



Vallkonferens 2014



**Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för växtproduktionsekologi (VPE)**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Crop Production Ecology**

**Rapport nr 18
Report No. 18**

Uppsala 2014



Vallkonferens 2014

Konferensrapport

*5–6 februari 2014
Uppsala, Sverige*

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för växtproduktionsekologi (VPE)

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Crop Production Ecology

Rapport nr 18
Report No. 18

Uppsala 2014

Publicerad av/Publisher:

Organisationskommittén för Vallkonferens 2014
Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för växtproduktionsekologi
Box 7043, 750 07 Uppsala
ISSN 1653-5375
ISBN 978-91-576-9200-9

Title in English: Proceedings of Forage Conference 2014

Referat:

Rapporten presenterar resultat från aktuell forskning kring såväl vallens odling och konservering som dess utnyttjande hos idisslare. Odlingsmaterialets produktion och näringsvärde behandlas med avseende på samodling, växtskydd, övervintring och olika skördestrategier. Vidare presenteras aktuella resultat från betesforskning och stallgödselutnyttjande i vall. Vallproteinets värde i foderstaten är i fokus. Goda exempel ges på hur man som lantbrukare kan trimma sin vallproduktion med inspiration från t.ex. Lean, Årets Vallmästare och ett nytt rådgivningsverktyg. Konferensen arrangerades av Institutionerna HUV, NJV och VPE vid SLU i samarbete med Växa Sverige, Hushållningssällskapen och LRF Mjolk.

Summary:

This conference report presents the results of current research on ley farming and conservation, and forage utilisation in ruminants. The production and nutritive value of species, varieties and mixed swards are reported, as are crop protection, persistence and different grazing, harvesting and fertilisation strategies, including manuring. Major emphasis is placed on the value of forage protein in the diet. Good examples are given of how farmers can streamline their grass production with inspiration from lean production, prizewinning forage producers and with a new advisory tool. The conference was organised by the Departments of Animal Nutrition and Management, Agricultural Research for Northern Sweden and Crop Production Ecology at SLU, in collaboration with Växa Sverige, the Swedish Rural Economy and Agricultural Societies and LRF Dairy Sweden.

Ämnesord: Vallodling, vallfoderkonservering, vallfoderutnyttjande, näringsvärde, vallfoderprotein, uthållighet, bete, skördestrategier, gödslingsstrategier, Lean production, ekonomi

Keywords: Forage production, forage conservation, forage utilisation, nutritive value, forage protein, ley persistence, grazing, cutting regimes, fertilisation regimes, Lean production, economics

Organisationskommitté/Organising Committee:

Gun Bernes, SLU, Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap (NJV)
Jan Jansson, Hushållningssällskapen
Hans Lindberg, Växa Sverige
Nilla Nilsson-Linde, SLU, Institutionen för växtproduktionsekologi (VPE)
Rolf Spörndly, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård (HUV)
Christian Swensson, LRF Mjolk/SLU

Redaktörer/Editors:

Nilla Nilsson-Linde, Gun Bernes, Marie Liljeholm, Rolf Spörndly
Omslagsteckning: Ellinor Spörndly-Nees

Tryckt hos/Printer:

SLU Service Repro
750 07 Uppsala, Sverige

Copyright © 2014 SLU.

De enskilda bidragen i denna publikation och eventuella felaktigheter i dem är författarnas ansvar.

Samarbete eller konkurrens i vallen? Är det smart att samodla?

