

Slutrapport för projekt H0841014: Hur kan vi välja vallväxtarter, sorter och blandningar för att uppnå hög foderkvalitet och bra mikronäringsinnehåll på olika jordar?

Bodil Frankow-Lindberg, Maria Wivstad och Ingrid Öborn
SLU, Institutionen för växtproduktionsekologi, Box 7043, Uppsala

Bakgrund

Det finns en stor naturlig variation i spårelementinnehåll (av vilka flera är mikronäringsämnen) i de mineral och bergarter som utgör modermaterialet i svenska åkerjordar (Eriksson m fl, 1997). Detta gör att det finns stora regionala skillnader när det gäller jordars förutsättningar och förmåga att frigöra mikronäringsämnen och därigenom bidra till växters och djurs mikronäringsförsörjning. Det finns även mer lokala skillnader mellan olika jordarter och marktyper (jordmåner) när det gäller den potentiella förmågan att binda och frigöra spårelement.

Bristsjukdomar hos djur, främst Co- och Cu-brist, ses oftare i extensiv och betesbaserad köttproduktion än i mer intensiva system med större inslag av köpta fodermedel, speciellt på mossmarker i Norrlands inland och på kalkrika marker, t ex Gotland. I Sverige syns sällan mineralbristsjukdomar (eller förgiftningar) hos högproducerande mjölkkor då kraft- och mineralfoder ges för att täcka eventuella brister i grovfodret, men suboptimal produktion är desto vanligare. Att minska beroendet av spårelement i koncentrerad form kan ge konkurrensfördelar och en säkrare hemmamarknad, då en förorening kan få en enorm spridning och ge förödande konsekvenser (Jan Carlsson, pers komm). Spårelement tillsätts oftast i mineralform där endast en mindre del är biotillgängligt, dvs kan tas upp av djuren, vilket gör att merparten hamnar i stallgödseln. Ett gott och välbalanserat mikronäringsinnehåll i grovfoder skulle därför kunna vara ett viktigt bidrag till större precision i utfodringen. I litteraturen finns mycket få uppgifter om mikronäringsinnehållet i olika vallväxter och vallväxtblandningar odlade på svenska jordar och syftet med detta projekt var att generera sådana data.

Då projektet omfattat flera delstudier räcker inte det utrymme som här finns till förfogande för en fullständig rapportering av alla resultat. För en detaljerad redovisning hänvisar vi därför till de publikationer/manuskript som har utarbetats. Alla data är dock i skrivande stund inte färdiganalyserade. De kemiska analyserna av det insamlade provmaterialet blev försenade (och dyrare än planerat) på grund av att Inst. för mark och miljö flyttade under projektets gång och det blev därför nödvändigt att anlita ett annat (och dyrare) analyslaboratorium.

Material och metoder

Projektet omfattade tre delstudier, nämligen: (1) screening av sortförsök, (2) kärlförsök med arter och sorter på två kontrasterande jordar samt ett kärlförsök med skörd vid olika utvecklingsstadier, och (3) fältförsök med olika arter och sorter på tre platser med kontrasterande jordar.

För **delstudie (1)** samlades material från första skörden av timotej (fyra sorter), ängssvingel, engelskt rajgräs (tre sorter), rörsvingelhybrid och hundäxing (två sorter) från konventionella och ekologiska sortförsök på Rådde gård (HS Sjuhärad). Proven togs från

en förstaårsvall år 2009. Skiftena med de ekologiska sortförsöken hade endast gödslats med stallgödsel sedan 1999, dock inte samma värde som proverna togs. Stallgödsel hade också förekommit på skiftena med de konventionella sortförsöken, dock inte lika frekvent. Våren 2009 gödslades det konventionellt skötta sortförsöket med 100, 20, 75, 11 kg ha⁻¹ av N, P, K respektive S i form av mineralgödsel. Jordarna på bägge skiftena är moränsandjord med ungefär samma pH. De totala koncentrationerna av makro- och mikronäringsämnen i jorden var generellt något högre på det ekologiska skiftet jämfört med det konventionella. Rena gräsprover analyserades år 2010 med avseende på: K, P, Ca, Mg, Na, S, Fe, Mn, Se, Co, Cu, Zn och Mo.

Det första kärlförsöket i **delstudie (2a)** såddes år 2009 och placerades utomhus i en kärlgård. Jordarna som användes i försöket hämtades från Ps-län (Rådde, 'fattig' på mikronäring) och från Z-län (Ås, 'rik' på mikronäring). Se tabell 2 för utförliga data om jordarna. De studerade arterna var: timotej (två sorter), engelskt rajgräs, ängssvingel, rörsvingel, hundäxing, svartkämpar, pimpinell, kummin, cikoria, käringtand, rödklöver (tre sorter) och vitklöver (tre sorter). Kärlen övervintrades frostfritt och placerades i maj 2010 på nytt ut i kärlgården. Kärlen gödslades med 27 kg P ha⁻¹ och 90 kg K ha⁻¹ på våren och 33 kg P ha⁻¹ och 110 kg K ha⁻¹ efter första skörd. Alla gräs och örter fick dessutom 90 och 110 kg N ha⁻¹ vid samma tidpunkter. Under sommaren 2010 skördades försöket två gånger. Detta växtmaterial torkades, maldes och analyserades med avseende på Co, Cu, Fe, Mn, Mo och Zn. Jordprov från samtliga kärl togs innan delstudien avslutades. Ett manuskript med resultat från denna studie är under tryckning i Grass and Forage Science.

