

Slutrapport 31 mars 2012

## Effekterna av kväve för optimerad skörd och kvalitet av olika sorters ensilagemajs i Örebro län

Eva Stoltz, Ann-Charlotte Wallenhammar och Anna Redner  
HS Konsult AB, Box 271, 701 45 Örebro



Foto: Eva Stoltz





## Sammanfattning

Fodermjäs till ensilage är en relativt ny gröda som allt fler lantbrukare visat intresse för. Arealen jordbruksmark som odlades med mjäs har fyrdubblats mellan 2003 och 2011.

Kvävegödslingsrekommendationerna till mjäs varierar mellan och inom olika länder. Mjäs behöver relativt mycket kväve (N), men en för stor gödselmängd kan leda till försenad utveckling och till kväveläckage. Syftet med denna studie är att ta fram en sortanpassad och miljöeffektiv kvävegödslingsstrategi för mjäsproduktion i Örebro län. Två fältförsök utfördes, ett 2009 och ett 2011. I fältförsöket 2009 användes sorterna Isberi (medeltidig) och Revolver (tidig).

Nötfastgödsel användes som grundgödsling och kompletterades med olika mängder Axan. De planerade behandlingarna var 60, 100, 140, 180, 220 kväve kg ha<sup>-1</sup>, men blev något högre eftersom nötfastgödseln innehöll något mer NH<sub>4</sub>-N än beräknat. I fältförsöket 2011 användes sorterna Beethoven (medeltidig) och Activate (tidig). Behandlingarna var 0, 50, 100, 150 och 200 kg kväve ha<sup>-1</sup>. De tidigare majssorterna hade lägre skörd men högre ts-halt jämfört med de medeltidiga sorterna. Resultaten visar att proteinhalten ökar något vid ökad mängd tillförd kväve. Skörd och övriga foderkvalitet påverkades inte av de olika mängderna av tillförd kväve. Detta berodde sannolikt på den höga halt kväve som jorden innehöll vid sådd. Höga kvävehalter i jord är vanligt på majsält där mycket stallgödsel används och eftersom mjäs ofta odlas efter mjäs. Halten mineralkväve i jorden efter skörd ökade med ökad mängd tillförd kväve. Det finns stora risker att kväveläckage uppstår under dessa förhållanden. Kvävegödslingen till mjäs måste fältanpassas efter jordens kväveinnehåll och mineraliserande förmåga för att minska både kväveläckage och kostnader för odlaren. Vi rekommenderar att mineralkväveanalyser i jorden utförs innan kvävegödsling.

## Bakgrund

I och med att klimatet förändras introduceras nya grödor för odling i Sverige. Fodermjäs till ensilage är ett exempel på en gröda som allt fler lantbrukare visat intresse för. Arealen jordbruksmark som odlades med mjäs 2011 har fyrdubblats sedan 2003 och är nu uppe i drygt 16 000 ha (Jordbruksverket, 2009). Mjäs är ett energirikt och välsmakande foder. Det klassas som 50 % kraft- och 50 % grovfoder och kan ersätta en del av spannmålen i foderstaten (Widebeck, 2007).

Eftersom mjäs är en relativt ny gröda i Sverige behövs studier för att optimera skörd och minimera läckage från gödsel. Det finns en mängd olika majssorter på marknaden som varierar något i tidighet för att passa klimat i södra och mellersta Sverige. Mjäs växer snabbt och får en relativt hög biomassa och kräver därför stora mängder kväve (N). Hur stort behovet är i svenskt klimat vet man egentligen inte. För mycket kväve kan leda till att majsens utveckling försenas (Wadsworth, 2003) och till att kväve läcker ut till omgivande miljöer (Wiesler and Horst, 1993). Gödselrekommendationerna varierar mellan och inom olika länder. Jordbruksverkets rekommendationer baseras på danska erfarenheter, och är ca 150 kg ha<sup>-1</sup> N vid förväntad skörd på 10 ton ts/ha N (Jordbruksverket, 2007). HS Konsult AB i Örebro rekommenderar 120-130 kg ha<sup>-1</sup> N (Redner, personlig kommentar). Enligt undersökningar i södra England har man funnit att man inte behöver mer än 100 kg ha<sup>-1</sup> N, för en optimal skörd (Wadsworth, 2003). I en tidigare engelsk undersökning kom man fram till att 60 kg ha<sup>-1</sup> N är tillräckligt (Hughes *et al.* 1977). I Danmark rekommenderas 155-181 kg ha<sup>-1</sup> N beroende på jordart och mängden kväve från förfrukten. Om det tex. varit vallblävaxter året innan ska givan minskas med 70 kg kväve (Mikkelsen, 2007). I Tyskland är de officiella rekommendationerna 110-150 kg ha<sup>-1</sup> N (Herrmann, 2007). De stora variationerna i rekommendationer beror sannolikt på skillnader i klimat, jordart, kväveinnehåll i jorden, majssort och vattentillgång. Samtliga rekommendationer som har angivits är beräknade för en skörd på 10 ton ha<sup>-1</sup>. Det är vanligt att stora mängder stallgödsel tillförs (Lundmark, pers meddelande). Mjäs odlas ofta på samma skifte flera år i följd, vilket leder till ackumulering av växtnäring och miljöproblem (Jordbruksverket, 2007).