B. Frankow-Lindberg

Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi, Uppsala

Korrespondens: bodil.frankow-lindberg@slu.se

Sammanfattning

Ett fältförsök med renbestånd och fyraartsblandningar av timotej (*Phleum pratense* L.), engelskt rajgräs (*Lolium perenne* L.), rödklöver (*Trifolium pratense* L.) och antingen cikoria (*Cichorium intybus* L.) eller lusern (*Medicago sativa* L.) etablerades i Svalöv år 2007. Det skördades tre gånger år 2008 och fyra gånger år 2009. Försöket gödslades med 100 kg/ha kväve årligen. Avkastning, botanisk sammansättning samt ljusinflöde till botten av beståndet bestämdes, och allt växtmaterial analyserades med avseende på halten kväve samt isotoperna ^{15}N och ^{13}C (enbart 2009). I december 2009 bestämdes mängden mineraliskt kväve i markprofilen ned till 90 cm djup. Resultaten visar att kvävehalten i gräsen och cikoria var högre i blandbestånden än i renbestånden och att fixerat baljväxtkväve överfördes från rödklöver till framför allt gräsen i blandbestånden. Blandbestånden tog upp mer kväve från marken än renbestånden. Ljustillgången för speciellt baljväxterna var bättre i blandbestånden jämfört med renbestånden. Ogräsförekomsten var, med undantag för engelskt rajgräs, mindre i blandbestånden än i renbestånden. Mängden mineraliskt kväve i markprofilen var större under både rödklöver och lusern jämfört med under gräsbestånden, cikoria och blandbestånden.

Introduktion

Diskussionen om samodlingens för- och nackdelar är av gammalt datum. I mitten av 1800-talet, när vallodling var en nymodighet, förespråkades blandningar av enbart rödklöver och timotej (Osvald, 1962). Med tiden kom mycket artrika fröblandningar att rekommenderas, men dessa blev aldrig populära bland lantbrukare (Osvald, 1962). Så småningom utkristalliserades ett begränsat antal arter som var lämpliga för vallodling på åker (Julén, 1956). Idag är en blandning av arter norm i våra fröblandningar, men antalet arter för slåtterfröblandningar överstiger sällan fyra. Vilka är argumenten för samodling idag? En rad biodiversitetsstudier som gjorts på senare år visar på ett positivt samband mellan artrikedom och produktivitet. Men merparten av dessa har genomförts i extensivt utnyttjade gräsmarker (ingen kvävetillförsel, max två skördar per år; t.ex. Kahmen *et al.*, 2005). Gäller dessa resultat även för intensivt utnyttjad vall på åkermark? I ett koordinerat fältförsök utfört på sammanlagt 31 platser (30 i Europa, varav 3 i Sverige, och 1 i Kanada) jämfördes avkastningen från renbestånd och blandbestånd av sammanlagt fyra arter (Finn *et al.*, 2013). Dessa försök låg alla på åkermark och sköttes enligt gängse lokal praxis. Resultaten visar att avkastningen från blandbestånden i nästan alla fall översteg medelvärdet av renbeståndens avkastning, med ett merutbyte på +32 %. I ca 60 % av fallen var blandbeståndens avkastning större än den från alla jämförda renbestånd, med ett merutbyte på +7 %. Merutbytet ökade med tiden, och var störst det tredje och sista vallåret. Att artblandningar ger en större avkastning än renbestånd förefaller därmed att vara vanligare än motsatsen. Anledningen till detta är troligen komplementära egenskaper hos de sådda växterna som trots samtidig konkurrens leder till ett bättre resursutnyttjande i flerartsblandningar. Nedan belyser jag detta med utgångspunkt från ett fältförsök med fröblandningar och renbestånd anlagt år 2007 i Svalöv.

