyra olika knivar/billtyper, skedde antingen på våren eller efter första skörd, se figur 1. Följande knivar/billar ingick: 1) skiva, skapade vertikalt snitt (VK), 2) skiva och knivskär, skapade vertikalt och horisontellt (6 cm brett) snitt (VHK), 3) två snedställda skivor, skapade V-formad skåra (DD) och 4) tubulerarbill med tillslutare, skapade en täckt ”rörformad” kanal (TB). Knivarna/billarna var placerade med 25 cm avstånd och arbetsdjupet var ca 5 cm. Behandlingen utfördes både i kvävegödsblad och i icke-kvävegödsblad gröda. Vallen skördades under två år (tre skördar per år) för att se hur såväl tidpunkten för körning som flerårig körning påverkar grödan. Kvävegödslingen till gräsarterna var 100 kg N/ha till skörd ett, 80 kg N/ha till skörd två och 60 kg/ha till skörd tre. Rödklöver fick en lägre giva på 50, 30 och 20 kg N/ha för respektive skörd i syfte att särskilja från ogödsblad gröda.

Bestämning av grödans status och mätningar av grödskador

I figur 2 visas tidsplanen för körning (K), gödsling med mineralgödsel (G), skörd, nummer (S#) och bestämning av grödstatus/-skador vid tidpunkterna M1-M5 vid körning på våren (a) och alternativt på sommaren efter första skörd (b).



Figur 1. De fyra behandlingarna med kniv/injektor.



Figur 2. Tidsplan för körning, gödsling, skörd samt bestämningar av grödstatus/-skador vid försök med körning på våren (a) alternativt efter första skörd (b).

Grödans status eller grödskadans storlek efter kniv-/myllningsaggregaten mättes vid flera tillfällen under växtsäsongen. Mätningarna relaterades till tidpunkten för körning. M1 inföll direkt efter körning, M2 ca 2 veckor efter körning, M3 innan skörd av gröda med körning, M4 före skörd utan körning och M5 i växtstart för skörd utan körning. Försöket upprepades i samma rutor under tredje året (Vall II). Grödans status eller

grödskadans storlek kontrollerades rutvis med olika tekniker, nämligen dels med konventionella metoder som visuell bedömning av marktäckning respektive synlig påverkan från kniv/billaggregat och skottvikt, dels med nyare metoder som mätning av bladyteindex och grödtemperatur. Med instrumentet (LAI-2000 Plant Canopy Analyser, LI-COR Inc., 1992) mättes bladyteindex, alltså storleken på bladytan i förhållande till markytan. För att skilja mellan stressade och friska grödor prövades också en värmekamera (FLIR P62) första året, vilken mätte grödans yttemperatur. Alla metoderna praktiserades två veckor efter körning, men även vid andra tillfällen.

- 1) *Marktäckning*: En gradering av marktäckning i procent av a) vallart, b) ogräs samt c) bar mark och döda plantor, rutvis vid M1, M2, M5.
- 2) *Skottvikt*: Bestämning av torrsubstansvikten hos skott skördade på en 25*25 cm yta (0,125 m²) täckande ett billspår, utfördes rutvis för kontroll och led med vertikalt och horisontellt knivsnitt (gödslade led) vid M2.
- 3) *Synbar påverkan* bestämdes genom att mäta bredden på synbart spår efter bill med hjälp av en tumstock. Mätning utfördes efter samtliga billar rutvis vid M1 - M3.
- 4) *Bladyteindex* (LAI, Leaf Area Index) bestämdes rutvis vid M2 i kontroll och led med vertikalt respektive vertikalt+horisontellt knivsnitt (gödslade led).
- 5) *Grödtemperatur* uppmättes i samtliga led vid M2 och M3 under år 1.
- 6) *Grödans (stubbens) höjd* (cm) mättes inför körning på våren och direkt efter första skörd. Mätning på 10 slumpvis valda platser per block.

Mark, gröda och väderförhållanden

Ett samlingsprov av matjord uttaget från 10 slumpvisa platser analyserades med avseende på textur och mullhalt. I tabell 1 presenteras markförhållandena vid körning med kniv/billar. Försöket var förlagt till Säby strax utanför Uppsala (59°83 N och 17°71 O), på ett fält med en mullrik lättlera med 17,5 % lera, 45,5 % silt och 30,3 % sand samt med en mullhalt av 5,7 %. Markens fysikaliska egenskaper som vattenhalt och skrymdensitet bestämdes enligt Gaskin & Miller(1996).

