**Slutrapport för "Optimering av förfrukt för förbättrad odlingssäkerhet i trindsäd" (OpTrin), V1041031**

Rapporten författad av Maria Ernfors och Erik Steen Jensen

**Bakgrund**

Det finns ett behov av att stärka forskningen kring trindsäd i växtföljden, då dessa grödor har en nyckelroll i framtidens uthålliga jordbruk och kan bidra till större självförsörjning av protein i Sverige. Trindsädsodling är emellertid förbundet med en större odlingsosäkerhet än hos stråsäd och skörden kan variera betydligt från år till år, till exempel låg ärtskörden i genomsnitt på 2,6 t ha-1 2006 och 3,3 t ha-1 2003 (SCB, 2008) och 2008 var den svenska trindsädsarealen endast ca 11000 ha. För närvarande ligger utbytet av åkerböna på endast ca 2,2 t ha-1 och odlas på ca 6000 ha.

Dessutom kan den rumsliga variationen på samma fält vara betydlig. Hauggaard-Nielsen et al. (2001) fann att biomassaproduktionen och kvävefixeringen vid mognad kunde variera mellan 2 och 6 t/ha inom mindre områden i ett fält på 10 ha, vid skörd av totalt 56 parceller, systematiskt fördelade över arealen. Trindsädsgrödorna har en långt större utbytespotential än den som uppnås i praktiken och det är viktigt för framtidens hållbara trindsädsproduktion att analysera vilka faktorer som medverkar till att orsaka de låga skördarna samt att via forskning och rådgivning medverka till att öka och stabilisera avkastningen av trindsäd. Traditionellt användes trindsädsgrödor som sjukdomssanerande grödor i spannmålsrika växtföljder, och därför är det sällan fokus på förfrukten till trindsädsgrödor (Jensen, 2006). Det finns inte mycket kunskap om effekterna av olika förfrukter på avkastning och skördestabilitet hos trindsäd. Ett undantag är rapporte Wallgren (1990) från 22 svenska försök att gräs och höstvete är sämre förfrukter till ärter än höstråg, korn, havre, vårraps och rödklöver (skillnader på 5-10%, ej statistiskt signifikanta).

Projektet bestod av ett större matrisförsök i vilket förfruktvärdet av höstvete, höstråg, höstraps, vårkorn, vårkorn med insådd av engelskt rajgräs, havre, lusern och majs undersöktes, med avseende på etablering av grödor och ogräs, skörd, ovanjordisk biomassa, kväveupptag från marken och biologisk kvävefixering.

Hypotes I: valet av förfrukt har en signifikant påverkan på utbytet av åkerböna, lupin, ärt och ärt samodlad med korn).

Hypotes II: Eftersom baljväxter har stort behov av vatten vid blomning och baljsättning (Johansson, 1999; Jensen, 1987) har mängden vatten som lämnats kvar av förfrukten betydelse för den efterföljande grödan. Effekter av förfrukten på markstruktur skulle också kunna orsaka skillnader i markfukt och därmed i etablering och skörd av huvudgrödan.

Hypotes III: Att odla en fånggröda före trindsäd medför ett ökat vattenupptag och har därmed en negativ effekt på den efterföljande trindsäden.

**Material och metoder**

Försöket utfördes på Lönnstorps forskningsstation (55.7 oN, 13.1 oE), på en lättlera (moränlera) med fosforklass IV och kaliumklass III. Försöket designades med åtta förfrukter (Tabell 1) sådda i var sin remsa och fem efterföljande huvudgrödor (Tabell 2) som såddes vinkelrätt mot förfrukterna, i tre upprepningar som slumpades ut inom varsitt block (Figur 1). Varje parcell delades i två delar, en där skörderesterna efter förfrukterna togs bort och en där de hackades och myllades ned. För majs och lucern skördades hela förfruktsgrödan och det var därför ingen skillnad på behandlingen av de två delrutorna. Standardgödsling och standardväxtskydd användes, för förfrukterna. För bestämning av ovanjordisk biomassa, kärnskörd och kväve (N) i biomassa och kärnskörd, för förfrukterna, skördades 4 x 1 m2 per förfruktsremsa, utom för majsen där 4 x 10 m av raden skördades. Huvudgrödorna sprutades och gödslades inte med undantag för vårkornet, som gödslades med 100 kg N/ ha. Vid skörd av huvudgrödorna, 2012, lämnades de hackade skörderesterna på fältet och myllades ned. Det tredje året, 2013, odlades en efterföljande gröda av höstvete på hela fältet. Höstvetet fick en låg kvävegiva (50 kg/ha), för att effekter av de två tidigare årens grödor skulle kunna urskiljas.

