

# Slutrapport projekt H0960135: Mer protein och minskat ogrässtryck genom samodling av majs och åkerböna i ekologisk odling

Eva Stoltz<sup>1</sup> och Elisabet Nadeau<sup>2</sup>

<sup>1</sup>HS Konsult AB, Örebro

<sup>2</sup>Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, SLU, Skara

## Bakgrund

Fodermajs (*Zea mays* L.) produceras över hela världen och är en vanlig gröda i södra Sverige. Majs är ett energirikt och välsmakande foder med mycket kolhydrater i form av socker och stärkelse (Masoero et al., 2006). Majs kan därför ersätta en del av spannmålen i foderstaten (Widebeck, 2007) men behöver kompletteras med en proteinkälla som balj- eller oljeväxter. I Sverige har importerad sojaböna (*Glycine max* L. Merr.) länge använts som proteintillskott. Ett fluktuerande sojapris skapar osäkerhet bland jordbrukarna och odlingen kan dessutom leda till avskogning och långa transportsträckor som i sin tur orsakar utsläpp av växthusgaser (Morton, 2006). Intresset för lokalproducerade proteingrödor, såsom ärter (*Pisum sativum* L.) och åkerböna (*Vicia faba* L.), har därför ökat.

Samodling av majs med baljväxter är ett sätt att öka proteinhalten i fodret och baljväxtarter som tidigare undersökts är sojaböna (*G. max* L. Merr) i Kanada (Martin et al., 1998), långböna (*Vigna unguiculata* L.) i Iran (Dahmardeh et al., 2009) och olika bönsorter i USA (Armstrong et al., 2008). Samodling av åkerböna och majs till ensilage i konventionell produktion är praktiskt möjlig under svenska förhållanden (Stoltz et al., 2013). Foderkvaliteten förbättrades med något högre proteinhalt och högre smältbarhet av organisk substans jämfört med majsodling i monokultur.

Växtnäringsupptaget kan förbättras genom samodling (Li et al., 2001; Li et al., 2003). Den kvävefixerande baljväxten kan till viss del även förse majsen med kväve (N) (Martin et al., 1991 a, b). Kväveutnyttjande kan vara effektivare vid samodling vilket resulterar i lägre halter mineralkväve i jorden efter skörd jämfört med i renbestånd (Zhang & Li, 2003). Därför kan samodling vara en viktig strategi för att minska riskerna för N-läckage.

Majs har låg konkurrensförmåga i början av tillväxtperioden (mellan 3 till 14-blad stadiet) och ogräsbekämpning under denna tidsperiod är avgörande för en god tillväxt (Hall et al., 1992). En högre planttäthet av majs är ett sätt att konkurrera mot ogräs (Tollenaar et al., 1993) vilket också kan uppnås med en samodlingsgröda. Höga och relativt smala arter, som åkerböna och honungsört (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) passar bra att samodla med majs eftersom de konkurrerar relativt lite med majsen men har bra konkurrenskraft mot ogräs (Jørgensen & Møller, 2000).

Majs är lättensilerat med en snabb pH-sänkning pga. sitt höga sockernehåll. Däremot är lagringsstabiliteten ofta ett problem efter att silon har öppnats (Muck et al., 2003; Latre et al., 2009). Tillsatsmedel, som kan ge en snabbare pH-sänkning och förbättra ensilagens lagringsstabilitet är relevanta att använda. En inblandning med åkerböna ökar ensilagens buffertkapacitet, vilket kan ge en långsammare pH-sänkning till önskvärd nivå under ensileringsförloppet. Det är då speciellt viktigt med tillsatsmedel för att förbättra förutsättningarna för ett hygieniskt bra ensilage med lågt ammoniakhalt och begränsad mängd ättiksyra (Kung et al., 2003; Ericson et al., 2005).

**Syftet** med denna studie är att undersöka hur samodling av majs och åkerböna påverkar avkastning, ogräs- och sjukdomstryck, gödslingsbehov och näringsinnehåll samt hygienisk kvalitet och lagringsstabilitet hos den ensilerade grödan jämfört med grödorna odlade var för sig i renbestånd i ekologisk produktion.

## Material och metoder

Totalt utfördes fyra försök, två under 2010 och två under 2011. Ett av försöken som utfördes 2010 är inte inkluderat i resultaten pga. högt ogrässtryck och låg uppkomst. Försöksrutornas storlek var minst 40 m<sup>2</sup> och antalet block var fyra. De olika behandlingarna var; A. renbestånd majs 120 kg N/ha (RM 120N), B. renbestånd åkerböna 0 kg N/ha (RÅB 0N), C. majs och åkerböna i samodling, 60 kg N/ha (M/ÅB 60N), C. RM 60N (60kg N/ha), E. RÅB 60N.

Utsädesmängden var ca 85 000 grobara majsfrön ha<sup>-1</sup> (ca 8,5 frön m<sup>-2</sup>) och radavståndet 75 cm i samtliga majsled. Sådjupet var 4-5 cm. I led C såddes en rad åkerböna in mitt emellan majsraderna med utsädesmängden 35 grobara bönor per m<sup>2</sup>. I led B och E såddes åkerbönan med radavståndet 12 cm och utsädesmängden ca 70 frön m<sup>-2</sup>. Majssort var Isberi (SvL) och åkerbönsort var Aurora. Kvävet tillfördes som stallgödsel innan sådd. Försökens läge, markkemiska egenskaper och sådatum visas i tabell 1.