Material och metoder

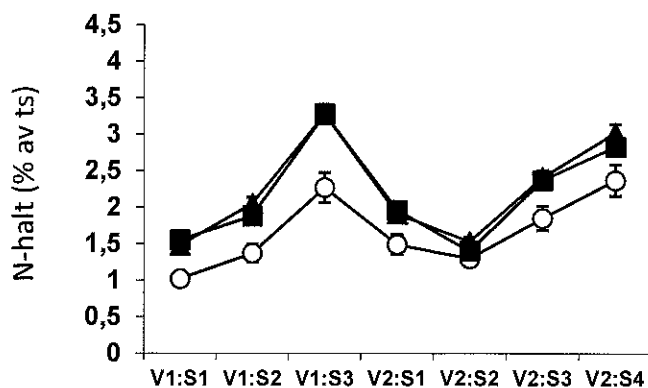
Fröblandningarna bestod av timotej och engelskt rajgräs (kontrastrerande konkurrensförmåga) + rödklöver (baljväxt med grunt rotsystem) + *antingen* cikoria (icke-baljväxt med djupt rotsystem) eller lusern (baljväxt med djupt rotsystem). Dessutom fanns det renbestånd av alla arter. Kvävegödslingen var 100 kg/ha och år. Designen var en s.k. simplex design, vilket innebär att fröblandningarna såddes med flera olika proportioner mellan arterna. För mer detaljer angående den statistiska analysen hänvisas till respektive uppsats. Förutom bestämning av avkastning och botanisk sammansättning gjordes bestämning av bl.a. ogräsfloras artsammansättning, mätningar av ljusinflöde till botten av beståndet, samt analyser av kvävehalt och ^{15}N och ^{13}C i allt växtmaterial. Isotopanalyserna används för att beräkna $\delta^{15}\text{N}$ och $\delta^{13}\text{C}$, vilka i sin tur används för att beräkna kvävefixering och ljustillgång. Resultaten från analysen av kvävehalt användes för att beräkna kväveupptaget i den skördade grödan. Analysen av ^{15}N användes för att beräkna kvävefixering hos baljväxterna och överföringen av kväve från rödklöver till icke-baljväxter. Vallens upptag av kväve från marken beräknades som: (skördat N i grödan - gödslat N - baljväxtfixerat och skördat N). Resultaten från analysen av ^{13}C användes för att uppskatta ljustillgången hos enskilda arter i bestånden. Efter avslutat försök togs prover av markprofilen i alla rutor för bestämning av mängden mineraliskt markkväve ner till 90 cm djup. Andelen baljväxter i den skördade biomassen varierade med skördetillfälle, men var aldrig mindre än 25 % av torrsubstansen. Experimentet skördades i två år; tre gånger år 2008 och fyra gånger år 2009.

Resultat

Det fanns en positiv samspelseffekt (+4,2 och +2,2 ton ts/ha år 2008 respektive 2009) som ledde till en större torrsubstansavkastning från blandbestånden jämfört med medelvärdet för alla renbestånd (Frankow-Lindberg, 2012). Dock avkastade de rena baljväxtbestånden lika mycket som blandbestånden.

Kvävefixering, kväveöverföring och kväveupptag från marken

Kväveförsörjningen av bägge baljväxter bestod till övervägande del av från luften fixerat kväve (Frankow-Lindberg och Dahlin, 2013). Hos rödklöver kom ca 75 % av kvävet i växten från fixering, medan andelen var något lägre hos lusern. Bägge baljväxter fixerade en större andel kväve när de växte i ett blandbestånd jämfört med när de växte i renbestånd.



Figur 1. Kvävehalt i engelskt rajgräs vid varje enskilt skördetillfälle. Medelvärde \pm standardavvikelse. Vita cirklar = renbestånd, svart fyrkant = fröblandning med cikoria, svart triangel = fröblandning med lusern. V1 etc. avser vallår, S1 etc. avser skördenummer.

Kvävehalten var högre hos både gräsen och cikorian i blandbestånden jämfört med renbestånden redan från första skörden i första årets vall (figur 1). Det var dock ingen skillnad i kvävehalt hos gräsen mellan de olika fröblandningarna. Överföring av fixerat kväve kunde upptäckas hos gräsen redan i andra skörden i första årets vall i fröblandningen med rödklöver som enda baljväxt, medan cikoria inte tog upp fixerat kväve förrän i den allra sista skörden (tabell 1). Totalt sett bidrog överfört kväve till mellan 6 och 29 % av det i gräsen och cikorian upptagna kvävet. Metoden som användes för att beräkna överföringen av kväve medger inte att man kan skilja på fixerat kväve som kommer från rödklöver respektive lusern i blandbestånden där bägge arter ingick. Både kvävehalt och det totala upptaget av kväve hos gräsen var dock densamma i bägge typer av blandbestånd, vilket kan tolkas som att mängden överfört kväve var lika stor oberoende om det fanns rödklöver eller rödklöver + lusern i fröblandningen. Den högre kvävehalten hos gräsen i första skörden kan alltså inte förklaras med överföring av fixerat kväve. Beräkningar visar dock att det skedde ett stort nettouttag av kväve från marken i bägge fröblandningstyper i denna skörd, vilket torde vara förklaringen till den ökade kvävehalten hos gräsen i blandbestånden. Vid en provtagning av markprofilen i december efter sista skörd var mängden kväve signifikant högst under renbestånden av baljväxter (tabell 2).