Plantetablering och ogräsetablering mättes två veckor efter groning. Vid skörd av huvudgrödan mättes kärnskörd, total ovanjordisk biomassa, ogräsbiomassa, kväve i kärnskörd, kväve i total ovanjordisk biomassa samt andel av kvävet i ovanjordisk biomassa som fixerats från luften. För bestämningen av dessa värden handskördades en ruta på 1 m2 i varje delruta på 3x6 m. Kärna skördades även med maskin, i en 2,1 x 5,6 m remsa i varje delruta. Maskinskörd och handskörd korrelerade väl (*R* = 0.92), men handskörden gav i genomsnitt 6 % högre värden. I analysen användes data från de handskördade proverna. Den efterföljande grödan skördades endast med maskin. Eftersom det inte fanns några signifikanta skillnader mellan skörderestbehandlingarna, och samspel mellan skörderestbehandling och förfrukt endast förekom för ovanjordisk biomassa för ärt i renbestånd, analyserades kvävehalt och andel fixerat kväve endast för den delyta av varje parcell där skörderesterna lämnats kvar. Av samma skäl analyserades kärnskörd, total ovanjordisk biomassa, ogräsbiomassa, ogräsetablering och plantetablering för huvudgrödorna för båda skörderestbehandlingarna tillsammans. För den efterföljande grödan användes endast de delytor där skörderester lämnats i analysen av förfruktseffekter, eftersom det fanns sprutspår i delrutorna där skörderester bortförts, som inte gick att korrigera för. Kvävefixering mättes med "naturlig 15N abundans-metoden", med ett korrektionsvärde för isotopfraktionering (B-värde; 0,7) taget från litteraturen (Holdensen et al. 2007). Ett antal markparametrar mättes: infiltrationskapacitet (från 20 cm djup) och penetrationsmotstånd före sådd av huvudgrödorna; volumetrisk markvattenhalt två dagar efter sådd av huvudgrödorna (TDR; 20120420); volumetrisk markvattenhalt strax före groning (20120504); mineralkvävehalt, gravimetrisk markvattenhalt och pH vid groning (20120511-15) (pH endast i rutor med lämnade skörderester); markvattenhalt två veckor efter groning (20120525). Volumetrisk vattenhalt mättes även i den efterföljande grödan (20130417).

Effekter på markparametrar analyserades med variansanalys i SPSS (IBM SPSS Statistics, Version 20.0) och effekter på huvudgrödorna och den efterföljande grödan analyserades med variansanalys i SAS (Mixed/REG procedure). Förfrukt, gröda och skörderestbehandling ingick som fixa variabler och block ingick som slumpmässig variabel. Den matris-design som användes ger samtidig information om många kombinationer av förfrukt och huvudgröda, men replikeras endast i en riktning på fältet (nord-syd; Figur 1), i och med att förfrukterna sås i remsor istället för att slumpas till de olika blocken. De skillnader som konstaterats mellan förfrukter skulle därför kunna bero på variationer i markegenskaper inom fältet, i öst-västlig riktning, som inte är kopplade till förfrukterna. För att kontrollera för detta provades pH, den markegenskap som visade tydligast variation mellan förfruktsremsorna, som kovariat i variansanalyserna, men visade sig inte ha någon signifikant påverkan och inkluderades därför inte i den slutliga analysen.

Stegvis regressionsanalys användes för att undersöka samband mellan skörderesultat för huvudgrödorna och mineralkvävehalt, pH, ogräsetablering samt markvattenhalt 20120504, 20120511-15 och 20120525. En signifikansnivå på α = 0,05 användes i variansanalysen och en signifikansnivå på α = 0,15 användes i regressionsanalysen (standardmetod SAS).

**Tabell 1.** Förfrukter, sådd och skörd

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Led | Gröda | Sådatum | Sort | Utsädesmängd(kg/ha) | Skördedatum  |
| *1* | *Majs* | *2011-05-13* | *Paroli* | *27* | *2011-10-07* |
| *2* | *Havre* | *2011-04-21* | *Kerstin* | *180* | *2011-08-18* |
| *3* | *Vårkorn* *+ insådd av engelskt rajgräs* | *2011-04-21**2011-05-10* | *Quench**Birger* | *180**10* | *2011-08-18* |
| *4* | *Vårkorn* | *2011-04-21* | *Quench* | *180* | *2011-08-18* |
| *5* | *Höstraps* | *2010-08-21* | *Galileo* | *3,3* | *2011-08-04* |
| *6* | *Höstråg* | *2010-09-22* | *Marcelo* | *180* | *2011-08-06* |
| *7* | *Höstvete* | *2010-09-22* | *Boomer* | *180* | *2011-08-17* |
| *8* | *Lucern* | *2010-09-22* | *Pondus* | *25* | *2011-09-23* |