**Syftet** med denna studie var att ta fram en sortanpassad och miljöeffektiv kvävegödslingsstrategi baserad på lokalproducerad stallgödsel, för majsproduktion i Örebro län.

## Material och metod

### Utförande av fältförsök

Två fältförsök utfördes, ett 2009 och ett 2011. Ett försök planerades 2010 men på grund av tekniska problem med såmaskinen var uppkomsten ojämn och försöket kasserades.

I båda försöken var försöksrutornas storlek ca 40 m<sup>2</sup> och försöksdesignen ett randomiserat blockförsök. Totalt antal försöksbehandlingar var 10 med fyra upprepningar.

### Fältförsök 2009

Ett fältförsök anlades i Led, Odensbacken 2009. Majssorterna som valdes var Revolver (Ssd) och Isberi (SvL). Revolver är en tidig sort och Isberi mellantidig och båda har visat hög skörd och stärkelsehalt i Mellansverige (Ericsson, 2007). Den planerade kvävegödslingen för varje majssort var 60 kg NH<sub>4</sub>-N i form av nötfastgödsel som grundgödsling innan sådd i samtliga led. Därefter kompletteras gödslingen med handelsgödsel (Axan) enligt tabell 1.

Tabell 1. Gödslingsplan för varje majssort 2009 (verkligt utfall)

	Grundgödsling NH <sub>4</sub> -N (kg ha <sup>-1</sup> ), i stallgödsel	Kompletterande kvävegödsling (kg ha <sup>-1</sup> ), i Axan	Total kvävegiva, (kg ha <sup>-1</sup> )
A	60 (72)	0	60 (72)
B	60 (72)	40	100 (112)
C	60 (72)	80	140 (152)
D	60 (72)	120	180 (192)
E	60 (72)	160	220 (232)

Majsen såddes den 15 maj och skördades den 13 oktober. Den skördade ytan var 3,5 m<sup>2</sup> per ruta, planerad skördeyta var 15 m<sup>2</sup>.

### Fältförsök 2011

Ett fältförsök anlades på Åkerby, Sköllersta 2011. Majssorterna som valdes ut var Activate (Ssd) och Beethoven (Lim). Activate är en ny tidig sort och Beethoven mellantidig. För att få en jämn spridning av kvävet i varje ruta användes ingen stallgödsel utan enbart handelsgödsel (Axan). Mängden tillförd kväve till varje sort redovisas i tabell 2. Majsen såddes den 9 maj och skördades den 12 oktober. Den skördade ytan var 13,5 m<sup>2</sup> per ruta.

Tabell 2. Gödslingsplan för varje majssort 2011

	Kvävegödsling (kg ha <sup>-1</sup> ), i Axan
A	0
B	50
C	100
D	150
E	200

### Utförande, graderingar och analyser i båda försöken

Innan anläggning uttogs generalprov av jorden och analyserades på jordart och näringsinnehåll (tabell 3). Prover uttogs från nötfastgödseln för bestämning av NH<sub>4</sub>-N i försöket 2009. Innan sådd gödslades samtliga led med 15 kg P 20. Majsen såddes med precisionssåmaskin, på 4-5 cm såddjup. Utsädesmängden var planerad till ca 85 000 grobara frön ha<sup>-1</sup> (ca 8,5 frön m<sup>-2</sup>) med radavståndet 0,75 m.

Plant- och kolvräkningar innan skörd utfördes rutvis. Försöken ogräsbekämpades med 0,75 l ha<sup>-1</sup> Callisto vid två tillfällen då majsens hade två örtblad och 10 dagar efter första behandlingen. Skörden planerades då ts-halten i hela majsgrödan var ca 30 %, eftersom det är en lämplig tidpunkt för ensilering av majs (Bal *et al.*, 1997). Skörden vägdes rutvis. I tre av de fyra upprepningarna bestämdes foderkvalitetsparametrar. År 2009 bestämdes ts-halt, aska, NDF (neutral detergent fibre), stärkelse, råprotein, socker och VOS (vomvätskelöslig organisk substans). År 2011 hade foderanalyserna anpassats till NorFor och förutom ovan nämnda parametrar bestämdes iNDF (osmältbar NDF), växttråd (fiberhalt) och energi beräknades medan bestämning av socker utgick. Foderkvaliteten utfördes med våtkemisk metod. Analyserna av stallgödsel och foder utfördes vid Eurofins Food & Agro AB, Lidköping. I samband med skörd uttogs jordprov från samtliga rutor. År 2009 slogs jordproverna ihop till samlingsprov för varje behandling och mineralkväve analyserades, medan 2011 utfördes analyserna rutvis enligt beställarens instruktioner. Analyserna av samtliga jordprover utfördes av Eurofins Food & Agro AB, Kristianstad. Medeltemperaturen 2009 och 2011 under maj till oktober samt normal temperatur i Örebro redovisas i tabell 4.