Tabell 1. Nettoöverföring av kväve (kg/ha) från rödklöver till samodlingsväxter i fröblandningen med rödklöver som enda baljväxt. Medelvärde \pm standardavvikelse

Skördetillfälle	Överföring av kväve från rödklöver till:		
	Timotej	Eng. rajgräs	Cikoria
2008:Sk1	*	0	0
2008:Sk2	*	3,29 \pm 1,725	0
2008:Sk3	*	2,88 \pm 3,192	0
2009:Sk1	1,37 \pm 2,147	3,80 \pm 2,717	0
2009:Sk2	0,47 \pm 0,742	0,73 \pm 0,744	0
2009:Sk3	0,58 \pm 0,776	1,58 \pm 1,431	0
2009:Sk4	0,15 \pm 0,212	1,37 \pm 1,277	0,83 \pm 1,182

* andelen timotej var låg i förstaårsvallen och timotejprover från blandbestånden analyserades inte.

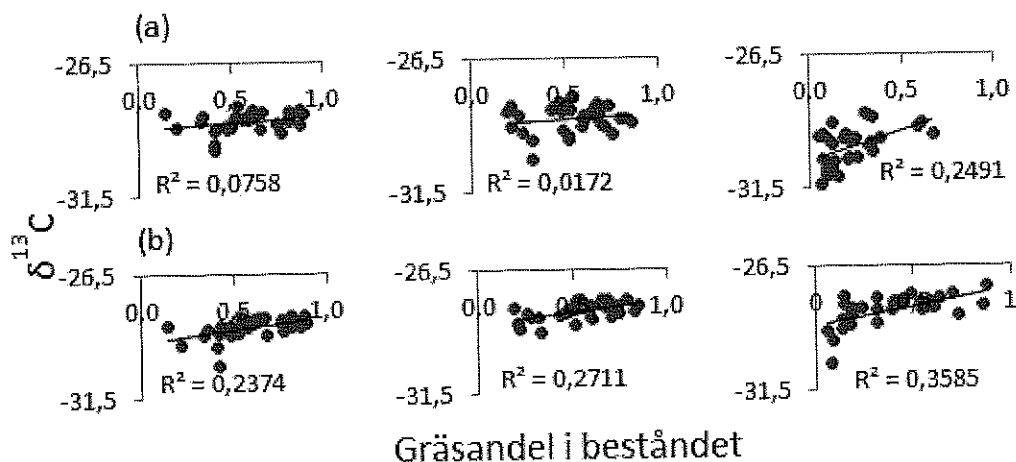
Tabell 2. Mineraliskt kväve i markprofilen (kg/ha) den 1 december 2009

Art/artblandning	Kväve, 0–90 cm
Timotej	9,3 \pm 1,39 ^a
Eng. rajgräs	12,6 \pm 1,39 ^a
Rödklöver	19,5 \pm 1,39 ^{bc}
Cikoria	11,2 \pm 1,97 ^a
Lusern	23,1 \pm 1,97 ^b
Blandbestånd med cikoria	12,9 \pm 0,59 ^a
Blandbestånd med lusern	17,3 \pm 0,88 ^c

Värden med olika bokstäver i samma kolumn är signifikant ($P < 0,001$) åtskilda.

Ljustillgång för enskilda arter

Baljväxterna och blandbestånden bildade ett tätt bladverk som släppte igenom lite ljus, medan det motsatta gällde för gräsen och cikorian (Frankow-Lindberg och Wrage-Moennig, manuskript). Korrelationen mellan $\delta^{13}\text{C}$ och ljustillgången var positiv ($P < 0,05$) för alla arter utom den högvuxna cikorian, vilket tolkas som att värdet på $\delta^{13}\text{C}$ kan användas som ett mått på ljustillgång för enskilda arter. Av figur 2 framgår att gräsens bättre ljusgenomsläpplighet medförde att ljustillgången för speciellt rödklöver var positivt korrelerad med gräsandelen i beståndet.