**Tabell 2.** Huvudgrödor, sådd

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Led | Gröda | Sådatum | Sort | Utsädesmängd(kg/ha) |  |  |
| 1 | Åkerböna | *2012-04-18* | Fuego | 350 |  |  |
| 2 | Vitblommig ärt + korn | *2012-04-18* | SW Clara + Tamtam | 132+90 |  |  |
| 3 | Vitblommig ärt | *2012-04-18* | SW Clara | 265 |  |  |
| 4 | Blå lupin | *2012-04-18* | Viol | 175 |  |  |
| 5 | Korn | *2012-04-18* | Tamtam | 180 |  |  |



**Figur 1.** Skiss över försöksfältet

**Resultat**

Förfrukterna utvecklade sig normalt, förutom lucernen som fick slås av två gånger under sommaren på grund av ogräsproblem. I september 2011 såg även lucernen bra ut, även om den gav en relativt låg skörd (Tabell 3).

**Tabell 3.** Skörderesultat förfrukter (medelvärde och standardfel).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Gröda | Total ovanjordisk biomassa (kg ts/ha) | N i ovanjordisk biomassa (kg N/ha) |
| 1. Majs | 14,5 (0,53) | 245(7) |
| 2. Havre | 10,3 (0,10) | 144(1) |
| 3. Vårkorn+Engelskt rajgräs | 9,9 (0,27) | 133(6) |
| 4. Vårkorn | 9,8 (0,25) | 132(5) |
| 5. Höstraps | 8,9 (0,75) | 183(16) |
| 6. Höstråg | 11,6 (0,42) | 139(10) |
| 7. Höstvete | 12,1 (0,13) | 183(4) |
| 8. Lusern | 4,5 (0,08) | 107(3) |

Effekter av förfrukt på markförhållandena

*Markvattenhalt*

Variationen i volumetrisk markvattenhalt mellan förfruktsremsorna var liten vid sådd (20120420: 24.2-26.3 %, variationskoefficient (CV) =3.4 %) och ökade därefter något (20120504: 23.6-25.6 %, CV = 3.6 %, 20120525: 19.7-22.4 %, CV = 4.4. Variationen i den gravimetriska vattenhalten, mätt på de prover som samlades in 20120511-15 för analys av mineral-N och pH, var ännu lägre (14.4-15.2 %, CV = 2.1 %). En mätning i den efterföljande grödan, 20130417, visade en liknande variation: θ = 31.8-35.0 %, CV = 3.1 %. För alla mätdatum fanns signifikanta skillnader i markvattenhalt mellan de olika förfruktsbehandlingarna (Tabell 4). Skillnader i markvattenhalt mellan huvudgrödor visade sig först vid den sista mätningen, 20120525, 37 dagar efter sådd av huvudgrödan, med en markvattenhalt som var högre för korn och lägre för lupin, jämfört med övriga grödor. Bortförandet av skörderester gav ingen signifikant generell effekt vid något mättillfälle, men interagerade med skillnaderna mellan förfrukter vid två mättillfällen: före sådd (20120420) och när vattenhalten mättes gravimetriskt (20120511-15). För dessa två tillfällen analyserades effekterna på markvattenhalt separat för de två skörderestbehandlingarna (Tabell 4).

*Markens fysikaliska egenskaper*

Infiltrationskapaciet (nära vattenmättnad) mätt från 20 cm djup skilde sig inte signifikant mellan förfrukterna (data ej visat) och det fanns inga signifikanta skillnader i penetrationsmotstånd mellan förfruktsremsorna, vare sig på 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 eller 60-80 cm djup (data ej visat).