Tabell 1. Fysikaliska egenskaper hos övre markskiktet vid körning med kniv/billaggregat (medelvärde ± s.d., n =12 för vattenhalt och skrymdensitet).

Experiment och år	Datum för provtagning	Vattenhalt, g H ₂ O /100 g torr jord		Skrymdensitet, Kg/dm ³		Grödhöjd, m
		Djup, m		Djup, m		
		0 – 0,05	0,05 – 0,10	0 – 0,05	0,05 – 0,10	
Vår 2008	2008-04-23	26,80 ±3,13	27,30 ±1,82	1,14 ±0,07	1,23 ±0,08	0,11 ±0,02
Sommar 2008	2008-06-04	10,60 ±2,29	14,50 ±1,49	1,08 ±0,08	1,15 ±0,07	0,07 ±0,01
Vår 2008	2009-04-28	20,40 ±2,32	22,70 ±1,39	1,18 ±0,08	1,27 ±0,05	10,8 ±0,05
Sommar 2009*	2009-06-11	24,43 ±3,89	Ej mätt	Ej mätt	Ej mätt	0,08 ±0,01

*Volymetrisk vattenhalt uppmätt med Theta probe, som omräknats till g H₂O/100 g torr jord med skrymdensiteten 1,08 kg/dm³ (uppmätt sommaren 2008).

Försöket såddes 2007 utan skyddsgröda och skördades med tre skördar per år under åren 2008 och 2009. De grödor som odlades var rödklöver (*Trifolium pratense* L.), medelsena sorten Vivi; engelskt rajgräs (*Lolium perenne* L.), medelsena sorten SW Birger, och rödsvingel (*Festuca rubra* L), sorten Rubin.

Väderdata hämtades från en närliggande station och temperatursumman över 5°C beräknades för varje säsong från körning till sista skörd.

Tabell 2. Beräknad temperatursumma, °C och dagar, summa av grader över 5°C under växtsäsongen för respektive tillväxtperiod från vårkörning till sista skörd.

Skörd (1-3)	Försök, tidpunkt för körning			
	Vår 2008	Sommar 2008	Vår 2009	Sommar 2009
1	275	275	243	243
2	564	580	571	571
3	615	605	432	432
Tempereratursumma	1454	1460	1246	1246

Medeltemperaturen för månaderna april till september var högre både under 2008 (12,8°C) och under 2009 (13,1°C) jämfört med normalvärdet för åren 1960 till 1980. Nederbörden under samma perioder var 288 mm under 2008 och 351 mm under 2009, jämfört med normalt 304 mm. I tabell 2 visas beräknade temperatursummor för tillväxtperioden för varje skörd, och i stort var växtförhållandena bättre under 2008 än under 2009.

Den statistiska proceduren Mixed i programpaketet SAS har använts för analys av data.

Resultat och diskussion

Teknik

Resultaten visar att körning med knivar eller billar (utan flytgödselspridning) skadar vallen, vilket innebär skördesänkningar (tabell 3) med i medeltal upp till 8 procent.

Tabell 3. Medelskördar för vall vid körning på våren respektive på sommaren efter första skörd, år 2008, 2009 och för båda åren. Skördesiffrorna är medeltal (least square means) för de tre vallarterna och utan/med kvävegödsling. Försöksleden var: Utan körning, körning med vertikalt snitt/kniv (VK), vertikalt och horisontellt snitt (VHK), bill med två V-ställda skivor (DD) och tubulerarbill med tillslutare (TB).