Tabell 1. Försökens läge i Skåne, markkemiska egenskaper och sådatum

Försökens läge		Jordegenskaper (i profil 0-25 cm från ytan)							Så- datum
Försöksplats och år	Longitud, latitud	pH	mullhalt (%)	lerhalt (%)	mineral kväve* (kg ha <sup>-1</sup> )	P-AL (mg 100g <sup>-1</sup> )	K-AL (mg 100g <sup>-1</sup> )		
Nöbbelöv (2010)	N 55° 57', E 14° 2'	6.6	4.9	11	25	26	21	20 maj	
Hellegården (2011)	N 56° 1', E 14° 4'	7.9	1.4	6	32	39	12	1 maj	
Björkhaga (2011)	N 56° 4', E 13° 57'	7.1	3.1	6	71	20	25	1 maj	

\*innan sådd i profil 0-60 cm från ytan

Försöken ogräsreglerades genom två blindharvningar, ogräsharvningar (ej utfört 2010, utfört vid tre tillfällen 2011) och radhackning (vid två tillfällen 2010 och vid tre tillfällen 2011). Skörden i samtliga led planerades då ts-halten i hela majsgrödan i led A var 32-35 % vilket är optimalt för fodermais (Bal et al. 1997), och inträffade 27 september 2010 och 7-10 oktober 2011. Den skördade ytan var 15 m<sup>2</sup> för majs och minst 2 m<sup>2</sup> för åkerbönan. Båda grödorna skördades med ca 20 cm stubb höjd. I det samodlade ledet skördades grödorna separat. Vid skörd var åkerbönan mogen, dvs i stadium 97-99 (Weber & Bleiholder 1990). Land equivalent ratio (LER) av ts-skörd beräknades för att uppskatta om det fanns fördelar med samodling jämfört med odling i renbestånd enligt formeln:

$$LER = \frac{S_{SAB}}{S_{RAB}} + \frac{S_{SM}}{S_{RM}}$$

Där S<sub>SAB</sub> och S<sub>RAB</sub> är skörden av samodlad åkerböna 60N respektive RÅB 0 N och S<sub>SM</sub> and S<sub>RM</sub> är skörden av samodlad majs 60 N och RM 120 N. Om LER är över 0,5 för någon av grödorna gynnas den grödan av samodling och om totala LER >1 gynnas hela odlingen av samodling.

Planräkningar och mätning av höjd utfördes i båda grödorna. Ogräsbiomassa bestämdes i juli och i september. Bladfläckarna graderades i augusti enligt Käck et al. (2012). Efter skörd uttogs jordprover för analys av mineraliskt kväve (0-30 och 30-60 cm från ytan).

Prover av grönmassa från led A, B och C togs för bestämning av ts, aska, Neutral Detergent Fibre (NDF), vattenlösliga kolhydrater (VLK), stärkelse, VOS (in vitro smältbarhet av organisk substans) och råprotein (Kungsängens forskningslaboratorium, Uppsala). I det samodlade ledet blandades grödorna med samma proportioner som för skördevikten.

Ensileringsstudier i småsilar (1,7 liters glasburkar) utfördes under 2011 på skörden från samtliga block i led A, B och C i försöket på Hellegården. Åkerböna i renbestånd (B) ensilerades vid 30 % ts den 18 augusti medan majs i renbestånd (A) och majs/åkerböna (C) ensilerades vid 34 % ts den 6 oktober. Tre ensileringsbehandlingar utfördes 1) utan tillsatsmedel, 2) med ekologiskt godkända bakteriepreparaten Kofasil S innehållande heterofermentativa mjölksyrabakterier (LAB<sub>he</sub>) till majs med en dosering på 100 000 cfu/g, Kofasil Lac innehållande homofermentativa mjölksyrabakterier (LAB<sub>ho</sub>) till åkerböna med en dosering på 100 000 cfu/g grönmassa, och Kofasil Duo med en blandning av homo- och heterofermentativa mjölksyrabakterier (LAB<sub>ho+he</sub>) till samodlingsledet med en dosering på

200 000 cfu/g (Addcon Europe GmbH) samt 3) ett ekologiskt godkänt kemiskt preparat Promyr XR 630 innehållande myrsyra och propionsyra med en dosering på 3 liter/ton (Perstorp AB). För att mäta sänkningen i pH under tidig ensilering fylldes också 500-ml glasburkar med samtliga behandlingar och öppnades efter 3 dagar för mätning av pH. Efter 144 dagars lagring analyserades ensilagen med avseende på ts, VKL, pH, NH<sub>3</sub>-N, organiska syror och alkoholer på Centrallaboratoriet, Humboldt universitet, Berlin. Ensilagens lagringsstabilitet bestämdes genom att mäta temperaturförändringar i ensilagen under 14 dagar (Honig, 1990). Efter lagringsstabilitetsbestämningen analyseras ensilagen för pH.

Resultaten av skörd, beståndsstruktur, ogräsförekomst, bladfläckar och näringskvalitet bearbetades statistiskt med JMP 9.0 (SAS Institute, 2010). En blandad linjär modell användes med behandling, plats och samspelet mellan behandling och plats som fixa faktorer och block(plats) som slumpmässig faktor. Om *F*-värdet för huvudeffekt av behandling och plats samt samspelseffekt mellan behandling och plats var signifikant ( $p < 0,05$ ) utfördes parvisa tester med Tukey's HSD-metod för att identifiera skillnader mellan enskilda medelvärden. Data från ensileringstudien analyserades för varje gröda separat i ett randomiserat blockförsök i PROC GLM i SAS ver. 9.3. Om *F*-värdet för ensilagebehandling var signifikant ( $p < 0,05$ ) utfördes parvisa jämförelser mellan medelvärden enligt Tukey's HSD. Data från samtliga fyra block användes.

## Resultat

### Beståndsstruktur, ogräsbiomassa och bladfläckar

Antalet majsplantor/ha och planthöjd var i medelvärde över de tre försöksplatserna lägre i samodlingen jämfört med leden i renbestånd (tabell 2). Antalet åkerbönsplantor m<sup>-2</sup> var lägre men planthöjden var högre i samodling jämfört med leden i renbestånd. Det fanns ett signifikant samspel mellan behandling och försöksplats för antal plantor/m<sup>2</sup> och för planthöjd hos åkerböna. Men på samtliga platser var skillnaderna liknande dvs. samodling ledde till färre antal plantor/m<sup>2</sup> och högre planthöjd (redovisas ej).