**Tabell 4.** Volumetrisk markvattenhalt 20120405, 20120504, 20120525 och 20130417 (mätdjup 0-12 cm). Gravimetrisk markvattenhalt 20120511-15 (provtagningsdjup 0-20 cm).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 20120405 |  | 20120504 |  | 20120511-15 |  | 20120525 |  | 20130417 |
| Förfrukt |  | Skörderesterbortförda | Skörderesterlämnade |  | Båda skörderest-behandlingarna |  | Skörderesterbortförda | Skörderesterlämnade |  | Båda skörderest-behandlingarna |  | Båda skörderest-behandlingarna |
|  |  | Medel (SE) | Medel (SE) |  | Medel (SE) |  | Medel (SE) | Medel (SE) |  | Medel (SE) |  | Medel (SE) |
| Majs |  | 26,2 (0,8)ab | 26,2 (0,8)ab |  | 25,6 (0,5)a |  | 15,1 (0,1)ab | 14,7 (0,1)c |  | 21,3 (0,5)ab |  | 34,6 (0,3)ab |
| Havre |  | 25,9 (1,0)ab | 26,7 (0,8)a |  | 25,5 (0,4)a |  | 15,1 (0,1)a | 15,3 (0,1)a |  | 22,4 (0,6)a |  | 34,8 (0,3)a |
| Korn+rajgräs |  | 27,0 (0,6)a | 25,5 (0,9)ab |  | 25,6 (0,4)a |  | 15,1 (0,2)a | 15,0 (0,1)ab |  | 20,6 (0,7)ab |  | 33,8 (0,6)ab |
| Korn |  | 25,1 (0,8)ab | 27,4 (1,1)a |  | 24,7 (0,3)ab |  | 15,1 (0,1)ab | 15,0 (0,1)ab |  | 20,3 (0,5)b |  | 33,1 (0,6)abc |
| Höstraps |  | 26,5 (0,8)ab | 25,8 (0,8)ab |  | 24,0 (0,3)b |  | 14,6 (0,1)bc | 14,1 (0,2)c |  | 19,7 (0,5)b |  | 32,5 (0,5)abc |
| Höstråg |  | 24,1 (0,8)b | 24,2 (0,9)b |  | 23,9 (0,3)b |  | 14,5 (0,1)c | 14,6 (0,1)bc |  | 19,8 (0,7)b |  | 33,5 (0,4)abc |
| Höstvete |  | 24,2 (0,8)b | 24,9 (0,6)ab |  | 23,6 (0,4)b |  | 14,4 (0,1)c | 14,6 (0,1)bc |  | 20,0 (0,7)b |  | 33,0 (0,5)bc |
| Lucern |  | 26,3 (0,5)ab | 24,2 (0,6)b |  | 23,8 (0,3)b |  | 14,6 (0,1)bc | 14,6 (0,1)bc |  | 20,4 (0,7)b |  | 31,6 (0,5)c |

*Markens kemiska egenskaper*

De jordprover som togs vid groning visade signifikanta skillnader i pH mellan förfruktsbehandlingar, med högst pH efter höstråg och lägst efter korn och höstraps (Figur 2). Av huvudgrödorna gav korn lägre pH än i alla andra huvudgrödor utom ärt i renbestånd, men det fanns ingen signifikant interaktion mellan huvudgröda och förfrukt.



**Figur 2.** pH efter de olika förfrukterna, mätt före sådd av huvudgrödorna. Provtagningsdjup 0-20 cm. Olika bokstäver ovanför staplarna visar statistiskt signifikanta (α = 0,05) skillnader mellan förfruktsbehandlingarna.

För analysen av mineralkvävehalter vid groning (för huvudgrödorna) skilde lucernen som förfrukt ut sig med en signifikant högre mineralkvävehalt än efter alla andra förfrukter (Figur 3). Mineralkvävehalten efter höstraps var också högre än efter alla andra förfrukter förutom lucern (Figur 3). För huvudgrödorna hade ärt i renbestånd signifikant högre mineralkvävehalt än lupin och samodlad ärt-korn (data inte visad). De parceller där skörderester lämnats kvar hade också signifikant lägre mineralkvävehalt (medel 15,6; SE 0,46) än de där skörderester förts bort (medel 16,2; SE 0,47). För analysen av mineralkvävehalter uteslöts huvudgrödan korn i renbestånd, eftersom den kvävegödslats.



**Figur 3.** Mineralkväve efter de olika förfrukterna, mätt före sådd av huvudgrödorna. Provtagningsdjup 0-20 cm. Olika bokstäver ovanför staplarna visar statistiskt signifikanta (α = 0,05) skillnader mellan förfruktsbehandlingarna.

Effekter av förfrukt på huvudgrödan

*Etablering av huvudgrödor*

Etableringen av huvudgrödorna räknat i plantantal (två veckor efter groning) skilde sig inte signifikant mellan förfrukter eller skörderestbehandlingar (data inte visad). Etableringen räknat i biomassa (två veckor efter groning) skilde sig signifikant mellan förfrukter för samodlad ärt-korn och lupin (Figur 4). Ärt-korn etablerade sig bäst efter majs och sämst efter höstråg och höstvete. Lupin etablerade sig bäst efter korn och sämst efter lucern. Skörderestbehandling gav ingen signifikant skillnad för någon huvudgröda.



**Figur 4.** Etablering av huvudgrödorna, räknat i plantantal och biomassa (två veckor efter groning). Olika bokstäver ovanför staplarna visar statistiskt signifikanta (α = 0,05) skillnader mellan förfruktsbehandlingarna.