	2008		2009		Total skörd 2008-09	
	Vår	Sommar	Vår	Sommar	Vår	Sommar
Kniv/bill						
Utan körning	11 498 ^a	11 478 ^a	10 252 ^a	10 398 ^a	21 723 ^a	21 916 ^a
VK	10 604 ^b	11 361 ^a	9 530 ^b	10 022 ^b	20 191 ^b	21 383 ^a
VHK	10 600 ^b	10 745 ^b	9 377 ^b	9 941 ^b	19 977 ^b	20 687 ^b
DD	10 837 ^b	11 226 ^a	9 911 ^a	10 126 ^a	20 748 ^b	21 414 ^a
TB	10 634 ^b	10 669 ^b	9 546 ^b	9 982 ^b	20 258 ^b	20 651 ^b
Medeltal	10 835	11 096	9 723	10 094	20 579	21 210
P	0,0043	0,0006	0,0018	0,0737	0,0002	0,0022
LSD	494	403	431	339	692	653

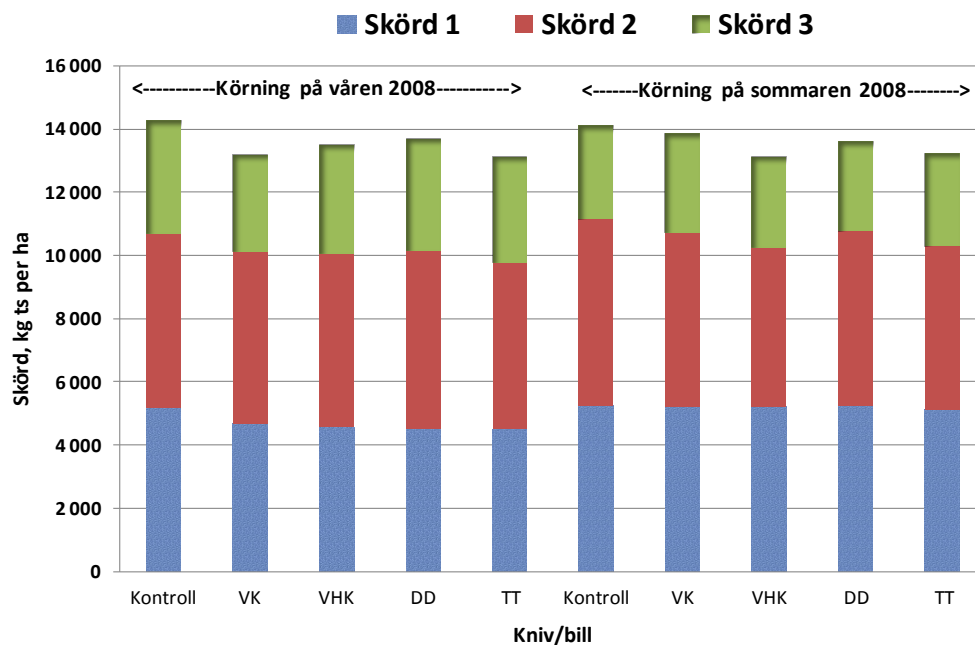
LSD = skillnad mellan skördar i samma kolumn, som är statistiskt säkerställd

^{a, b} Skördar i samma kolumn med olika bokstäver är statistiskt signifikant skilda (p<0,05)