Tabell 2. Medelvärden för behandling och försöksplats av beståndsstruktur och ogräsbiomassa

Huvudeffekt	Majs		Åkerböna		Ogräs	
	plantantal (st/ha)	plant höjd (cm)	plantantal (st/m)	plant höjd (cm)	juli (g/m <sup>2</sup> )	sept (g/m <sup>2</sup> )
Behandling, n=12						
RM 120 N	56407 <sup>a</sup>	270 <sup>a</sup>			635 <sup>ab</sup>	721 <sup>a</sup>
RM 60 N	56593 <sup>a</sup>	260 <sup>a</sup>			759 <sup>a</sup>	594 <sup>ab</sup>
M/ÅB 60 N	48962 <sup>b</sup>	218 <sup>b</sup>	21 <sup>b</sup>	120 <sup>a</sup>	556 <sup>ab</sup>	354 <sup>ab</sup>
RÅB 60 N			65 <sup>a</sup>	109 <sup>b</sup>	399 <sup>b</sup>	318 <sup>b</sup>
RÅB 0 N			63 <sup>a</sup>	110 <sup>b</sup>	344 <sup>b</sup>	305 <sup>b</sup>
SEM behandling	1426	4	2	2	0,2	0,2
<i>p</i> (behandling)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,006	0,003
Försöksplats, n=12 el 20						
Nöbbelöv (2010)	62685 <sup>a</sup>	200 <sup>c</sup>	38 <sup>b</sup>	71 <sup>c</sup>	419	1006 <sup>a</sup>
Helgegården (2011)	51000 <sup>b</sup>	256 <sup>b</sup>	60 <sup>a</sup>	126 <sup>b</sup>	439	274 <sup>b</sup>
Björkhaga (2011)	48278 <sup>b</sup>	291 <sup>a</sup>	51 <sup>a</sup>	142 <sup>a</sup>	749	288 <sup>b</sup>
SEM försöksplats	1426	4	2	2	0,2	0,1
<i>p</i> (försöksplats)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ns	<0,001

<sup>a-c</sup>Medelvärden med olika bokstäver inom samma kolumn och variabel skiljer sig signifikant ( $p < 0,05$ ). R = renbestånd, M= majs, ÅB= åkerböna.

Ogräsbiomassan var generellt högst i renbeståndsleden med majs, lägre i samodlingsledet och lägst i leden med åkerböna i renbestånd. Det fanns ett signifikant samspel mellan behandling och försöksplats för ogräsbiomassa i september pga. att ogräsbiomassan var

signifikant lägre i leden med renbestånd av åkerböna jämfört med renbestånd av majsleden på Björkhaga medan skillnaderna inte var lika stora på de övriga två försöksplatserna (redovisas ej).

Majsskörden var högst i ledet med renbestånd av majs 120 N, lägre i renbestånd av majs 60 N och lägst i samodlingen (tabell 3). Skörden av åkerböna var högre i behandlingarna i renbestånd med 0 N och 60 N jämfört med samodlingen. Proteinskörden var högst i samodlingsledet, men inte signifikant högre än renbestånd av åkerböna 0 N (tabell 3). Det fanns även samspel mellan behandling och plats för åkerbönskörden och proteinskörden. På Helgegården var åkerbönskörden signifikant lägre i samodlingsledet jämfört med renbeståndsleden, medan skillnaderna inte var lika stora på övriga försöksplatser. Proteinskörden tenderade att vara högst i samodlingsledet på Nöbbelöv och Björkhaga medan åkerbönsledet hade högst proteinskörd på Helgegården (ej redovisat).

Tabell 3. Medelvärden för behandling och försöksplats av torrsubstansskörd och proteinskörd

Huvudeffekt	Majs	Åkerböna	Prot. skörd
	(ts kg/ha)		
Behandling, n=12			
RM 120 N	12698 <sup>a3</sup>		809 <sup>b</sup>
RM 60 N	11296 <sup>b</sup>		
M/ÅB 60 N	7178 <sup>c</sup>	2381 <sup>b</sup>	994 <sup>a</sup>
RÅB 60 N		4263 <sup>a</sup>	
RÅB 0 N		4849 <sup>a</sup>	951 <sup>ab</sup>
SEM behandling	414	211	48
<i>p</i> (treatment)	<0,001	<0,001	0,030
Försöksplats, n=12			
Nöbbelöv (2010)	6727 <sup>b</sup>	2283 <sup>b</sup>	609 <sup>b</sup>
Helgegården (2011)	11299 <sup>a</sup>	4633 <sup>a</sup>	1063 <sup>a</sup>
Björkhaga (2011)	13148 <sup>a</sup>	4575 <sup>a</sup>	1083 <sup>a</sup>
SEM försöksplats	489	265	51
<i>p</i> (försöksplats)	<0,001	<0,001	<0,001

<sup>a-c</sup>Medelvärden med olika bokstäver inom samma kolumn och variabel skiljer sig signifikant ( $p < 0.05$ ). R = renbestånd, M= majs, ÅB= åkerböna.

Resultaten av LER-beräkningen visar att marken utnyttjas effektivare på Nöbbelöv och Björkhaga vid samodling jämfört med odling i renbestånd (tabell 4). På Helgegården var LER 0.98 vilket visar att samodlingen gav 2 % lägre skörd jämfört med renbestånd. Det var främst skörden av åkerböna som var lägre i samodlingen, 35 % av skörden i renbestånd.

Sjukdomsindex av bladfläckar som graderades i augusti var signifikant lägre i samodlingen jämfört med i renbestånd av åkerböna ( $p < 0,05$ ) (figur 1).