Tabell 3. Markkemisk data på försökfälten innan sådd

År	pH	P-AL (mg 100g <sup>-1</sup> )	K-AL (mg 100g <sup>-1</sup> )	Mull (%)	Ler (%)	Jordart	NH <sub>4</sub> -N		NO <sub>3</sub> -N		Tot N (0-60 cm)
							(0-30 cm)		(30-60 cm)		
2009	6,5	4,7	5,9	1,9	16	mf mj LL	3	12	20	46	81
2011	6,2	7,9	18	2,9	10	nmh l Sa	7	83	4	66	159

Tabell 4. Medeltemperatur maj-okt år 2009 och 2011 på Säbylund söder om Örebro och normal temperatur i Örebro

Månad	Säbylund 2009	Säbylund 2011	Örebro Normal (1961-1990) <sup>1</sup>
maj	10,9	11,2	10,5
jun	13,6	16,2	15,1
jul	16,9	18,0	16,3
aug	16,4	15,9	15
sep	12,6	13,1	10,7
okt	4,6	7,7	6,4

<sup>1</sup>Alexandersson *et al.* 1991.

### Statistisk bearbetning

Olika försöksplaner användes i de båda försöken och resultaten analyserades var för sig. En blandad linjär modell användes. Fixa faktorer var kvävebehandling och sort samt samspelet mellan dem, medan block var slumpmässiga faktorer. Parvisa tester med Tukey's HSD-metod användes för att identifiera skillnader mellan enskilda medelvärden om p<0,05. Data på mineralkväveanalyserna i jorden 2011 och sockeranalysen i fodret 2009 transformerades genom logaritmering för att minska variansen innan statistisk bearbetning. För analys av samband mellan olika faktorer användes linjär regressionsanalys. Samtliga statistiska bearbetningar utfördes i JMP 9.0 (SAS Institute, 2010).

## Resultat

### Skörd

Provet på nötfastgödsel i försöket år 2009 visade att innehållet av NH<sub>4</sub>-Nkväve var högre än beräknat (1,8 kg ton<sup>-1</sup> istället för beräknade 1,5 kg ton<sup>-1</sup>), därför blev grundgödslingen 72 kg ha<sup>-1</sup> kväve (NH<sub>4</sub>-N) istället för planerade 60 kg ha<sup>-1</sup> (tabell 1).

Resultaten av torrsubstansskörd (ts skörd), kolv- och plantantal i försöket år 2009 visas i tabell 5. Skörden ökade något med den högsta mängden tillförd kväve, men skillnaderna var inte signifikanta. Avkastningen var 10% högre i sorten Isberi jämfört med Revolver.

Planträkningarna visade att utsädesmängden blev något högre i försöket 2009 än de planerade 85 000 plantor ha<sup>-1</sup>, och var i genomsnitt ca 120 000 plantor ha<sup>-1</sup> för Revolver och 130 000 plantor ha<sup>-1</sup> för Isberi (tabell 5). Inga signifikanta skillnader mellan de olika kvävebehandlingarna eller sorterna hittades för kolv- och plantantal.

I tabell 6 visas ts skörd, kolv- och plantantal i försöket år 2011. År 2011 var skörden generellt högre jämfört med år 2009. Skörden var högst i behandlingen med 100 kg ha<sup>-1</sup> tillförd kväve men inte signifikant skild från någon annan kvävebehandling. Kolvantalet var signifikant högre i kvävebehandling med 150 kg ha<sup>-1</sup> tillförd kväve jämfört med behandlingen utan kväve. Inga signifikanta skillnader mellan behandlingarna hittades för plantantal. Beethoven hade 10% högre skörd och större kolv- och plantantal än Activate (tabell 6).

Tabell 5. Avkastning, kolv- och plantantal behandlingar med olika mängder tillförd kväve och olika majssorter. Ett försök 2009, Odensbacken

Huvudeffekt	Ts skörd (kg ha <sup>-1</sup> )	Rel. skörd	Antal kolvar (st ha <sup>-1</sup> )	Antal plantor (st ha <sup>-1</sup> )
Kväve (kg ha <sup>-1</sup> )				
72	14 368	100	110 000	105 000
112	13 830	96	130 000	110 000
152	15 292	106	123 750	111 250
192	14 736	103	132 917	117 698
232	16 762	117	130 000	111 250
Sort				
Revolver	14 252 b <sup>1</sup>	100	120 167	115 079
Isberi	15 743 a	110	130 500	107 000
CV	13,4		17,4	5,1
P (kväve)	ns		ns	ns
P (sort)	0,0287		ns	ns

<sup>1</sup>Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader mellan behandlingarna inom en huvudeffekt

Tabell 6. Avkastning, kolv- och plantantal behandlingar med olika mängder tillförd kväve och olika majssorter. Ett försök 2011, Sköllersta

Huvudeffekt	Ts skörd (kg ha <sup>-1</sup> )	Rel. skörd	Antal kolvar (st ha <sup>-1</sup> )	Antal plantor (st ha <sup>-1</sup> )
Kväve (kg ha <sup>-1</sup> )				
0	18 465	100	94 074 b	84 907
50	19 037	103	100 370 ab	84 722
100	19 119	104	103 210 ab	83 167
150	19 085	103	105 251 a	86 385
200	17 641	96	95 690 ab	80 154
Sort				
Activate	17 800 b <sup>1</sup>	100	94 253 b	78 475 b
Beethoven	19 539 a	110	105 185 a	89 259 a
CV	10,1		6,5	7,0
P (kväve)	ns		0,0141	ns
P (sort)	0,0102		0,0001	0,0001