I det andra kärlförsöket i **delstudie (2b)** såddes rödklöver, timotej och engelskt rajgräs hösten 2010 och placerades i ett växthus. Den jord som användes var den från Ås som tidigare använts i delstudie (2a). Plantorna drogs upp i 20 timmars belysning och +20/15° i 8 veckor, varefter klimatet ändrades till inget tillskottsljus och +6°. Efter 12 veckor i detta simulerade vinterklimat sattes belysningen åter på och temperaturen ändrades till +18/14°. Alla plantor gödslades med 18 kg P ha⁻¹ och 60 kg K ha⁻¹ efter sådd, samt igen efter den simulerade vintern. Gräsen fick även 60 kg N ha⁻¹ vid samma tidpunkter. I samband med temperaturhöjningen märktes fem skott i varje kärl vilka användes för att bestämma fenologiskt utvecklingsstadium. Därefter skördades plantorna vid fem distinkta stadier, från stråsträckning till full blomning. Vid det sista skördetillfället delades växtmaterialet upp i blommor/ax, strå inklusive bladslidor samt bladskivor. Det skördade materialet torkades, maldes och analyserades med avseende på Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni och Zn. Ett manuskript med resultat från denna studie är under bedömning för Grass and Forage Science.

För **delstudie (3)** anlades under år 2010 tre fältförsök: ett i Z-län (Ås), ett i Ps-län (Rådde) och ett i S-län (Lillerud). Försöksplatserna valdes med tanke på att få platser med så kontrasterande jordmån som möjligt. I försöket ingick renbestånd av timotej (T), ängssvingel (ÄSV), rödklöver (RKL), vitklöver (VKL) och cikoria (C), samt blandningar av T+RKL, T+RKL+ÄSV, T+RKL+VKL och T+RKL+C. Försöken gödslades med 60 kg N ha⁻¹ på våren och med 50 kg N ha⁻¹ till varje återväxt. Försöken skördades tre gånger i P-, och S-län, och två gånger i Z-län år 2011. Avkastning och botanisk sammansättning bestämdes för varje delskörd. Material (prover med rena arter från den botaniska analysen) från de två första skördarna analyserades med avseende på Fe, Mn,

Co, Cu, Zn och Mo. Ett manuskript baserat på resultat från denna studie är under färdigställande och kommer att skickas till Journal of Plant Nutrition and Soil Science.

Tabell 1. Egenskaper hos de jordar som använts i försöken

	Plats		
	Ås	Rådde	Lillerud
Lera (%)	24	8	27
Mo+mjåla (%)	40	41	56
Sand (%)	36	51	17
pH (H ₂ O)	7.45	5.78	5.63
pH (CaCl ₂)	7.18	5.25	5.25
C (%)	3.4	3.1	1.7
N(%)	0.31	0.22	0.14
Extraktion med EDTA (mg kg⁻¹ DM)			
Co	0.40	0.04	0.21
Cu	3.1	0.5	2.2
Fe	178	69	153
Mn	125	6	31
Mo	0.04	0.00	0.00
Zn	2.69	0.69	2.01
Extraktion med aqua regia (mg kg⁻¹ DM)			
P	1 257	711	969
K	4276	750	2924
S	532	325	228
Ca	11 450	2 882	5 804
Mg	5341	1549	3399
Na	170	163	361
Co	11.7	3.5	6.5
Cu	17.8	5.9	16.6
Fe	25 350	15 790	19 290
Mn	1579	320	696
Mo	1.88	0.97	0.96
Zn	129	26	89

Resultat

Det finns risk för att växtprover som ska analyseras med avseende på mikronäringsämnen kontamineras under flera steg i provhanteringen, främst vid malningen. Vi genomförde därför ett test med delprover av gräs som maldes i tre olika kvarnar. Som kontroll klipptes en uppsättning delprover med plastsax. Jämfört med plastsaxen fann vi att en stålquarn kontaminerade gräset med Fe, Cu, Cd och Ni, samt att en titaniumquarn kontaminerade med Co och Cr. En mixer (Grindomix GM200) med plastbehållare och titaniumkniv kontaminerade däremot inte proverna med de ämnen vi ville analysera. I alla studier har därför mixern använts. Resultaten från denna studie har publicerats i European Journal of Agronomy.

Skillnader i makro- och mikronäringsinnehåll i konventionellt och ekologiskt odlad vallgräs (delstudie 1).