*Kärnskörd och skörd av ovanjordisk biomassa*

Kärnskörd och ovanjordisk biomassa av åkerböna, och kväveinnehållet i dessa, var högre efter majs än efter de flesta andra förfrukter och kärnskörd och kväveinnehåll var lägst efter lucern (Figur 5, 6). För samodlad ärt+korn var både kärnskörd och skörd av ovanjordisk biomassa högst efter majs och lägst efter höstraps (Figur 5), medan kväveinnehållet i kärna och ovanjordisk biomassa var högst efter havre och lägst efter höstvete (Figur 6). För ärt i renbestånd skilde sig varken kärnskörd, ovanjordisk biomassa, N i kärna eller N i ovanjordisk biomassa signifikant efter olika förfrukter (Figur 5, 6). Kärnskörd och skörd av ovanjordisk biomassa av lupin, och kväveinnehållet i dessa, var högst efter havre och lägst efter lucern (Figur 5, 6). För vårkorn som huvudgröda var kärnskörden signifikant större efter korn med insådd än efter enbart vårkorn (Figur 5). Ovanjordisk biomassa, kväveinnehåll i kärnskörd och kväveinnehåll i ovanjordisk biomassa för vårkorn var högst efter lucern. (Figur 5, 6). Inga signifikanta effekter av skörderestbehandling observerades.



**Figur 5.** Kärnskörd och skörd av ovanjordisk biomassa för huvudgrödorna, för de olika förfrukterna. Olika bokstäver ovanför staplarna visar statistiskt signifikanta (α = 0,05) skillnader mellan förfruktsbehandlingarna. För samodlad korn och ärt visas den totala skörden av de två arterna.



**Figur 6.** Kväveinnehåll i kärnskörd och skörd av ovanjordisk biomassa för huvudgrödorna, för de olika förfrukterna. Olika bokstäver ovanför staplarna visar statistiskt signifikanta (α = 0,05) skillnader mellan förfruktsbehandlingarna. För samodlad korn och ärt visas den totala skörden av de två arterna.

*Kvävefixering och upptag av markkväve*

Andelen biologiskt fixerat N, av totala mängden N i biomassa, var signifikant lägre för ärt i renbestånd än för åkerböna, lupin och ärt i samodling, medan andelen biologiskt fixerat N inte skilde sig signifikant mellan åkerböna, lupin och ärt i samodling. Den totala mängden biologiskt fixerat N i biomassa var större för ärt i renbestånd än för åkerböna, ärt i samodling och lupin, samt högre för åkerböna än för ärt i samodling och lupin (Figur 7).

För lupin hade förfrukten ingen signifikant effekt på andelen biologiskt fixerat N, för åkerböna var andelen signifikant lägre efter majs än efter alla andra förfrukter utom höstraps och för ärt i renbestånd var andelen signifikant lägre efter majs än efter höstråg (Figur 7). För ärt i samodling var andelen biologiskt fixerat N signifikant lägre efter lucern än efter övriga förfrukter, signifikant lägre efter raps än efter majs, havre, korn och korn med insådd samt signifikant lägre efter höstvete jämfört med majs (Figur 7). Den totala mängden biologiskt fixerat N i biomassa påverkades inte signifikant av förfrukten för ärt i renbestånd. För åkerböna var mängden biologiskt fixerat N lägre efter höstraps än efter majs och havre. För lupin var mängden biologiskt fixerat N lägre efter lusern än efter havre, korn och korn med insådd och lägre efter höstråg än efter havre. För ärt i samodling var mängden biologiskt fixerat N signifikant lägre efter lucern än efter majs, havre och korn (Figur 7).



**Figur 7.** Effekt av förfrukt på andel biologiskt fixerat kväve och mängd biologiskt fixerat kväve i ovanjordisk biomassa. Olika bokstäver ovanför staplarna visar statistiskt signifikanta (α = 0,05) skillnader mellan förfruktsbehandlingarna

*Ogräsbiomassa vid skörd och etablering av ogräs i huvudgrödorna*

Både ogräsetablering (två veckor efter groning) och ovanjordisk ogräsbiomassa vid skörd påverkades signifikant av förfrukten, utom när huvudgrödan var vårkorn. Det fanns också en signifikant och relativt stark korrelation mellan ovanjordisk ogräsbiomassa vid skörd och ogräsetablering två veckor efter groning (*R* = 0.49). Ogräsetableringen var generellt störst efter höstraps och korn och minst efter havre, majs och korn med insådd (Figur 8). Interaktion mellan skörderestbehandling och förfrukt, med avseende på ogräsetablering, förekom för lupin som huvudgröda, då höstraps som förfrukt gav signifikant större ogräsetablering än havre, majs och korn med insådd när skörderesterna bortförts men inga signifikanta skillnader mellan förfrukter när skörderester lämnats. Havre och korn med insådd som förfrukt gav de lägsta värdena på ovanjordisk ogräsbiomassa i alla huvudgrödor medan lucern som förfrukt gav de högsta värdena för ärt och lupin som huvudgröda och raps de högsta värdena för övriga huvudgrödor (Figur 8).



**Figur 8.** Ogräsetablering, räknat som plantantal, samt ovanjordisk ogräsbiomassa i huvudgrödan vid skörd (2012). Olika bokstäver ovanför staplarna visar statistiskt signifikanta (α = 0,05) skillnader mellan förfruktsbehandlingarna.