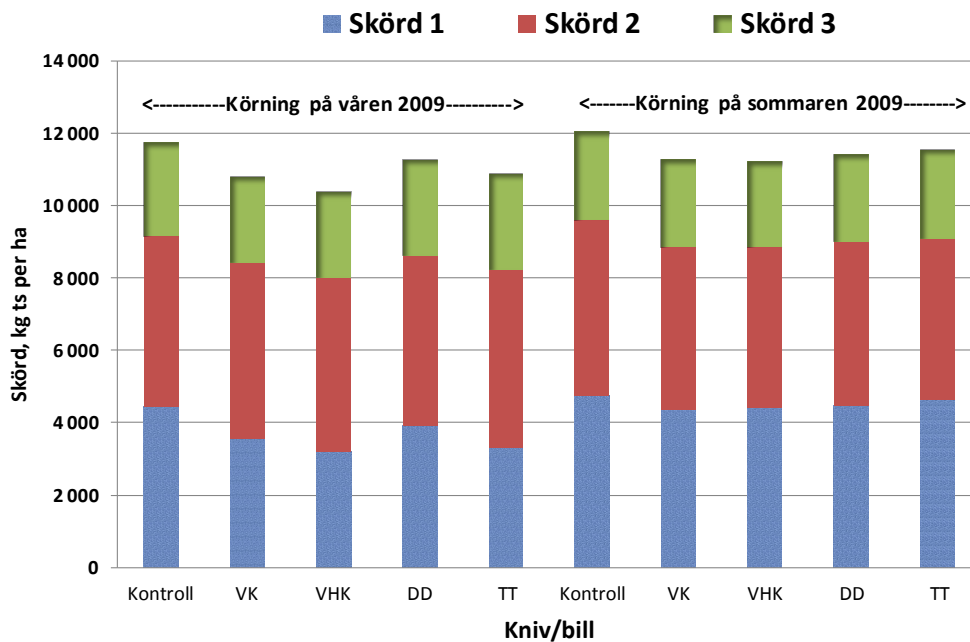
Störst skador blev det efter körning på våren, då skörden i medeltal för alla grödor och gödslingar år 2008-2009 var signifikant mindre med kniv/billaggregat än då ingen körning skett. Vid körning efter första skörd var skadorna generellt mindre, men även här blev totala skörden för 2008-09 signifikant lägre vid körning med vertikalt och horisontellt snitt eller med tubularbill jämfört med ingen körning. Utformningen på kniven/billen hade därmed betydelse för hur stor grödskadan blev. Vid körning efter första skörd var skadorna relativt små med vertikalt snitt eller bill med vinkelställda skivor och skillnaden mot kontrollen var inte statistiskt säker.

Tidpunkt för körning

Tidpunkten för körning påverkade grödskadan. För att få låga skador, var det bättre att köra efter första skörd än på våren. Skördenedsättningen märktes främst i skörden direkt efter körningen, figur 2 och 3, som visar på delskördar för gödslade led i medeltal för alla arter vid körning våren respektive på sommaren (efter första skörd).



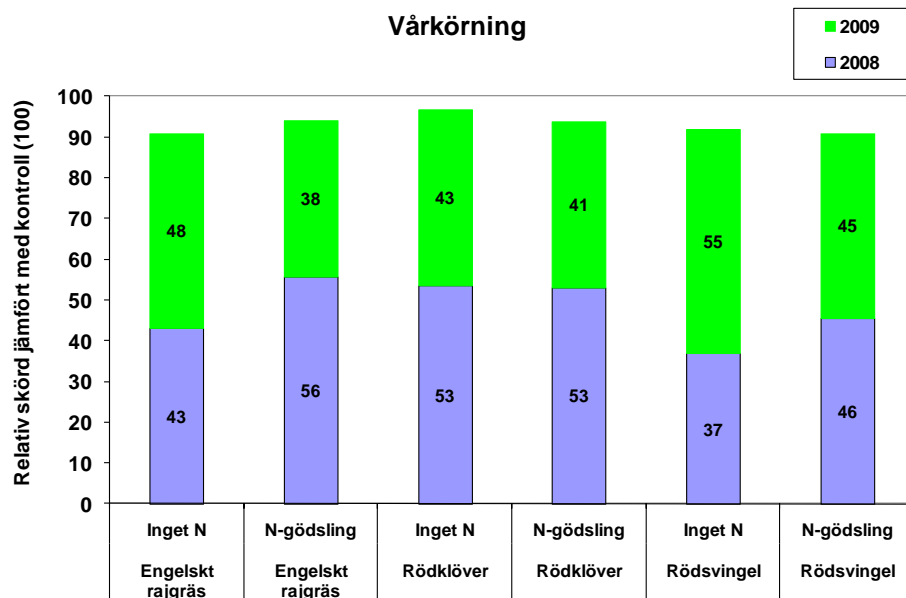
Figur 2. Total skörd för gödslade led, uppdelat i tre delskördar, vid körning på våren eller på sommaren 2008. Medeltal för arter och gödsling. Utan körning är kontroll. För förklaringar, se text tabell 3.



Figur 3. Total skörd för gödslade led, uppdelat i tre delskördar, vid körning på våren eller på sommaren 2009. Medeltal för arter och gödsling. Utan körning är kontroll. För förklaringar, se text tabell 3.