Figur 2. Korrelationen mellan gräsandel i beståndet och värdet på $\delta^{13}\text{C}$ hos (a) engelskt rajgräs och (b) rödklöver i tre skördar år 2009. Ju högre värde för $\delta^{13}\text{C}$ desto bättre ljusstillgång.

Ogräsinvasion

Alla renbestånd, med undantag för engelskt rajgräs, hade betydligt mer ogräs jämfört med blandbestånden (tabell 3; Frankow-Lindberg, 2012). Det gällde såväl andel i den skördade biomassan som antal ogräsarter i beståndet. De faktorer som reglerade ogräsandel och artantal var ljusinflödet och vallens upptag av kväve från marken. Ogräsandelen var positivt korrelerad med ljusinflödet till botten av beståndet, och negativt korrelerad med vallens upptag av kväve från marken. Antalet ogräsarter var positivt korrelerad med ljusinflödet till botten av beståndet. Blandbestånden släppte ned lite ljus till botten av beståndet och tog upp betydligt mer kväve från marken jämfört med renbestånden.

Tabell 3. Andel ogräs (% av ts) i den skördade biomassan, och antal ogräsarter i renbestånd och blandbestånd. Medelvärde \pm standardavvikelse

Art/artblandning	År 2008		År 2009	
	Andel (%)	Antal arter	Andel (%)	Antal arter
Timotej	5,4 \pm 0,96 ^a	16,7 \pm 0,90 ^a	4,4 \pm 0,86 ^a	19,9 \pm 0,90 ^a
Eng. rajgräs	1,4 \pm 0,49 ^b	8,8 \pm 0,90 ^{bc}	1,2 \pm 0,45 ^b	13,9 \pm 0,90 ^b
Rödklöver	1,7 \pm 0,54 ^b	10,2 \pm 0,90 ^{bc}	5,2 \pm 0,93 ^a	18,1 \pm 0,90 ^a
Cikoria	4,0 \pm 1,08 ^a	16,1 \pm 1,18 ^a	6,7 \pm 1,4 ^a	23,6 \pm 1,18 ^c
Lusern	2,4 \pm 0,86 ^b	11,9 \pm 1,21 ^c	3,2 \pm 0,99 ^a	18,7 \pm 1,21 ^a
Blandbestånd med cikoria	0,2 \pm 0,15	7,9 \pm 0,72	1,6 \pm 0,1	13,0 \pm 0,72
Blandbestånd med lusern	0,1 \pm 0,46	6,9 \pm 0,80	1,1 \pm 0,38	11,8 \pm 0,80

Värden med olika bokstäver i samma kolumn är signifikant ($P < 0,05$) åtskilda.

Diskussion

Av ovanstående resultat kan man konstatera att baljväxterna och gräsen kompletterade varandra med avseende på såväl kväveförsörjning som ljusupptag, vilket ledde till ett merutbyte för blandbestånden jämfört med renbestånden. I jämförelse med renbestånden ledde samodlingen till att: (i) andelen baljväxtfixerat kväve var större, (ii) kvävehalten hos icke-baljväxter var större, (iii) det totala upptaget av markkväve var större, och (iv) baljväxternas ljusupptag var större i

blandbestånden. Det bättre resursutnyttjandet ledde i sin tur till att det fanns lite ogräs iblandbestånden, och en mindre mängd mineraliskt kväve under blandbestånden jämfört med de rena baljväxtbestånden.

Att baljväxter fixerar en större andel kväve i blandbestånd jämfört med renbestånd har tidigare observerats (t.ex. Carlsson och Huss-Danell, 2003). Som förklaring till detta anføres ofta att gräsens upptag av mineraliskt kväve ur markprofilen stimulerar kvävefixeringen. Eftersom kvävefixering är en energikrävande process kan den bättre ljusställningen för baljväxterna enligt de här presenterade resultaten vara ytterligare en faktor som bidrar till detta fenomen. Det är dock mycket sannolikt att mängden tillfört kväve till ett blandbestånd av baljväxter och gräs påverkar ljusställningen för baljväxterna. Stora kvävegivor stimulerar gräsens skottbildning så att de bildar täta bestånd. I ett av de regionala försöken i den ovan nämnda studien (Finn *et al.*, 2013) ingick flera kvävenivåer, och där fann man att merutbytet vid samodling påverkades lite av måttliga kvävegödslingsgivor (<150 kg/ha), men uteblev när stora mängder kväve (450 kg/ha) tillfördes (Nyfeler *et al.*, 2009).