<sup>1</sup>Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader mellan behandlingarna inom en huvudeffekt

## Foderkvalitet

I försöket år 2009 hade behandlingen med 232 kg N ha<sup>-1</sup> högst råproteinhalt, signifikant högre än ledet med 72 kg N ha<sup>-1</sup> (tabell 7). Smältbarheten (VOS) var högst i ledet med 72 kg N ha<sup>-1</sup>, signifikant högre än behandlingen med 152 kg N ha<sup>-1</sup>. Inga signifikanta skillnader mellan de olika kvävebehandlingarna kunde hittas för ts, aska, stärkelse, socker och NDF. Majssorten Revolver hade högre torrsubstanshalt och smältbarhet (VOS) jämfört med Isberi. Vid en jämförelse med foderkvalitetsmålsättningen av majsfoder (tabell 8), var kvaliteten mycket bra. Torrsubstansen (ts), stärkelse och NDF (neural detergent fibre) är nära optimala nivåer och råproteinhalten något lägre.

Tabell 7. Foderkvalitetsparametrar i behandlingarna med olika mängder tillfört kväve (inkl. stallgödsel) och olika majssorter. Ett försök 2009, Odensbacken

Huvudeffekt	Ts (%)	Aska (g kg <sup>-1</sup> ts)	Stärkelse (g kg <sup>-1</sup> ts)	Socker (g kg <sup>-1</sup> ts)	Råprotein (g kg <sup>-1</sup> ts)	NDF <sup>1</sup> (g kg <sup>-1</sup> ts)	VOS <sup>2</sup> (%)
Kväve (kg ha <sup>-1</sup> )							
72	31,2	38	356	41	86 b <sup>3</sup>	437	80 a
112	29,2	37	341	54	89 ab	443	76 ab
152	30,0	41	345	37	92 ab	414	72 b
192	29,2	38	334	53	89 ab	483	77 ab
232	31,1	39	354	34	97 a	477	74 ab
Sort							
Revolver	31,6 a <sup>3</sup>	37	348	51	92	444	77 a
Isberi	28,6 b	40	344	47	90	458	74 b
CV	5,1	9,7	9,2	10,8	6,4	12,3	5,1
<i>p</i> (kväve)	0,0297	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	0,0442	<i>ns</i>	0,0340
<i>p</i> (sort)	0,0001	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	0,0395

<sup>1</sup>NDF = neutral detergent fibre.

<sup>2</sup>VOS = vämvätskelöslig organisk substans

<sup>3</sup>Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader mellan behandlingarna inom en huvudeffekt

Tabell 8. Målsättning av majsensilagets foderkvalitet

	Ts (%)	Råprotein (g kg <sup>-1</sup> ts)	Stärkelse (g kg <sup>-1</sup> ts)	NDF <sup>1</sup> (g kg <sup>-1</sup> ts)
Målsättning majsensilage <sup>2</sup>	30-35		ca 300	
Medel i Sverige 2007-2008 <sup>3</sup>	19-45	62-100	99-419	132-254

<sup>1</sup>NDF = neutral detergent fibre.

<sup>2</sup>Bal et al. 1997.

<sup>3</sup>Arnesson *et al.* 2009.

I försöket år 2011 hade behandlingen med 200 kg N/ha högre proteinhalt än ledet utan tillfört N. Inga andra signifikanta skillnader mellan kvävebehandlingarna hittades. Jämfört med målsättningen för ensilagemajs var ts- och stärkelsehalt hög och råprotein något låg. Sorten Activate hade signifikant högre halter av ts, stärkelse och smältbarhet (VOS) jämfört med Beethoven. Inga skillnader fanns för övriga parametrar.

Tabell 9. Foderkvalitetsparametrar i behandlingarna med olika mängder tillfört kväve och olika majssorter. Ett försök 2011, Sköllersta

Huvudeffekt	Ts (%)	Aska (g kg <sup>-1</sup> ts)	Stärkelse (g kg <sup>-1</sup> ts)	Råprotein (g kg <sup>-1</sup> ts)	NDF <sup>1</sup> (g kg <sup>-1</sup> ts)	iNDF <sup>2</sup> (g kg <sup>-1</sup> ts)	Växttråd (g kg <sup>-1</sup> ts)	VOS <sup>3</sup> (%)	Energi (MJ kg <sup>-1</sup> ts)
Kväve (kg ha <sup>-1</sup> )									
0	41	31	394	75 b	405	187	182	87	11,3
50	41	30	400	80 ab	394	194	177	89	11,4
100	40	32	387	80 ab	423	189	193	86	11,3
150	40	32	367	82 ab	417	189	188	86	11,3
200	41	32	371	84 a	428	199	218	87	11,2
Sort									
Activate	43 a <sup>4</sup>	32	398 a	81	402	189	186	89 a	11,3
Beethoven	38 b	31	369 b	79	425	200	197	86 b	11,3
CV (%)	4,3	7,5	8,8	4,1	9,8	14,5	17,1	3,4	1,4
p (kväve)	ns	ns	ns	0,003	ns	ns	ns	ns	ns
p (sort)	0,001	ns	0,031	ns	ns	ns	ns	0,008	ns

<sup>1</sup>NDF = neutral detergent fibre.