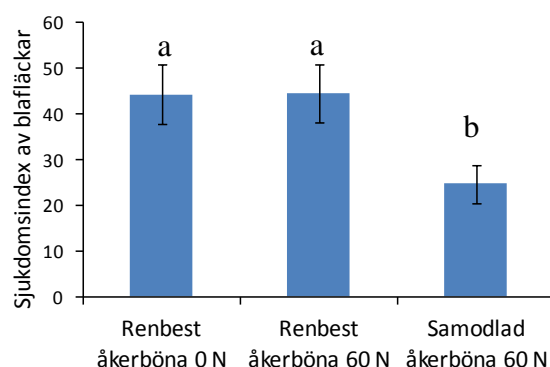
### Näringskvalitet

Fodret från samodlingsledet hade liknande ts-halt, NDF och VOS som rent majsfoder (tabell 5). Samodlingen hade högre halt aska och råprotein men lägre halt VLK (vattenlösliga kolhydrater) och stärkelse jämfört med majs i renbestånd. Foder av ren åkerböna hade högre

Tabell 4. Land equivalent ratio (LER)<sup>1</sup> av ts-skörd

Försöksplats	åkerböna <sub>LER</sub>	majs <sub>LER</sub>	LER
Nöbbelöv (2010)	0,58	0,51	1,10
Helgegården (2011)	0,35	0,63	0,98
Björkhaga (2011)	0,65	0,56	1,21

<sup>1</sup>Behandlingar som använts vid beräkningen: samodling 60 N, renbestånd majs 120 N, renbestånd åkerböna 0 N



Figur 1. Sjukdomsindex av bladfläckar i åkerböna. Medelvärden (SE), olika bokstäver visar signifikanta skillnader ( $p < 0,05$ )

halt ts, aska, NDF och, råprotein men lägre VOS, VKL och stärkelse än de övriga två behandlingarna. För VOS, VKL, stärkelse, NDF och råprotein fanns samspel mellan behandling och plats. Samspelet för VOS, VKL och råprotein berodde på nivåskillnader mellan platserna (redovisas ej). För stärkelse och NDF varierade resultaten (redovisas ej).

Tabell 5. Medelvärden för behandling och försöksplats av foderkvalitetsparametrar

	ts	aska	VOS	VKL	stärkelse	NDF	RP
Huvudeffekt	(%)	(g kg <sup>-1</sup> )	(%)	(g kg <sup>-1</sup> )			
Behandling, n=12							
RM 120 N	30,7 <sup>b</sup>	35,2 <sup>c</sup>	88,0 <sup>a</sup>	134 <sup>a</sup>	291 <sup>a</sup>	399 <sup>b</sup>	63 <sup>c</sup>
RÅB 0 N	60,6 <sup>a</sup>	54,2 <sup>a</sup>	74,9 <sup>b</sup>	20 <sup>c</sup>	183 <sup>c</sup>	434 <sup>a</sup>	202 <sup>a</sup>
M/ÅB 60 N	34,7 <sup>b</sup>	44,1 <sup>b</sup>	89,0 <sup>a</sup>	92 <sup>b</sup>	260 <sup>b</sup>	390 <sup>b</sup>	107 <sup>b</sup>
SEM behandling	1,9	1,4	0,58	3,9	8,8	6,0	3,1
<i>p</i> (behandling)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Försöksplats, n=12							
Nöbblöv	37,9	41,3 <sup>b</sup>	84,9 <sup>ab</sup>	107 <sup>a</sup>	199 <sup>b</sup>	396 <sup>b</sup>	130 <sup>a</sup>
Helgegården	41,3	47,8 <sup>a</sup>	85,9 <sup>a</sup>	73 <sup>b</sup>	282 <sup>a</sup>	392 <sup>b</sup>	110 <sup>b</sup>
Björkhaga	43,8	43,1 <sup>ab</sup>	83,8 <sup>b</sup>	82 <sup>b</sup>	264 <sup>a</sup>	432 <sup>a</sup>	106 <sup>b</sup>
SEM försöksplats	2,0	1,4	0,63	3,9	9,9	6,0	3,7
<i>p</i> (försöksplats)	<i>ns</i>	0,002	0,014	<0,001	0,001	<0,001	0,004

<sup>a-c</sup>Medelvärden med olika bokstäver inom samma kolumn och variabel skiljer sig signifikant ( $p < 0.05$ ). R = renbestånd, M= majs, ÅB= åkerböna.

### Ensilagekvalitet

Färsk majs och majs/åkerböna för ensilering hade näringsvärden liknande de som visas i tabell 5. Åkerbönan som ensilerades innehöll 67 g aska, 104 g VKL, 177 g stärkelse, 320 g NDF och 222 g råprotein per kg ts samt organiska substansens smältbarhet mätt som VOS var 81 %. Majsensilage behandlat med LAB<sub>he</sub> hade mindre mjölksyra men mer ättiksyra, 1,2-propandiol och ammoniak-N än obehandlat majsensilage. Syrabehandlat majsensilage hade mer vattenlösliga kolhydrater och mindre mjölksyra, ättiksyra och ammoniak-N än kontrollensilage. Fastän ej signifikant, var det en numeriskt högre lagringsstabilitet i de behandlade ensilagen med det högsta värdet i LAB<sub>he</sub>-behandlat majsensilage, som var stabilt i drygt fem dagar längre än kontrollensilage (tabell 6). Den förbättrade lagringsstabiliteten avspeglade sig i ett stabilt pH efter luftningstesten av LAB<sub>he</sub>-behandlat majsensilage.

Tabell 6. Fermenteringskvalitet, ammoniak-N och lagringsstabilitet i majsensilage (n=4)

	Kontroll	LAB <sub>he</sub>	Syra	SEM	<i>P</i> -värde
pH efter 3 dagar	4,22 <sup>b</sup>	4,23 <sup>b</sup>	4,55 <sup>a</sup>	0,032	<0,001
pH efter 144 dagar	3,79 <sup>b</sup>	4,12 <sup>a</sup>	3,90 <sup>b</sup>	0,046	<0,010
TS-förluster, %	4,8	6,3	4,8	0,545	<i>ns</i>
Vattenlösliga kolhydrater, % av ts	1,4 <sup>b</sup>	0,5 <sup>b</sup>	8,5 <sup>a</sup>	0,49	<0,001
Mjölksyra, % av ts	5,09 <sup>a</sup>	2,00 <sup>b</sup>	2,77 <sup>b</sup>	0,264	<0,001
Ättiksyra, % av ts	2,55 <sup>b</sup>	4,75 <sup>a</sup>	1,52 <sup>c</sup>	0,233	<0,001
Etanol, % av ts	0,55 <sup>(ab)</sup>	1,00 <sup>(a)</sup>	0,40 <sup>(b)</sup>	0,150	0,072
1,2-Propandiol, % av ts	1,38 <sup>b</sup>	5,78 <sup>a</sup>	0,33 <sup>b</sup>	0,549	<0,001
Ammoniak-N, % av total-N	8,1 <sup>b</sup>	9,3 <sup>a</sup>	5,2 <sup>c</sup>	0,27	<0,001
Lagringsstabilitet, dagar	8,6	14,0	11,8	2,42	<i>ns</i>
pH efter lagringsstabilitetstest	5,02	4,04	4,61	0,629	<i>ns</i>
Jäst, log cfu/g	2,5	1,0	1,8	0,74	<i>ns</i>

LAB<sub>he</sub> = heterofermentativa mjölksyrabakterier; <sup>a-c</sup>Medel med olika bokstäver inom samma rad skiljer sig åt. <sup>a-c</sup>Medelvärden med olika bokstäver inom samma rad skiljer sig signifikant ( $p < 0.05$ ).