Överföring av fixerat baljväxtkväve till icke-fixerande växter har också tidigare rapporterats (Pirhofer-Waltzl *et al.*, 2012). Mängden överfört kväve förefaller dock bero både på den kvävefixerande arten och på den icke-fixerande arten. Där flera arter har jämförts har storleken på mängden överfört kväve varit vitklöver > rödklöver > lusern (Pirhofer-Waltzl *et al.*, 2012). I här rapporterat försök tog gräsen inte upp mer kväve från blandbestånden med både rödklöver och lusern jämfört med det blandbestånd som bara innehöll rödklöver. Detta talar för att rödklöver stod för majoriteten av det överförda fixerade kvävet. Eftersom rödklöverandelen minskade med tiden, men inte luserandelen, torde den troliga källan vara omsättning och mineralisering av material från döda rödklöverplantor. Dessutom, även om lusern bidrar med dött organiskt material i markprofilen (vilket är troligt) är denna art mycket bra på att själv ta upp mineraliskt kväve (Tomm *et al.*, 1995). Detta kan förklara varför lusern hade en lägre andel fixerat kväve jämfört med rödklöver. Gräsen tog upp merparten av det tillgängliga mineraliserade baljväxtkvävet, vilket också tidigare rapporterats (Pirhofer-Waltzl *et al.*, 2012). En förklaring till detta skulle kunna vara att gräsen har merparten av sitt rotsystem i det skikt där även omsättningen av dött baljväxtmaterial torde ske, samt att gräs är mycket snabba på att ta upp mineraliskt kväve (Léon *et al.*, 1995), vilket djuprotade örter inte är (t.ex. Temperton *et al.*, 2007). Slutligen kan man konstatera att ur miljösynpunkt är det inte fördelaktigt att odla baljväxter i renbestånd, eftersom de icke-fixerande växterna bidrog till att minska risken för kväveläckage från markprofilen.

Samodlingen av växter ledde i detta försök till ett ökat utnyttjande av resurserna kväve och ljus vilket fick till följd att de osådda växterna – ogräsen – fick en mindre chans till både etablering och produktion av biomassa. Renbeståndet av engelskt rajgräs var dock nästan lika fritt från ogräs som blandbestånden vilket inte kan förklaras med vare sig ljusutnyttjande (detsamma som för timotej) eller kväveupptag i den skördade biomassan (detsamma som för timotej). Eftersom allelopati kunde uteslutas (Frankow-Lindberg, 2012) är en tänkbar orsak i stället att arten har ett utbrett rotsystem som effektivt tar upp och lagrar kväve.

Leder samodling alltid till ett merutbyte jämfört med odling av renbestånd? Det är tämligen klart från här nämnda studier att baljväxternas kvävefixering spelar en stor roll för att ett merutbyte ska uppstå vid samodling. Men, som nämnts ovan, kan en stor tillförsel av kväve minska eller omintetgöra effekten. Likaså var avkastningen från de rena baljväxtvallarna lika stor som den från blandbestånden i här redovisade försök, vilket antyder att det också behövs konkurrens-