<sup>2</sup>iNDF = osmältbar neutral detergent fibre.

<sup>3</sup>VOS = vämvätskelöslig organisk substans

<sup>4</sup>Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader mellan behandlingarna inom en huvudeffekt

### Markkväve efter skörd

Mineralkväveanalyserna i samlingsproverna av jorden tagna efter skörd år 2009 är redovisade i tabell 10. Nivåerna av NO<sub>3</sub>-N var högre än halterna av NH<sub>4</sub>-N. I behandlingarna med Revolver ökade mineralkvävet i jorden med mängden kvävegödsel. Där Isberi använts hade jordproverna liknande halter kväve i samtliga gödslingsbehandlingar.

Tabell 10. Mineralkväve i jorden efter skörd av två sorters majs med olika behandlingar av kväve. Ett försök 2009, Odensbacken

	NH <sub>4</sub> -N (kg ha <sup>-1</sup> )		NO <sub>3</sub> -N (kg ha <sup>-1</sup> )		Totalt halt mineral-N (kg ha <sup>-1</sup> , 0-60 cm)
	(0-30 cm)	(30-60 cm)	(0-30 cm)	(30-60 cm)	
Revolver 72	10,8	6,7	14,4	30,1	62
Revolver 112	8,7	5,2	23,2	56,2	93
Revolver 152	16,3	4,0	54,8	84,7	160
Revolver 192	13,9	6,3	57,0	116,0	193
Revolver 232	13,9	4,0	70,4	113,9	202
Isberi 72	9,4	6,1	42,6	80,6	139
Isberi 112	11,3	5,2	40,4	60,7	118
Isberi 152	11,2	8,0	38,7	60,4	118
Isberi 192	9,3	5,2	49,4	87,0	151
Isberi 232	8,2	5,7	37,3	84,1	135

Resultaten av mineralkväve i jorden efter skörd från de rutvisa proverna från försöket år 2011 redovisas i tabell 11. Mängden NH<sub>4</sub>-N var signifikant högst i ledet utan tillfört kväve i 0-30 cm skiktet, med undantag för ledet med 150 kg N ha<sup>-1</sup>. Mängden NO<sub>3</sub>-N i skiktet 30-60 cm ökade med ökande mängd tillfört kväve. För halten NO<sub>3</sub>-N i skiktet 30-60 cm och totala mineralkvävehalten i skiktet 0-60 cm var halten signifikant högre i ledet med 200 kg N ha<sup>-1</sup> jämfört med leden med 0 och 50 kg N ha<sup>-1</sup> (tabell 11).

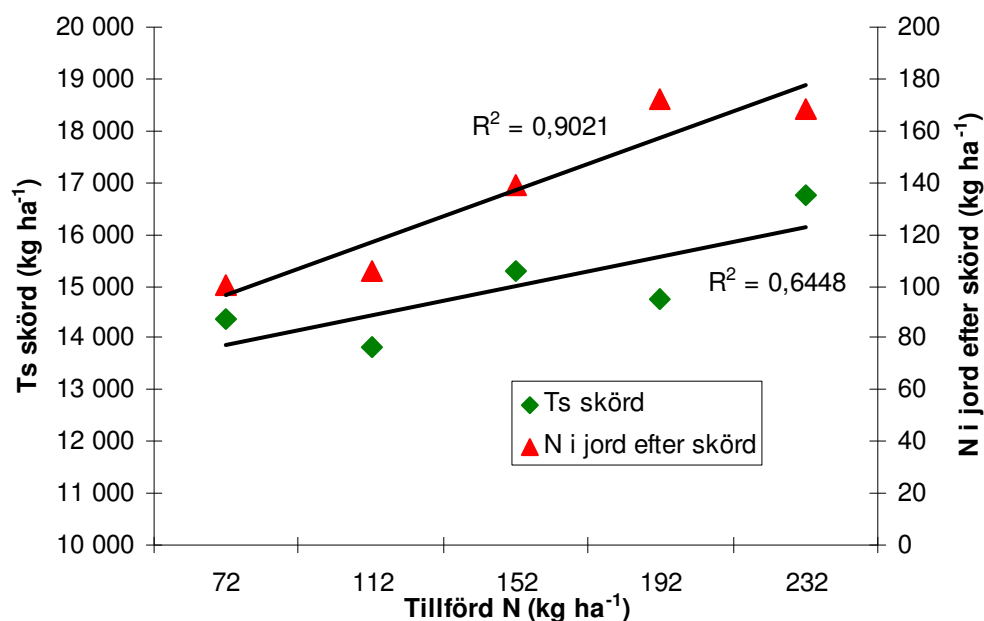


Tabell 11. Mineralkväve i jorden efter skörd av majs med olika mängder tillförd kväve och olika majssorter. Ett försök 2011, Sköllersta