Åkerbönsensilage behandlat med LAB<sub>ho</sub> hade lägre halter av etanol och ammoniak-N än kontrollen. Syrabehandlat åkerbönsensilage hade mer vattenlösliga kolhydrater och mindre ts-förluster, mjölksyra, ättiksyra, etanol och ammoniak-N än kontrollensilage. Dessutom

förbättrade syran lagringsstabiliteten i ensilaget (tabell 7). Syrabehandlat majs/åkerbönsensilage hade mer vattenlösliga kolhydrater och mindre ts-förluster, mjölksyra, ättiksyra, etanol, 1,2-propnadiol och ammoniak-N än obehandlat ensilage. Fastän ej signifikant, var lagringsstabiliteten numeriskt högre i de behandlade ensilagen, vilket återspeglade sig i lägre pH efter lagringsstabilitetstesten i de här ensilagen (tabell 8). Det fanns spår av smörsyra (0,00-0,09) och 2,3-butandiol (0,00-0,07) i några av ensilagen.

Tabell 7. Fermenteringskvalitet, ammoniak-N och lagringsstabilitet i åkerbönsensilage (n=4)

	Kontroll	LAB <sub>ho</sub>	Syra	SEM	P-värde
pH efter 3 dagar	4,62 <sup>(ab)</sup>	4,26 <sup>(b)</sup>	4,79 <sup>(a)</sup>	0,135	ns (0,079)
pH efter 144 dagar	4,02	3,98	4,02	0,025	ns
TS-förluster, %	5,7 <sup>a</sup>	5,5 <sup>a</sup>	3,6 <sup>b</sup>	0,32	<0,010
Vattenlösliga kolhydrater, % av ts	1,5 <sup>b</sup>	1,9 <sup>b</sup>	6,2 <sup>a</sup>	0,28	<0,001
Mjölksyra, % av ts	9,68 <sup>a</sup>	9,76 <sup>a</sup>	5,72 <sup>b</sup>	0,224	<0,001
Ättiksyra, % av ts	1,19 <sup>a</sup>	1,05 <sup>a</sup>	0,44 <sup>b</sup>	0,042	<0,001
Etanol, % av ts	0,91 <sup>a</sup>	0,60 <sup>b</sup>	0,17 <sup>c</sup>	0,029	<0,001
Ammoniak-N, % av total-N	9,5 <sup>a</sup>	7,2 <sup>b</sup>	5,7 <sup>b</sup>	0,36	<0,001
Lagringsstabilitet, dagar	5,7 <sup>b</sup>	4,2 <sup>b</sup>	8,2 <sup>a</sup>	0,44	<0,010
pH efter lagringsstabilitetstest	9,14 <sup>ab</sup>	9,26 <sup>a</sup>	8,84 <sup>b</sup>	0,091	<0,050
Jäst, log cfu/g	1,0	1,8	1,0	0,37	ns

LAB<sub>ho</sub> = homofermentativa mjölksyrabakterier; <sup>a-c</sup>Medelvärden med olika bokstäver inom samma rad skiljer sig åt ( $p < 0.05$ ).

Tabell 8. Fermenteringskvalitet, ammoniak-N och lagringsstabilitet i majs/å.b.ensilage (n=4)

	Kontroll	LAB <sub>he+ho</sub>	Syra	SEM	P-värde
pH efter 3 dagar	4,09 <sup>b</sup>	3,92 <sup>b</sup>	4,77 <sup>a</sup>	0,056	<0,001
pH efter 144 dagar	3,86	3,85	3,89	0,015	ns
TS-förluster, %	5,6 <sup>a</sup>	5,3 <sup>ab</sup>	3,7 <sup>b</sup>	0,38	<0,050
Vattenlösliga kolhydrater, % av ts	1,7 <sup>b</sup>	1,2 <sup>b</sup>	8,4 <sup>a</sup>	0,43	<0,001
Mjölksyra, % av ts	5,29 <sup>a</sup>	5,52 <sup>a</sup>	3,98 <sup>b</sup>	0,095	<0,001
Ättiksyra, % av ts	2,22 <sup>a</sup>	2,18 <sup>a</sup>	0,62 <sup>b</sup>	0,145	<0,001
Etanol, % av ts	0,63 <sup>a</sup>	0,54 <sup>a</sup>	0,26 <sup>b</sup>	0,062	<0,050
1,2-Propandiol, % av ts	1,28 <sup>a</sup>	1,50 <sup>a</sup>	0,10 <sup>b</sup>	0,167	<0,010
Ammoniak-N, % av total-N	7,2 <sup>a</sup>	7,3 <sup>a</sup>	4,9 <sup>b</sup>	0,25	<0,001
Lagringsstabilitet, dagar	7,1	10,6	11,4	1,40	ns
pH efter lagringsstabilitetstest	6,49	4,94	5,22	0,665	ns
Jäst, log cfu/g	2,6	2,3	3,2	0,79	ns

LAB<sub>he+ho</sub> = heterofermentativa + homofermentativa mjölksyrabakterier; <sup>a-b</sup>Medelvärden med olika bokstäver inom samma rad skiljer sig åt ( $p < 0.05$ ).