starka och högavkastande gräs (som i studien redovisad av Finn *et al.* 2013) i blandbeståndet för att samodlingseffekten ska bli stor. Matchningen av arter är därför viktig för att samodlingseffekten ska bli stor. I studien av Finn *et al.* (2013) ingick också såväl röd- som vitklöver, baljväxter som båda bidrar med mineraliserat fixerat kväve till markprofilen via omsättning av dött plantmaterial (vitklöver omsätter stoloner årligen). Lusern och andra uthålliga baljväxter kan därför inte alltid förväntas bidra med kväve på samma sätt som röd- och vitklöver under vallens livstid. De valda gräsen spelar också roll. I här redovisad studie gynnades engelskt rajgräs mer än timotej av baljväxterna (inte redovisat). Kanske för att det är ett konkurrenskraftigt gräs med förmåga att ta upp mycket kväve. Det är också sannolikt att engelskt rajgräs spelade en viktig roll för den ogräshämmande effekten i blandbestånden. Mer subtila skillnader i egenskaper mellan arter kan därför spela en roll för stabiliteten i avkastningen över tiden. I studien av Finn *et al.* (2013) bidrog t.ex. ett samspel mellan snabbt och långsamt etablerade arter till den positiva samodlingseffekten. Detta är kanske en effekt som kan förfinas. I det här presenterade försöket ökade t.ex. timotejandelen från första till andra årets vall när andelen engelskt rajgräs minskade, trots det intensiva skördesystemet.

Referenser

- Carlsson G. och Huss-Danell K. (2003) Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. *Plant and Soil* 253, 353–372.
- Finn J.A., Kirwan L., Connolly J., Sebastia M.T., Helgadottir A., Baadshaug O.H., Bélanger G., Black A., Brophy C., Collins R.P., Cop J., Dalmansdottir S., Delgado I., Elgersma A., Fothergill M., Frankow-Lindberg B.E., Ghesquiere A., Golinska B., Golinski P., Grieu P., Gustavsson A.M., Höglind M., Huguenin-Elie O., Jørgensen M., Kadziuliene Z., Kurki P., Llorba R., Lunnan T., Porqueddu C., Suter M., Thumm U. och Lüscher A. (2013) Ecosystem function enhanced by combining four functional types of plant species in intensively-managed grassland mixtures: a three-year continental-scale field experiment. *Journal of Applied Ecology* 50, 365–375.
- Frankow-Lindberg B.E. (2012) Grassland plant species diversity decreases invasion by increasing resource use. *Oecologia* 169, 793–802.
- Frankow-Lindberg B.E. och Dahlin A.S. (2013) N₂ fixation, N transfer and yield in grassland communities including a deep-rooted legume or non-legume species. *Plant and Soil* 370, 567–581.
- Frankow-Lindberg B.E. och Wrage-Moennig N. (2013) Light availability is improved for legume species grown in moderately N fertilized mixtures with non-legume species. Manuskript under bedömning.
- Julén G. (1956) Principer vid uppgörandet av vallfröblandningar. I: Allmänna Svenska Utsädesaktiebolaget, katalog för 1956, s. 50.
- Kahmen A., Perner J. och Buchmann N. (2005) Diversity-dependent productivity in semi-natural grasslands following climate perturbations. *Functional Ecology* 19, 594–601.
- Léon M., Lainé P., Ourry A. och Boucaud J. (1995) Increased uptake of native soil nitrogen by roots of *Lolium multiflorum* Lam. after nitrogen fertilization is explained by a stimulation of the uptake process itself. *Plant and Soil* 173, 197–203.
- Nyfelner D., Huguenin-Elie O., Suter M., Frossard E., Connolly J. och Lüscher A. (2009) Strong mixture effects among four species in fertilized agricultural grassland led to persistent and consistent transgressive overyielding. *Journal of Applied Ecology* 46, 683–691
- Osvald H. (1962) Vallodling och växtföljder. Uppkomst och utveckling i Sverige. Almqvist & Wiksells, Uppsala, 146 s.
- Pirhofer-Walzl K., Rasmussen J., Høgh-Jensen H., Eriksen J., Søgaard K. och Rasmussen J. (2012) Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighbouring plants in a multi-species grassland. *Plant and Soil* 350, 71–84.
- Temperton V.M., Mwangi P.N., Scherer-Lorenzen M., Schmid B. och Buchmann N. (2007) Positive interactions between nitrogen-fixing legumes and four different neighbouring species in a biodiversity experiment. *Oecologia* 151, 190–205.
- Tomm G.O., Walley F.L., van Kessel C. och Slinkard A.E. (1995) Nitrogen cycling in an alfalfa and brome grass sward via litterfall and harvest losses. *Agronomy Journal* 87, 1078–1085.