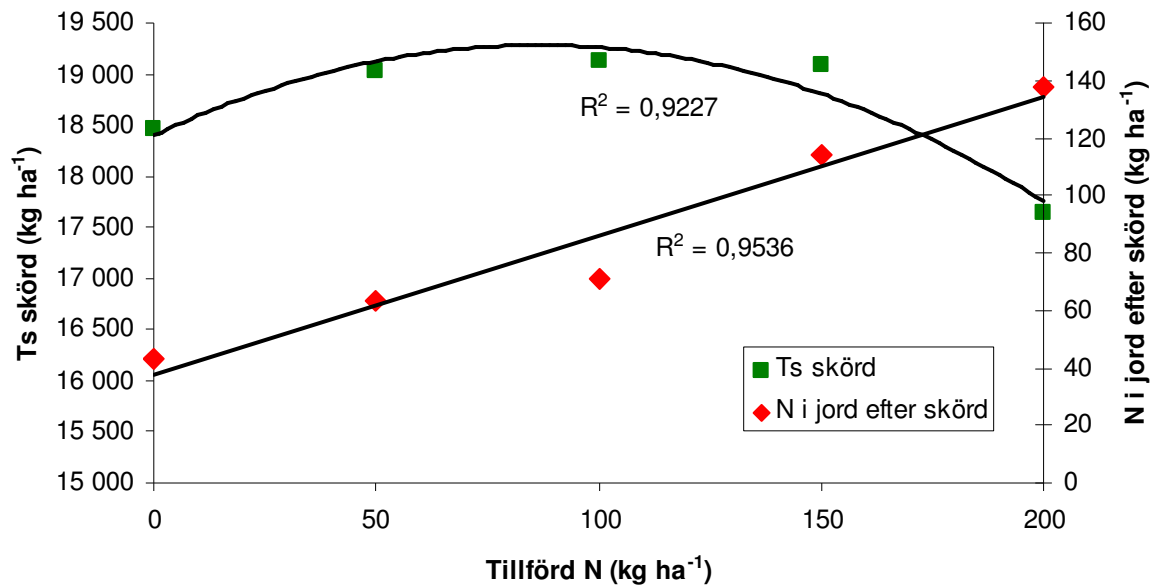
Huvudeffekt	NH <sub>4</sub> -N (kg ha <sup>-1</sup> )		NO <sub>3</sub> -N (kg ha <sup>-1</sup> )		Totalt halt mineral-N (kg ha <sup>-1</sup> , 0-60 cm)
	(0-30 cm)	(30-60 cm)	(0-30 cm)	(30-60 cm)	
Kväve (kg ha <sup>-1</sup> )					
0	10 a <sup>1</sup>	2	11	14 c	43 c
50	5 b	2	20	34 bc	63 bc
100	5 b	2	18	43 ab	71 abc
150	7 ab	2	25	72 ab	114 ab
200	5 b	2	32	96 a	138 a
Sort					
Activate	7	2	16 b <sup>3</sup>	44	76
Beethoven	6	2	25 a	42	82
CV (%)	21,0	42,7	21,5	16,8	11,4
p (kväve)	0,004	ns	ns	0,001	0,001
p (sort)	ns	ns	0,0422	ns	ns

<sup>1</sup>Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader mellan behandlingarna inom en huvudeffekt

Figur 1 och 2 visar hur tillförd mängd kväve påverkar skördenivån och mineralkvävehalt i jord efter skörd. År 2009 ökade skörden något med ökad mängd tillförd kväve (figur 1). År 2011 var skördenivån liknande i kvävebehandlingarna med 20, 100 och 150 kg N ha<sup>-1</sup>, medan de var något lägre i leden med 0 och 200 kg N ha<sup>-1</sup>.



Figur 1. Sambanden mellan mängd tillförd kväve och ts-majsskörd respektive totala mängden mineralkväve i jorden (0-60 cm) efter skörd. Medelvärde av två sorter av majs, Revolver och Isberi, ett försök 2009, Odensbacken.



Figur 2. Sambanden mellan mängd tillförd kväve och ts-majsskörd respektive totala mängden mineralkväve i jorden (0-60 cm) efter skörd. Medelvärden av majssorterna Activate och Beethoven, ett försök 2011, Sköllersta.

## Diskussion

Majsskörden låg mellan 14 000 - 18 000 kg ha<sup>-1</sup>, vilket är relativt höga skördar. Den högre skörden år 2011 kan bero på högre medeltemperatur jämfört med år 2009 (tabell 4). I båda försöken fanns tecken på att skörden ökade med ökande kvävetillförsel men inga stora skillnader hittades. Liknande resultat redovisades i en annan studie av kvävegödslingens effekter på majsskörden. Där hittades inga större skillnader i skörd i Uppland och Östergötland, däremot fanns en liten skördeökning i de södra delarna av Sverige (Tell et al., 2010).