### Kväve i jorden efter skörd

Den totala halten av mineralkväve var i genomsnitt 10 kg/ha lägre i samodlingen jämfört med de övriga två behandlingarna (tabell 7). Halten NO<sub>3</sub>-N i jorden efter skörd var lägst i samodlingsledet i båda profildjupen (0-30 och 30-60 cm), men var inte signifikant i 0-30 cm jämfört med renbestånd av åkerböna. För halten NH<sub>4</sub>-N i jorden efter skörd fanns inga signifikanta skillnader mellan behandlingarna. På Björkhaga där den högsta halten mineralkväve uppmättes var effekten av samodling störst. Där var den totala mineralkvävehalten i 0-60 cm skiktet efter skörd 89 kg N/ha i ledet med renbestånd av majs och samodlingen sänkte kväveinnehållet signifikant till 58 kg N/ha vilket var liknande nivå som i ledet med ren åkerböna (66 kg N/ha) (redovisas ej).

Tabell 7. Medelvärden för behandling och försöksplats av mineralkväve i jorden efter skörd

Huvudeffekt	0-30 cm		30-60 cm		0-60 cm
	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	tot min-N
(kg/ha)					
Behandling, n=12					
RM 120 N	9,6	20,0 <sup>a</sup>	2,6	10,5 <sup>b</sup>	42,6 <sup>a</sup>
RÅB 0 N	9,0	16,0 <sup>ab</sup>	2,1	15,8 <sup>a</sup>	42,8 <sup>a</sup>
M/ÅB 60 N	10,3	12,0 <sup>b</sup>	2,3	6,4 <sup>c</sup>	31,3 <sup>b</sup>
SEM behandling	0,6	1,6	0,2	1,0	2,3
<i>p</i> (behandling)	<i>ns</i>	0,012	<i>ns</i>	<0,001	0,001
Försöksplats, n=12					
Nöbbelev	10,1 <sup>b</sup>	7,0 <sup>b</sup>	4,2 <sup>a</sup>	5,9 <sup>b</sup>	27,2 <sup>b</sup>
Helgegården	4,6 <sup>c</sup>	6,6 <sup>b</sup>	1,3 <sup>b</sup>	5,8 <sup>b</sup>	18,4 <sup>c</sup>
Björkhaga	14,1 <sup>a</sup>	34,7 <sup>a</sup>	1,4 <sup>b</sup>	21,0 <sup>a</sup>	71,2 <sup>a</sup>
SEM försöksplats	0,7	1,7	0,2	1,0	2,3
<i>p</i> (försöksplats)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

<sup>a-c</sup> Medelvärden med olika bokstäver inom samma kolumn och variabel skiljer sig signifikant ( $p < 0.05$ ). R = renbestånd, M= majs, ÅB= åkerböna.

## Diskussion

Resultaten visar att skörden i två av tre försök var högre per ytenhet vid samodling av majs och åkerböna jämfört med odling av grödorna i renbestånd. LER-värdet var mellan 1,10-1,21 (tabell 4) vilket var något lägre jämfört med en kinesisk studie där värdet var mellan 1,21-1,23 (Li et al., 1999). Skörden av varje gröda var lägre i samodlingen jämfört med odling i renbestånd (tabell 3) men eftersom man får skörd av två grödor blir skörden ändå högre än om de båda grödorna odlats var för sig. För åkerböna var LER över 0,5 i två av de tre försöken (tabell 4), trots att plantantalet av åkerböna i samodlingen i genomsnitt var 32 % av det i renbestånd (tabell 2). Vikten per åkerbönsplanta var i genomsnitt 113,4 g i samodlingen (2381 (kg/ha)/210 000 (st/m<sup>2</sup>)) och 7,7 g i renbeståndet med 0 kg N/ha (4849 (kg/ha)/630 000 (st/m<sup>2</sup>)) (tabell 2 och 3). Detta visar att åkerbönan gynnas av samodling med högre plantor (tabell 2) och minskat sjukdomsangrepp av bladfläckar (figur 1) vilket överensstämmer med en tidigare undersökning (Sahile et al., 2008). De minskade sjukdomsangreppen kan delvis bero på ett ökat upptag av koppar (Cu) i samodlingen (Stoltz & Nadeau, In press). Beståndets struktur kan också ha betydelse för sjukdomsutvecklingen och en rad med majs mellan åkerbönsraderna minskar kontakten mellan åkerbönsplantorna vilket kan hindra smittospridningen (Harrison, 1980). Det låga LER värdet på Helgegården kan till viss del förklaras med att plantantalet av åkerböna var lägre i relation till renbeståndet (29 % av renbeståndet) jämfört med övriga två platser (40 % och 32 % av renbeståndet på Nöbbelev respektive Björkhaga). Trots lägre N-gödning till majsen i samodlingen var LER över 0,5 (tabell 4), vilket visar att även majsen gynnas av samodling. Utsädesmängden av åkerböna i samodlingen planerades att vara 50 % av det i renbestånd men var betydligt lägre (tabell 2). Detta berodde troligtvis på att det är praktiskt svårt att få ner så många bönor i raden då radavståndet var betydligt större i samodlingen. Dessutom kan vissa plantor ha skadats av radhackningen som utfördes i samodlingen. Radhackningen kan även vara orsaken till att antalet majsplantor var lägre i samodlingen jämfört med i renbestånd (tabell 2) eftersom radavståndet är mindre.

I ekologisk majsodling finns stora problem med ogräs, speciellt i början av säsongen (Hall et al., 1992). Samodling med åkerböna ledde till att ogräsmängden minskade jämfört med majs i renbestånd, men minskningen var inte signifikant (tabell 2).

Foderkvaliteten i samodlingen förbättrades med högre proteinhalt (107 g/kg ts) jämfört med rent majsfoder (63 g/kg ts). Råproteinhalten i rent majsfoder (63 g/kg ts) var något lägre än jämfört med tidigare undersökningar (71-85 g/kg) (Bal et al., 1997; Stoltz et al., 2013). Den totala proteinskörden var högst i samodlingsledet (tabell 3). Smältbarheten minskade inte i samodlingen trots inblandning av åkerböna och NDF-halten var jämförbar med rent majsfoder (tabell 5).