Art och gödsling

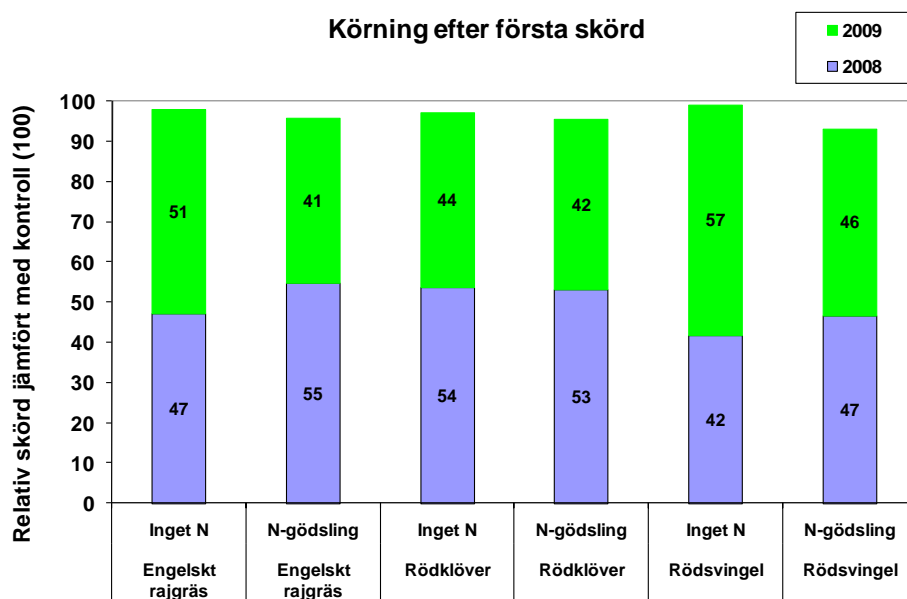
Rödsvingel, speciellt om den var N-gödslad, påverkades mest av körning med knivar eller billar, medan det inte var så stor skillnad mellan de andra arterna, figur 4-5.



Figur 4. Relativ skörd av olika arter med och utan kvävegödsling i jämförelse med kontroll (100) vid körning på våren med kniv/injektoraggregat, summa två års skördar.

En summering av två års skördar visar att gödsling med N förstärkte den negativa effekten av de olika teknikerna, främst i grödorna rödsvingel och rödklöver. Det motsäger hypotesen vi satt upp att "Tillförsel av N kompenserar för grödskadan". En förklaring kan vara

att när det är bättre förutsättningar för gräset och grödan växer snabbt, så är den känsligare för skador än en långsamt tillväxande gröda (utan N-tillförsel).



Figur 5. Relativ skörd av olika arter med och utan kvävegödsling i jämförelse med kontroll (100) vid körning efter första skörd med kniv/injektoraggregat, summa två års skördar.

Mätning av grödans status

Principalkomponentanalys (PCA) har använts för att hitta samband mellan olika mätmetoder som användes för att förutsäga skörden och resultatet av skörden. Bäst samband hade bladyteindex (LAI) mätt två veckor efter behandling och efterkommande skörd. Ett bra samband fanns också mellan grödtemperatur två veckor efter behandling och efterkommande skörd. Även en gradering av marktäckningen två veckor efter behandling och efterkommande skörd hade ett bra samband, dock inte lika bra som LAI och grödtemperatur. Slutsatsen av detta blir att flera av de använda metoderna fungerade som tänkt när det gäller att mäta grödans ”välbefinnande” och eventuella skador två veckor efter körning. Tabell 4 visar LAI-värden där signifikanta skillnader uppmättes. År 2008 minskades bladytan med VHK i vårförsöket, medan det var signifikant mindre bladyta år 2009 i både vår- och sommarförsöken med de två teknikerna.

Tabell 4. Bladyteindex (LAI) uppmätt i vår- respektive sommarförsök 2008 och 2009 för olika tekniker.