Foderparametrarna visar på bra fodervärden för odling i Mellansverige med en stärkelsehalt över 300 g kg<sup>-1</sup> ts och NDF g kg<sup>-1</sup> ts över 400 för båda majssorterna vilket är i nivå med optimala värden (tabell 8). De tidiga majssorterna Revolver och Activate hade lägre skörd men högre ts-halt och smältbarhet (VOS) jämfört med de något senare sorterna, Isberi respektive Beethoven. Activate hade även högre halt av stärkelse jämfört med Beethoven.

Proteinhalten var den enda foderparameter som ökade med ökad kvävetillförsel i båda försöken, vilket överensstämmer med tidigare svenska studier (Tell et al. 2010). I Odensbacken år 2009 var smältbarheten (VOS) högst i ledet med lägst mängd tillförd kväve. Att ingen större skillnad i skörd och kvalitet mellan de olika kvävegivorna kunde hittas beror sannolikt på den höga mängden mineralkväve som fanns i jorden vid försökets anläggning, dvs. 81 kg ha<sup>-1</sup> (tabell 2). Därmed var halterna i behandlingen med lägst mängd kväve sannolikt för höga för att skapa en kvävebrist med tydlig påverkan på skörden. Dessa resultat överensstämde med en studie i Norra Tyskland som visade att kväve ofta tillsätts i överskott och kan minskas utan påverkan på kvalitet och skörd av majs (Herrmann & Taube, 2005). Alltför höga kvävegivor kan försena mognaden med risk för alltför höga vattenhalter, detta visade dock inte resultaten i den här studien. I försöket år 2011 minskar stärkelsehalten i leden med högre mängd tillförd kväve vilket också är ett tecken på försenad mognad (tabell 9). En rekommendation från Storbritannien är att analysera mineralkvävet i jorden 7-10 veckor efter sådd och därefter gödsla efter förväntad skörd (Richards,

*et al.* 1999). En majsskörd på 11 ton ts bortför mellan 120-130 kg kväve per hektar (Schroder *et al.*, 1993).

Nivån på mineralkvävet i jorden var mycket högre än förväntat på båda platserna då fält med lågt innehåll på kväve eftersträvats. Höga mineralkvävehalter i jorden innan majssådd är inte ovanligt, mineralkvävehalterna var över 100 kg ha<sup>-1</sup> i nio av elva försöksfält i en tidigare studie (Tell *et al.* 2011).

Kvävehalten 81 kg ha<sup>-1</sup> och 159 kg ha<sup>-1</sup> (tabell 2) i jorden på våren är relativt höga värden jämfört med andra fält i Örebro län. Tidigare uppmätta kvävehalter i en jord med mullhaltig mellanlera på en spannmålgård var i april mellan 18-29 kg ha<sup>-1</sup> (Wallenhammar, ej publicerat). Majs odlas ofta efter majs och stora stallgödselgivor ges till grödan, vilket resulterar i stora mängder organiskt bundet kväve som efter hand bryts ned till mineralkväve som är tillgängligt för växten. Även i det undersökta försöksfältet år 2009 hade majs odlats de två föregående åren och året innan dess korn. Fältet där försöket låg 2011 hade stallgödselats hösten innan med ca 30 ton stallgödsel vilket delvis kan förklara de höga kvävehalterna i jorden på våren.

Resultaten visar ett tydligt samband mellan tillförd mängd kväve och kväve i jorden efter skörd (figur 1, 2). Risken för kväveläckage efter majsodling är stor under dessa odlingsförhållanden eftersom stora mängder mineralkväve fanns i jorden efter skörd (tabell 10, 11). Den största mängden kväve fanns i form av nitrat. Nitratkväve medför större risk för läckage eftersom den negativa nitratjonen inte kan binda lika väl till negativa markpartiklar som de positiva ammoniumkvävejonerna (Wiklander, 1976). Höga nitrathalter kan också förekomma längre ned i jordprofilen efter majsodling (Wiesler & Horst, 1993). Därmed är mängden kväve som kan läcka ut efter majsodling troligtvis ännu större än halterna i tabellerna 10 och 11.

Kvävegödslingen till majs måste anpassas efter markens kväveinnehåll för att minska läckaget. I ett projekt i höstvetete som genomfördes 2009 drogs liknande slutsatser (Redner & Enkvist, 2009). I det projektet mättes kväveinnehållet i höstvetete i ogödslade rutor. Kvävemätningarna utfördes med en handburen N-sensor och visade stora skillnader i mineralkväveinnehåll på olika platser. Slutsatsen var att kvävegödslingen måste anpassas bättre efter jordens kväveinnehåll för att optimera odlarens ekonomi och minska kväveläckaget. Försöksserier med kvävegödsling till vårkorn har också visat att kvävegödslingen måste fältpassas (Gruvaeus, 2004; Gruvaeus, 2005). Risken för kväveläckage från majsfält är troligtvis högre jämfört med från spannmålsfält. För mycket kväve resulterar ofta i liggsäd i spannmål medan ingen synlig negativ effekt uppkommer i majsodling och kan därför förekomma mer frekvent.