Det fanns inga stora skillnader mellan ensilageets kvalitet av ren majs, ren åkerböna och samodlad majs och åkerböna men tillsatsmedlen hade effekt. Kontrollensilagen i samtliga grödor utan tillsats hade relativt bra ensilagekvalitet, som förbättrades genom användning av tillsatsmedel med den största effekten av syramedlet med avseende på ts-förluster, vattenlösliga kolhydrater, etanol och ammoniak-N. Tidigare försök med majsensilage, åkerböna/vårveensilage och åkerböna/kornensilage har visat på förbättrad ensilagekvalitet när samma eller liknande syramedel som i den här studien har använts (Ericson et al., 2005; Nadeau et al., 2009; Nadeau et al., 2011). Bakteriemedlet med heterofermentativa mjölksyrabakterier visade förväntad effekt på fermenteringen och den ökade ättiksyrahalten ledde till mycket bra lagringsstabilitet i majsensilaget, som avspeglade sig i ett stabilt pH efter luftningen i 14 dagar. Det var dock stor variation i lagringsstabilitet mellan de fyra obehandlade majsensilagen, vilket ledde till avsaknad av statistiskt säkerställda resultat trots att den numeriska skillnaden var så stor som 5,4 dagar. Positiva resultat med heterofermentativa mjölksyrabakterier har tidigare påvisats i majsensilage (Latre et al., 2009; Nadeau et al., 2011). Samma tendens till förbättrad lagringsstabilitet påvisades i majs/åkerbönsensilage när det var behandlat med en blandning av heterofermentativa och homofermentativa mjölksyrabakterier som gav 3,4 dagar längre lagringsstabilitet än obehandlat ensilage. Den stora variationen mellan obehandlat majsensilage och mellan obehandlade majs/åkerbönsensilage i lagringsstabilitet visar på att användande av tillsatsmedel minskar risken för värmebildning när luft får tillträde i ensilage. En intressant upptäckt var det höga innehållet av 1,2-propandiol (propylenglykol) i majsensilage behandlat med heterofermentativa mjölksyrabakterier (6 % av ts), vilket bidrar som ett energitillskott till högvakastande mjölkkor i tidig laktation.

Kväveutnyttjande förbättrades vid samodling och risken för kväveläckage efter skörd minskade (tabell 7). Majsodling bidrar ofta till att kväve läcker ut till omgivande miljö (Herrmann & Taube, 2005). Samodling kan därför vara en viktig strategi för att minska risken för kväveläckage.

## **Slutsatser**

Samodling av majs och åkerböna kan leda till en totalt högre skörd (10-21 %) jämfört med om grödorna odlas i renbestånd. Ogräsbiomassan tenderar att minska vid samodling jämfört med renbestånd av majs. Åkerböna gynnades av samodling med högre plantor med lägre angrepp av bladfläckar jämfört med i renbestånd. Fodret från samodlingen hade högre proteinhalt (107 g/kg) än rent majsfoder (63 g/kg) men hade liknande smältbarhet. Proteinskörden var högst i samodlingsledet.

Det fanns inga stora kvalitetskillnader mellan ensilage av majs, åkerböna och majs/åkerböna men både biologiska och kemiska tillsatsmedel kan förbättra kvaliteten. Syramedlet var mest effektivt med avseende på ts-förluster och ammoniak-N i den här studien. Tillsats av heterofermentativa mjölksyrabakterier kan öka halten 1,2-propandiol (propylenglykol) i majsensilage och därmed ge extra energitillskott till högvakastande mjölkkor.

Samodlingen minskade risken för kvävläckage då halten mineralkväve minskade i genomsnitt med 10 kg/ha jämfört med grödorna i renbestånd.



## Publikationer

- Stoltz E, Nadeau E. Intercropped maize and faba bean influences the uptake of micronutrients in organic production. Will be presented at the XVII International Plant Nutrition Colloquium, 19-22 August 2013, Istanbul, Turkey. Poster presentation.
- Stoltz, E. 2013. Improved uptake of mineral nutrients by intercropped forage maize and faba beans. COST action FA0905 workshop, "Essential and Deterimental Trace Elements entering the Food Chain via Plants", from 9th - 13th June 2013, at Norwegian University of Life Sciences, UMB, Aas, Norway. Oral presentation.
- Stoltz, E. 2013. Fördelar med samodling av ekologisk majs och åkerböna. Hushållningssällskapets magasin, nr 2 2013.
- Stoltz E 2011. Åkerbönan gynnas av samodling med majs. Skånska Lantbruk nr 2, sid 20-22.
- Stoltz E, Nadeau E 2011. Åkerböna gynnas av samodling med majs. Svenska Vallbrev, nr 5.
- Stoltz E, Nadeau E 2010. Samodling av majs och åkerböna. Försöksrapport 2010 - För Mellansvenska försökssamarbetet och Svensk Raps. Hushållningssällskapens Multimedia, s 104-108.
- Stoltz E, Nadeau E 2010. Samodling av majs och åkerböna. Skåneförsök 2010, Hushållningssällskapens Multimedia, s 103-108.

## Presentationer

- Stoltz E 2013. Intercropping forage maize and faba beans for silage in organic production. LegSA (Legumes for Sustainable Agriculture)-meeting, SLU, Skara, 21 mars.
- Stoltz E 2013. Mer protein och minskat ogrässtryck genom samodling av majs och åkerböna i ekologisk odling. Möte med SLU:s ämneskommitté vall- och grovfoder, Hotell Högland, 19 mars.
- Brunnby Lantbrukardag 5 juli, 2012. Utställning i forskartält och demonstrationsruta med samodling av majs och åkerböna.

## Påbörjade vetenskapliga manuskript

- Stoltz, E., Nadeau, E. Benefits of intercropped maize and faba beans for silage in organic production.
- Stoltz, E., Nadeau, E., Wallenhammar, A-C. Increased content of mineral nutrients in forage and reduced leaf spots in faba bean when intercropped with maize.