Teknik	LAI 2008		LAI 2009	
	Vår	Sommar	Vår	Sommar
Utan körning	2,56 ^a	1,29	1,98 ^a	1,26 ^a
VK	2,44 ^a	1,29	1,57 ^b	1,08 ^b
VHK	2,03 ^b	1,21	1,43 ^b	0,95 ^b
Medeltal	2,34	1,26	1,66	1,10
P	0,001	0,662	0,001	0,002
LSD	0,23	-	0,21	0,14

^{a, b} Skördar i samma kolumn med olika bokstäver är statistiskt signifikant skilda ($p < 0,05$)

Även grödtemperatur uppmätt med värmekamera två veckor efter körning visade om grödan skadats av behandlingen eller inte (tabell 5). Efter en körning var temperaturen

något högre, dvs. grödan fick ”feber” vid körning, antagligen för att vattenupptagningen försämrats pga. rotskador. Det finns ett samspel för grödtemperaturen mellan gödsling och teknik. Utan kvävetillförsel var det ofta signifikant högre temperatur hos grödan vid körning än utan körning (tabell 5). Högst temperatur mättes i led med tubulerarbillen.

Tabell 5. Grödtemperatur, °C, uppmätt i vår- respektive sommarförsök 2008 i medeltal för olika tekniker med och utan kvävegödsling.

Kväve	Kniv/bill	2008	
		Vår	Sommar
N0	Utan körning	16,7 ^a	20,5 ^a
	VK	17,4 ^b	21,2 ^a
	VHK	17,8 ^{bc}	21,4 ^b
	DD	17,6 ^{bc}	21,6 ^{bc}
	TB	18,1 ^c	22,2 ^c
N1	Utan körning	16,9 ^a	20,9 ^a
	VK	16,6 ^a	21,3 ^a
	VHK	17,3 ^a	21,9 ^b
	DD	17,2 ^a	21,5 ^a
	TB	17,2 ^a	21,6 ^a
Medeltal		17,2	21,7
P		0,001	0,001
LSD		0,7	0,9

^{a, b} Skördar i samma kolumn med samma kvävetillförsel och med olika bokstäver är statistiskt signifikant skilda ($p < 0,05$)

Slutsats och råd till näringen eller behov av vidare studier

Genom att ytmylla flytgödsel i vall, istället för att sprida den på markytan, kan man minska ammoniakavgången. Men körning med billar skadar också vallgrödan, vilket kan innebära skördesänkningar upp i medeltal 8 procent och 9 procent för individuella grödor och gödslingar. För att få låga skador, är det bättre att köra efter första skörd än på våren. Det är ju också efter första skörd som ammoniakavgången är som störst och då det blir störst nytta med myllning.

Utformningen på billen påverkar också skadorna, där både ett vertikalt och horisontellt snitt skadar mest. Vid körning efter första skörd var skadorna små vid körning med vertikalkniv eller bill med vinkelställda skivor. Körning med knivar eller billar påverkar vallgrödorna engelskt rajgräs, rödklöver och rödsvingel på ungefär samma sätt när det gäller skördesänkning. Ett av årens resultat visade att de kvävegödslade grödorna var mer känsliga när de utsätts för stress än då inget kväve tillförts. Genom att visuellt bedöma grödans täckning av markytan eller mäta bladyteindex med mätinstrument gick det att förutse skördevariationer pga. grödskador.

Resultatförmedling

Preliminära resultat har presenterats i föredrag för lantbrukare, t.ex. hos Svenska vallföreningen i Halland (2009-02-09).

På JTI:s hemsida presenteras projektet (<http://www.jti.se/index.php?page=forskning-pagar-lena-rodhe-groedskador>).

Resultatet har presenterats muntligt eller som poster på tre olika internationella konferenser.

Vi planerar också att skriva en artikel i tidningen Husdjur.