Normalt tas ingen hänsyn till markkvävenivåerna innan sådd, vilket innebär att majsodlarna oftast lägger stallgödsel motsvarande 60 kg ha<sup>-1</sup> av kväve, samt ytterligare 60-70 kg kväve som tex. Axan för att komma upp till de rekommenderade 120-130 kg. Den här studien visar att under dessa förhållanden kan Axan troligtvis uteslutas utan sänkning av skörd och kvalitet. Detta innebär en kostnadsminskning med ca 500-600 kr ha<sup>-1</sup> i kvävegödsel, samt den tid och pengar en extra körning kostar. Dessutom minskas miljöbelastningen då kväveläckaget reduceras.

Sammanfattningsvis visar försöken ingen signifikant skillnad av skörd och foderkvalitet, förutom en liten höjning av proteinhalten, mellan olika mängder tillförd N på jordar med högt kväveinnehåll. Det finns stora risker att kväveläckage uppstår under dessa förhållanden. Kvävegödslingen till majs måste plats anpassas efter jordens kväveförråd och kan i många fall minskas vilket både reducerar odlarens kostnader och kväveläckaget till omgivande miljö. Vi rekommenderar att jordprover för mineralkväveanalyser alltid tas innan sådd och är vägledande vid gödsling av majs.

## Tack

Tack till CR Prytz donationsfond för finansiering av projektet.

## Referenser

- Arnesson, A., Rustas, B-O., Nadeau, E. och Swensson, C. 2009. Majsproduktion på gårdar i södra Sverige – odling, konservering och foderkvalitet. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, Avdelningen för produktionssystem, Rapport 27.
- Bal, M.A., Coors, J.G. and Shaver, R.D. 1997. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. *J. Dairy Sci.* 80, 2497-2503.
- Ericsson, A. 2007. Försöksrapport 2007 för Mellansvenska försökssamarbetet och Svensk raps, sid 84-86. ISBN 91-88668-62-2.
- Gruveaus, I. 2004. Försöksrapport 2004 - För Mellansvenska försökssamarbetet och Svensk raps. Hushållningssällskapens Multimedia, s 33-36.
- Gruveaus, I. 2005. Försöksrapport 2005 – För Mellansvenska försökssamarbetet och Svensk raps. Hushållningssällskapens Multimedia, s 32-35.
- Herrmann, A. 2007. Silage maize production: crop development, varieties, nutrient demand, harvest prognosis Institute of Crop Science and Plant Breeding. Majskurs, Jönköping 29 jan, 2007.
- Herrmann, A. & Taube, F. 2005. Corn: nitrogen concentration at maturity – An indicator of nitrogen status in forage maize. *Agron J.* 97, 201-210.
- Hughes, A.D., Unwin, R.J. and Johnson, P.A. 1977. Amounts of N, P and K fertilizers needed by maize intended for fodder production in Southern England. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 29, 669-676.
- Jordbruksverket, 2011. Riktlinjer för gödning och kalkning 2012. Jordbruksinformation 21- 2011.
- Jordbruksverket, 2012. Publicerat 2012-02-09 på:  
<http://statistik.sjv.se/database/Jordbruksverket/Markanvandning/Markanvandning.asp>
- Källander, I. 2005. Ekologiskt lantbruk – odling och djurhållning. Natur och kultur, Danmark.
- Mikkelsen, M. 2007. Growing maize in Denmark. Majskurs, Jönköping 29 jan, 2007.
- Persson, D. 2007. Uppgifter ur Lantbruksregistret, Jordbruksverket.
- Redner, A. & Engquist. 2009. Optimering av kvävebehov genom mätning av kväveskörd i nollruta. HS Konsult AB.
- Richards, I.R., Turner, I.D.S. & Wallace, P.A. 1999. Manure and fertilizer contributions to soil mineral nitrogen and the yield of forage maize. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 55, 175-185.
- Schroder, J.J., ten Holte, L., van Keulen, H., Steenvoorden, J.H.A. 1993. Effects of nitrification inhibitors and time and rate of slurry and fertilizer N application on silage maize yield and losses to the environment. *Fert Res* 34, 267-277.
- Tell, J. 2009. Optimerad kväve- och fosforgödning till ensilagemajs. Meddelande från Södra jordbruksförsöksdistriktet nr 62. Rapport från växtodlings- och växtskydds dagar i Växjö den 8 och 9 december 2009. SLU, Södra jordbruksförsöksdistriktet.
- Wadsworth, 2003. Forage maize fertiliser requirements, leaflet 17. The Potash Development Association (PDA), York, UK.
- Weiland, P. 2003 Production and Energetic Use of Biogas from Energy Crops and Wastes in Germany. *Applied Biochemistry and Biotechnology* Vol 109 p 263-274
- Widebeck, L. 2007. Tema Foder. Ur tidningen Nötkött, nr 4. Sveriges Nötköttsproducenter.
- Wiesler, F. and Horst, W.J. 1993. Differences among maize cultivars in the utilization of soil nitrate and the related losses of nitrate through leaching. *Plant and Soil* 151, 193-203.
- Wiklander, L. 1976. Marklära. Lantbrukshögskolan, Uppsala.

## **Ekonomisk redovisning**

2008-05-05 tom 2012-03-31

---

<b>Kostnader</b>	
Löner (inkl lkp och OH)	347322
Försök	80961
Resor	15080
Data	2347
Material	3100
Analys	84300
<b>Total summa</b>	<b>533109</b>

---