## Referenser

- Armstrong KL, Albrecht KA, Lauer JG, Riday H, (2008) Intercropping corn with lablab bean, velvet bean, and scarlet runner bean for forage. *Crop Sci* 48:371-379.
- Dahmardeh M, Ghanbari A, Syasar B, Ramroudi M, (2009) Effect of intercropping maize (*Zea mays* L.) with cow pea (*Vigna unguiculata* L.) on green forage yield and quality evaluation. *Asian J Plant Sci* 8:235-239.
- Ericson, L., Arvidsson, K. and Martinsson, K. 2005. Field beans and spring wheat as whole crop silage: yield, chemical composition and fermentation characteristics. p. 182. *Proceedings of the XIVth Int. Silage Conf.*, Dublin, Northern Ireland, July 2005.
- Hall MR, Swanton, CJ and Anderson, GW. 1992. The critical period of weed control in grain corn (*Zea mays*). *Weed Science* 40; 441-447
- Harrison JC 1980 Effect of environmental factor on growth of lesions on field bean seaves infected by *Botrytis fabae*. *Ann Appl Biol* 95:53-61
- Herrmann A, and Taube F, 2005. Nitrogen concentration at maturity – an indicator of nitrogen status in forage maize. *Agron J* 97, 201-210.
- Honig H. 1990. Evaluation of aerobic stability. *Proceedings of the EUROBAC Conference*, Aug. 1986, Uppsala, Sweden. Swedish University of Agric. Sciences. Grass and Forage Reports 3, 76-82.
- Jørgensen, V. & Møller, E. 2000. Intercropping of different secondary crops in maize. *Acta Agriculturae Scandinavica*, B 50, 82-88.

- Kung, Jr. L., Stokes, M.R. and Lin, C.J. 2003. Silage additives. Chapter 7, pp. 305-360. Buxton, D.R., Muck, R.E. and Harrison, J.H. (eds.) Silage Science and Technology. Agronomy, Nr. 42, ASA Inc., CSSA Inc., SSSA, Inc., Madison, WI, USA.
- Latre, J., Wambacq, E., Nollet, J and Haesaert, G. 2009. Effects of silage additives on aerobic stability of maize silage. pp. 47-48. Proceedings XVth International Silage Conference, July 27-29, Madison, Wisconsin, USA.
- Li, L., Sun, J., Zang, F., Li, X., Yang, S. and Rengel. Z. 2001. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping I. Yield advantage and interspecific interactions on nutrients. *Field Crop Res.* 71, 123-137.
- Li, L., Yang, S., Zhang, F. and Christie, P. 1999. Interspecific complementary and competitive interactions between intercropped maize and faba bean. *Plant and Soil* 212, 105-114.
- Li, L., Zhang, F., Li, X., Christie, P., Sun, J., Yang, S., and Tang, C. 2003. Interspecific facilitation of nutrient uptake by intercropped maize and faba bean. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 65, 61-71.
- Martin RC, Astatkie T, Cooper JM. 1998. The effect of soybean variety on corn-soybean intercrop biomass and protein yields. *Can J Plant Sci* 78:289-294.
- Martin, R.C., Vodeng, H.D., and Smith, D.L. 1991a. Nitrogen transfer from nodulating soybean to maize or to nonnodulating soybean in intercrops: the 15N dilution method. *Plant Soil* 132, 53-63.
- Martin, R.C., Vodeng, H.D., and Smith, D.L. 1991b. Nitrogen transfer from nodulating soybean [Flycine mas (L.) Merr.], to corn (*Zea mays* L.) and non-nodulating soybean in intercrops: direct 15N labelling methods. *New Phytol.* 117, 233-241.
- Masoero, F., Rossi, F. & Pulimeno, A.M. 2006. Chemical composition and *in vitro* digestibility of stalk, leaves and cobs of four corn hybrids at different phenological stages. *Italian J. Anim. Sci.* 5, 215-227.
- Morton DC, DeFries RS, Shimaburkuro YE, Anderson LO, Arai E, del Bon Espiritu-Santo F, Freitas R, Morisette J 2006 Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. *PNAS* 103:14637-14641
- Muck, R.E., Moser, L.E., Pitt, R.E. 2003. Postharvest factors affecting ensiling. Chapter 6, pp. 251-304. Buxton, D.R., Muck, R.E. and Harrison, J.H. (eds.) Silage Science and Technology. Agronomy, Nr. 42, ASA Inc., CSSA Inc., SSSA, Inc., Madison, WI, USA.
- Nadeau, E., Hallin, O. and Jansson, J. 2009. Whole-crop legume/barley silages ensiled with different additives. pp. 51-52. Proceedings XVth International Silage Conference, July 27-29, Madison, Wisconsin, USA.
- Nadeau, E., Svensson, E., Zaralis, K., Helander, C., Pauly, T. and Arnesson, A. 2011. Effects of additive on aerobic stability and nutritive value of maize silage stored during different time periods when harvested at advancing maturity stages. *Advances in Animal Biosciences*, vol. 2, part 2, pp. 393. Cambridge University Press.
- Sahile, S., Fininsa, C., Sakhuja, PK., Ahmed, S. 2008 Effect of mixed cropping and fungicides on chocolate spot (*Botrytis fabae*) of faba bean (*Vicia faba*) in Ethiopia. *Crop Prot* 27:275-282
- Stoltz E, Nadeau E Intercropped maize and faba bean influences the uptake of micronutrients in organic production. Will be presented at the XVII International Plant Nutrition Colloquium, 19-22 August 2013, Istanbul, Turkey. (in press)
- Stoltz E, Nadeau E, Wallenhammar A-C 2013 Intercropping Maize and Faba Bean for Silage Under Swedish Climate Conditions. *Agr Res* 2, 90-97.
- Tollenaar, M, Dibo, AA, Aguilera, A., Weise, SF, Swanton, CJ. 1994. Effect of crop density on weed interference in maize. *Agronomy Journal* 86, 591-595.
- Weber E. & Bleiholder H. 1990. Erfäuterungen zu den BBCH-Decimal-Codes für die Entwicklungsstadien von Mais, Raps, Faba-Bohne, Sonnenblume und Erbse. *Gesunde Pflanzen* 42, 308-321.
- Widebeck, L. 2007. Tema Foder. Ur tidningen Nötkött, nr 4. Sveriges Nötköttsproducenter.
- Zhang F, Li L. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. *Plant and Soil* 248, 305-312.