Effekter av förfrukt och huvudgröda på skörd av efterföljande gröda

Kärnskörden av den efterföljande grödan påverkades tydligt av huvudgrödan, med signifikant högre skörd efter trindsäd i renbestånd än efter korn eller samodlad ärt+korn. Skillnaderna i skörd av efterföljande gröda (2013) efter förfruktsbehandlingarna (2011) var dock större (5,8-7,6 ton ts ha-1) än efter huvudgrödorna (6,1-6,9 ton ts ha-1). Skördevärdena efter de olika förfrukterna följde ett likartat mönster oavsett om skörderester lämnats kvar eller inte och oavsett vilken huvudgröda som odlats, med högst skörd där förfrukten var lucern och lägst där förfrukten var höstvete eller höstråg (Figur 9). Skördevärdena för den efterföljande grödan korrelerade signifikant och negativt med pH (mätt 2012), men eftersom pH inte var signifikant när det testades som kovariat i analysen kunde skillnaderna mellan förfruktsbehandlingarna inte förklaras av skillnader i pH över fältet.



**Figur 9.** Kärnskörd av höstvete som efterföljande gröda (2013) till förfrukter (2011) och huvudgrödor (2012). Olika bokstäver ovanför staplarna visar statistiskt signifikanta (α = 0,05) skillnader mellan förfruktsbehandlingarna.

 *Relationer mellan skörd och andra faktorer*

De faktorer som förklarade mest av variationen i kärnskörd respektive ovanjordisk biomassa var: volymetrisk markvattenhalt före groning (20120504) för åkerböna (24 och 26 %); ogräsetablering för samodlad ärt-korn (32 och 31 %), ärt i renbestånd (25 och 25 %) och korn (28 och 29 %); och mineralkväve i marken för lupin (31 och 27 %). De faktorer som förklarade mest av variationen i kväveinnehåll i kärna respektive ovanjordisk biomassa var: volymetrisk vattenhalt före groning (20120504) för åkerböna (34 och 37 %); ogräsetablering för samodlad ärt-korn (17 och 18 %); gravimetrisk markvattenhalt (20120511-15) för ärt i renbestånd (20 och 24 %); mineralkväve i marken för lupin (32 och 30 %); och pH och gravimetrisk markvattenhalt (20120511-15) för korn (20 och 13 %). De faktorer som förklarade mest av variationen i andelen biologiskt fixerat N i ovanjordisk biomassa, var: mineralkväve i marken för ärt samodlad med korn (45 %); och volymetrisk vattenhalt före groning (20120504) för ärt i renbestånd (18 %) och lupin (21 %). För åkerböna kunde variationen i andelen biologiskt fixerat N i ovanjordisk biomassa inte förklaras till någon del av de variabler som prövades. Övriga faktorer, som förklarade mindre delar variationen i de olika skördevariablerna, var volymetrisk markvattenhalt två veckor efter groning (20120525) och pH (data inte visad).

**Diskussion**

Försöket visade på förfruktseffekter på både skörd och kväveupptag för alla huvudgrödor utom ärt i renbestånd, vilket gav stöd åt vår första hypotes, att valet av förfrukt har en väsentlig betydelse för utbytet av efterföljande trindsäd. Att etableringen inte påverkades lika starkt tyder på att skillnaderna mellan förfrukter hade att göra framför allt med tillväxt och mindre med tidig överlevnad.

De markfaktorer som förväntades ha avgörande effekter på trindsädsgrödorna påverkades lite (vattenhalt) eller inte alls (struktur, indikerat av infiltration och penetrationsmotstånd) av förfrukterna. Skillnaderna i skördevariabler mellan förfrukterna kunde därför inte förväntas bero i någon hög grad på markvattenhalt och markstruktur. Nederbörden under vintern 2011-2012 var normal (SMHI, 2014a) och försöket ger därför inga indikationer på förfruktseffekter på trindsäd via påverkan på markvattenhalt i nuvarande klimat. Ytterligare studier under torrare år eller i en torrare region kan ge information om hur förfruktens vattenupptag eller inverkan på markstrukturen kan påverka trindsädsskördarna i ett framtida klimat med större torkproblem i södra Sverige (SMHI, 2014b).

Även om förfrukterna inte orsakade stora skillnader i markvattenhalt pekade regressionsanalysen på att kväveupptaget i kärna och ovanjordisk biomassa ofta var kopplat till just markvattenhalt, speciellt för de rena trindsädsgrödorna. De relativt starka kopplingarna mellan markvattenhalt och alla skördevariabler för åkerböna talar också för att även små skillnader i markvattenhalt kan ha betydelse för avkastningen. Andelen kväve som fixerats från atmosfären kunde framför allt förklaras av markvattenhalt, speciellt volymetrisk vattenhalt före groning (20120504), för ärt och lupin, dock ej åkerböna, och det är troligt att kväveupptaget för ärt och lupin påverkades av markvattenhalten via en förbättrad kvävefixering (Sprent and Bradford 1977).