Referenser

- Benfalk C., Gilbertsson M., Gustafsson M. & Thylén L., 2001. Sensorrika system på gården. Teknik för lantbruket Nr 89. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Bittman S., van Vliet L.J.P., Komalenko C.G., McGinn S, Hunt D.E. & Bounaix F., 2005. Surface-banding liquid manure over aeration slots: A new low-disturbance method for reducing ammonia emissions and improving yield of perennial grasses. *Agronomy Journal* 97, 1404-1313.
- Christie P., 1987. Some long-term effects of slurry on grassland. *J. Agric. Sci.* 108, 529-541.
- Cloutis E.A., Connery D.R., Major D.J. & Dover F.J., 1996. Airborne multi-spectral monitoring of agricultural crop status: effect of time of year, crop type and crop condition parameter. *Int. J. Remote sensing* 19(13), 2579-2601.
- Davies, A., Adams W.A. & Wilman, D., 1989. Soil compaction in permanent in permanent pasture and its amelioration by slitting. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 113:189–197.
- Gordon R., Patterson G., Harz T., Rodd V. & MacLeod J., 2000. Soil aeration for dairy manure spreading on forage: Effects on ammonia volatilization and yield. *Can. J. Soil Sci.* 80, 319-326.
- Greppa näringen, 2004. Din stallgödsel är värdefull. Sprid den vid rätt tidpunkt och med god teknik. Praktiska råd från Greppa näringen Nr 5. <http://www.greppa.nu>
- Jordbruksverket, 2006. Föreskrifter om ändring i Statens jordbruksverks föreskrifter (SJVFS 2004:62) om miljöhänsyn i jordbruket. Statens jordbruksverks författningssamling (SJVFS) 2006:66. Jönköping.
- LI-COR Inc. 1992. LAI-2000 Plant Canopy Analyzer operations manual. LI-COR Inc. Lincoln, Nebraska.
- Malgeryd, J. 1998. Technical measures to reduce ammonia losses after spreading of animal manure. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51(1), 51-57.
- Prins, W.H. & Snijders, P.J.M. 1987. Negative effects of animal manure on grassland due to surface spreading and injection. In: *Animal Manure on Grassland and Fodder Crops. Fertilizer or Waste?* (van der Meer, H.G., Unwin, R.J., van Dijk, T.A. & Ennik, G.C. eds), 119-135. The Netherlands.
- Rees, Y.J., Pain, B.F., Phillips, V.R. & Misselbrook, T.H. 1993. The influence of surface and sub-surface application methods for pig slurry on herbage yields and nitrogen recovery. *Grass and Forage Science* 48, 38-44.
- Reginato R.J., 1986. Crop have a fever? Canopy temperatures tell a lot. *Crops and soils magazine*, Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy 39(2), 7-9.
- Rodhe L. & Etana A., 2003. Ytmyllning av flytgödsel till vall – miljönytta och praktisk funktion på olika jordar. JTI-rapport Lantbruk & Industri nr 315, Inst. för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Rodhe L. & Pell M., 2005. Täckt ytmyllning av flytgödsel i vall – teknikutveckling, ammoniakavgång, växthusgaser och avkastning. JTI-rapport Lantbruk & Industri nr 337. JTI.
- Smith, K.A., Jackson, D.R., Misselbrook, T.H., Pain, B.F. & Johnson, R.A. 2000. Reduction of ammonia emission by slurry application techniques. *Journal of Agricultural Engineering Research* 77(3), 277-287. Doi:10.1006/jaer. 2000.0604.
- Tunney H. & Molloy S.P., 1986. Comparison of grass production with soil injected and surface spread cattle slurry. In: A.D. Kofoed m.fl. (ed.) *Efficient use of sludge and manure*, s. 90-108. Elsevier, London.
- Wightman P.S., Franklin M.F. & Younie, D., 1997. The effect of sward height on response of mini-swards of perennial ryegrass/white clover to slurry application. *Grass Forage Sci.* 52, 42-51.

Publicering

- Svenska Vallföreningens ”Svenska vallbrev” nr 5 år 2010.
- Halling, M.A. & Rodhe, L. 2010. Grassland yield response to knife/tine slurry injection equipment – benefit or crop damage? *Grassland Science in Europe*, 15, 175-177.
- Rodhe L. & Halling M.A., 2010. Grassland yield response to knife/tine slurry injection equipment – benefit or crop damage? (REF031). Book of abstracts from AgEng International Conference on Agriculture Engineering, Clermont-Ferrand, France, September 6-8, 2010, p. 156, Cemagref, France.
- Rodhe L. & Halling M.A., 2010. Grassland yield response to knife/tine slurry injection equipment – benefit or crop damage? In: *Proceedings of the 14th Ramiran International Conference* 12-15 Sept. 2010, Ref no: 0141. (Eds: Cláudia S.C. Marques dos Santos Cordovil & Luís Ferreira), Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal. I.S.B.N.: 978-972-8669-47-8.
- En vetenskaplig rapport kommer att skickas in till referee-granskad vetenskaplig tidskrift för internationell publicering.