Eftersom markvattenhalt och markstruktur inte skilde mycket mellan förfrukterna krävs andra förklaringar till de skillnader i skördevariabler som observerades. Det var tydligt att åkerböna gynnades av majs som förfrukt, vilket delvis skulle kunna bero på en något högre markfuktighet än efter flera av de övriga förfrukterna. Effekten kunde dock inte entydligt förklaras av några av de mätta markfaktorerna. Den andra tydliga effekten av förfrukt på skörd var de lägre skördevärdena för åkerböna och lupin efter lucern. Den betydligt större ogräsbiomassan efter lucern, vilken sannolikt berodde på de nämnda etableringsproblemen, är en trolig förklaring till lucernens dåliga förfruktseffekt för dessa konkurrenskänsliga (Knudsen et al. 2004) trindsädsgrödor. För korn, och i viss mån ärt samodlad med korn, hade lucern istället en positiv förfruktseffekt, troligtvis på grund av att den fixerat kväve som kornet kunde utnyttja.

I en tidigare studie av Wallgren (1990) provades olika förfrukter till ärt. De fann inga signifikanta effekter av förfrukt på skörden, men tyckte sig se en tendens till bättre skörd efter grödor som efterlämnat mer kväve (korn, havre, rödklöver), jämfört med gräsvall och höstvete. Trindsädsskörden efter havre och korn låg högt även i vårt försök, men vi kunde inte dra slutsatsen att detta berodde på kvävetillgång, eftersom både höstraps och lucern som förfrukt, som lämnade mest kväve, inte utmärkte sig med högre trindsädsskörd.

Engelskt rajgräs som fånggröda, insådd i vårkorn som förfrukt, hade en signifikant effekt på skörd endast för ovanjordisk biomassa av åkerböna (33 % högre skörd med insådd) och kärnskörd av vårkorn som huvudgröda (25 % högre skörd med insådd). Det fanns ingen motsvarande effekt på kväveupptaget. Vår tredje hypotes, att insådden skulle ha en negativ effekt på den efterföljande trindsädsskörden, stöddes alltså inte av resultaten. Ingen av de mätta markvariablerna gav någon tydlig förklaring till dessa positiva effekter av fånggrödan.

Det är väl känt att vete efter vete eller råg ger en lägre skörd, framför allt på grund av ett ökat sjukdomstryck av rotdödarsvamp (Jensen, 2006) och baljväxter ses ofta som en avbrottsgröda för stråsäd. I vårt försök var höstveteskörden 2013 genomgående lägst där höstvete eller höstråg odlats 2011, med statistiskt signifikanta effekter av storleksordningen 0,6 ton ts ha-1 även där huvudgrödan varit en baljväxt. Resultatet indikerar att ett års baljväxtodling inte är tillräckligt för fullgod sanering för stråsädssjukdomar. Den högre skörden av höstvete som efterföljande gröda där förfrukten var lucern var sannolikt en effekt av extra kväve som lämnats efter lucernen och hållits kvar i systemet under året med huvudgrödor.

Det var inte möjligt inom den ekonomiska och tidsmässiga ramen för projektet att upprepa sekvenserna av förfrukt-trindsädsgröda-efterföljande gröda över år eller platser. Detta, och det faktum att förfrukterna replikerades i nord-sydlig men inte i öst-västlig riktning på fältet (Figur 1), gör att resultaten skall tolkas försiktigt. Ytterligare, mer detaljerade, försök krävs för att bekräfta resultaten och förklara mekanismerna bakom de signifikanta skillnaderna.

Publicering och kommunikation, med anknytning till OpTrin-försöket:

* Jensen, E.S. 2010. Framgångsrik odling av trindsäd, Alnarps Mjölkdag 2010, 17. november 2010, Önnestad, Sweden
* Jensen, E.S. 2011. Trindsäd: odlings förutsätningar, HIR, Jönköping 26. September 2011.
* Carlsson, G. och Jensen, E.S. Potential och begränsning hos olika trindsädesarter – ett kvävefiksering perspektiv. FältForsk, 2012-11-14.
* Jensen, E.S., Frankow-Lindberg, B., Huss-Danell, K., Carlsson, G. Huhtanen, P. and Dimberg, L. 2011. Mer klöver och bönor för bättre hälsa och uthålligare jordbruk. Miljöaktuellt. [http://www.idg.se/2.1085/1.400795/forskare-darfor-ar-baljvaxter-framtidens-hallbara-livsmedel. 2011-08-30 11:53](http://www.idg.se/2.1085/1.400795/forskare-darfor-ar-baljvaxter-framtidens-hallbara-livsmedel.%202011-08-30%2011%3A53).
* Jensen, E.S., Frankow-Lindberg, B., Huss-Danell, K., Carlsson, G. Huhtanen, P. and Dimberg, L. 2011. Baljväxter behövs för ett uthålligare jordbruk. Land landbruk 38.
* Jensen, E.S., Frankow-Lindberg, B., Huss-Danell, K., Carlsson, G. Huhtanen, P. and Dimberg, L. 2011. Mer klöver och bönor för bättre hälsa och uthålligare jordbruk. Lantmannen. Nr.10.
* OpTrin har diskuterats på fältvandringar på Lönnstorps forskningsstation.
* De slutliga resultaten från försöket kommer att presenteras i en svensk populärvetenskaplig artikel och i en artikel i en internationell vetenskaplig tidskrift.
* Beskrivning av projektet på SLU:s hemsida: <http://www.slu.se/sv/institutioner/biosystem-teknologi/forskning/arkiv/aktuella-projekt/mall2/>

**Slutsatser (gällande nytta med råd till näringen)**

Den övergripande slutsats som kan dras av försöket, för praktisk nytta i växtodlingen, är att förfrukten har betydelse för skörden av trindsäd. Försöksresultaten understryker vikten av att välja en förfrukt som håller undan ogräset före en konkurrenskänslig gröda, t.ex. lupin, speciellt i ekologiska system utan möjlighet att använda herbicider. Försöket visar på en oförklarad positiv förfruktseffekt av majs på åkerböna. Skördevärdena var i många fall kopplade till markvattenhalt, vilket bör beaktas, även om förfrukterna inte visade sig styra markvattenhalten i någon högre grad under den period studien utfördes. Försöksresultaten gav inga indikationer på att fånggröda före trindsäd skulle vara negativt för skörden. Analysen av den efterföljande grödan visade på att ett års baljväxtgröda eventuellt inte är tillräckligt som avbrottsgröda i stråsäd. Det bör dock beaktas att det inte var möjligt att upprepa sekvenserna av förfrukt-trindsädsgröda-efterföljande gröda över år eller platser inom den ekonomiska och tidsmässiga ramen för projektet. Ytterligare försök krävs för att förklara mekanismerna bakom de signifikanta skillnaderna.

**Resultatförmedling till näringen**

Resultaten från försöket kommer att presenteras i en svensk populärvetenskaplig artikel (SLU Fakta Jordbruk).

**Referenser**

Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P. and Jensen, E.S. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. Field Crops Research 70, 101-109.

Holdensen, L., Hauggaard-Nielsen, H and Jensen, E.S. 2007. Short-range spatial variability of soil delta- 15N natural abundance – effects on symbiotic N2-fixation estimates in pea. Plant and Soil 298, 265-272.

Jensen, E.S. 2006. Grain legume functions in crop rotations. In Grain Legumes and the environment : how to assess benefits and impacts ? Eds. Schneider, A. and Craig, J. pp. 49-54. Organised by Agroscope FAL Reckenholz and AEP The 18th and 19th November 2004, Zurich, Switzerland.

Jensen, F. 1987. Irrigation requirement in various growing phases of peas. Danish Journal of Plant and Soil Science 91, 113-119.

Johansson, U. 1999. Ärter och annan trindsäd. Jordbruksinformation 9, Jordbruksverket.

Knudsen, M.T., Hauggaard-Nielsen, H., Jensen, E.S. 2004. Pea, faba bean and lupin intercropped with spring barley–performance and N2 fixation at two temperate locations. J. Agric. Sci. 142, 617-627.

Statistiska CentralByrån 2008

SMHI 2014a, [*http://www.smhi.se/klimatdata/Manadens-vader-och-vatten/Sverige*](http://www.smhi.se/klimatdata/Manadens-vader-och-vatten/Sverige)*:* 20140628

SMHI 2014b, [*http://www.smhi.se/klimatdata/klimatscenarier/klimatanalyser/antal-dygn-per-ar-da-det-ar-relativt-torrt-i-marken-1.22646*](http://www.smhi.se/klimatdata/klimatscenarier/klimatanalyser/antal-dygn-per-ar-da-det-ar-relativt-torrt-i-marken-1.22646)*:* 20140628

Sprent, J.I., Bradford, A.M. 1977. Nitrogen fixation in field beans (Vicia faba) as affected by population density, shading and its relationships with soil moisture. J. Agric. Sci. Cambridge 88, 303–310.

Wallgren, B. 1990. Ärterna i växtföljden, I: Trindsädesodling. Föredrag hållna vid NJF-seminarium 175, pp. 76-82.