Koncentrationen av P och K var generellt högre i de konventionella försöken jämfört med de ekologiska (tabell 2). För S, Ca, Mg och Na fanns det emellertid ett samspel mellan art och odlingssystem. Hos timotej och rajsvingelhybriden var halten av Ca högre i de ekologiska försöken jämfört med de konventionella, medan ängssvingel och engelskt rajgräs hade liknande Ca-koncentrationer oberoende av odlingssystem. Timotej uppvisade högre koncentrationer av Mg och Na i det ekologiska jämfört med det konventionella försöket. För koncentrationen av S gällde det omvända dvs. högre koncentrationer i samtliga arter i de konventionella jämfört med de ekologiska försöken. Överlag var timotej den art där skillnaderna var störst mellan odlingssystemen. Av mikronäringsämnen var koncentrationen av Fe generellt högre i de konventionella än i de ekologiska försöken, medan det omvända gällde för Mo-koncentrationen. Engelskt rajgräs hade högre koncentrationer av Zn och Cu i det konventionella försöket jämfört med det ekologiska. Likaså hade ängssvingel högre koncentration av Zn i det konventionella försöket. Koncentrationen av Co och Se uppvisade inga skillnader i förhållande till odlingssystem eller mellan arterna, medan Mn-koncentrationen var högre i engelskt rajgräs jämfört med i de andra arterna.

Tabell 2. Koncentrationer av makro- (g kg ts^{-1}) och mikronäringsämnen (mg kg ts^{-1}) i fyra arter gräs i ekologiska och konventionella sortförsök. Proverna togs från första skörd i en förstaårsvall

	Makronäringsämnen						Mikronäringsämnen						
	P	K	S	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Se	Co
Timotej, Alexander													
eko	2,06	20,6	1,07	10,6	2,45	0,08	3,79	46,1	50,1	0,74	19,4	0,013	0,014
konv	2,55	25,2	1,77	3,9	1,06	0,02	3,20	56,8	54,5	0,38	20,5	0,012	0,011
Ängssvingel, Sigmund													
eko	2,21	18,9	1,18	8,0	1,68	0,12	2,62	34,9	52,0	1,03	13,4	0,010	0,008
konv	3,04	30,9	2,68	6,5	1,65	0,04	3,61	61,9	66,8	0,64	16,5	0,014	0,012
Engelskt rajgräs, SW Birger													
eko	1,94	17,2	1,22	7,7	1,60	0,27	2,42	39,5	67,4	1,22	11,9	0,017	0,008
konv	2,65	26,9	1,93	5,0	1,53	0,45	3,97	68,8	95,4	0,51	24,7	0,014	0,014
Rajsvingelhybrid, Hykor													
eko	2,14	20,6	1,36	10,8	2,21	0,35	2,95	38,9	67,8	1,11	13,6	0,018	0,010
konv ¹	2,56	30,6	2,69	5,0	2,11	0,28	3,62	67,2	95,4	0,71	14,4	0,011	0,011
Signifikans av samspelet mellan art och sortförsök													
	NS	NS	**	**	***	***	***	NS	NS	NS	**	NS	NS
Signifikans av odlingssystem då inget samspel med art finns													
	***	**	-	-	-	-	-	*	NS	**	-	NS	NS

P < 0,05 *; P < 0,01 **; P < 0,001 ***; NS = ej signifikant.

Mikronäringsinnehåll i arter och sorter på två kontrasterande jordar (delstudie 2a)

Art hade, med undantag för Cu, liksom jord en signifikant effekt på innehållet av alla mikronäringsämnen. Det fanns också samspelseffekter mellan art och jord. Cikoria hade generellt de högsta halterna av alla mikronäringsämnen med undantag för Mo. Baljväxterna hade, med undantag för Mo och Mn, högre halter av alla ämnen jämfört med gräsen. Hundäxing var speciellt rik på Mn. Av baljväxterna hade vitklöver i allmänhet de högsta halterna, och käringtand de lägsta. Svartkämpar, pimpinell och kummin hade oftast lägre halter av alla ämnen jämfört med vit- och/eller rödklöver. Sortskillnaderna var i allmänhet små och sällan signifikanta.

Effekterna av jordens egenskaper var mest uttalade med avseende på Mn och Mo. De växter som odlats på den 'fattiga' jorden, med ett lågt pH, hade en betydligt högre halt av Mn jämfört med växter som odlats på den 'rika' jorden, med ett högt pH, medan det omvända gällde för Mo. Cikoria var den art där halterna av flera ämnen skiljde sig beroende på vilken jord den odlades. Halterna var, med undantag för Fe och Mo, högst när cikoria odlats på den 'fattiga' jorden. Då tabellen över resultaten från denna studie är för stor för att passa in i mallen för denna redogörelse har denna inte kunnat tas med, men finns i den redovisade publikationen.

Mikronäringsinnehåll i timotej, engelskt rajgräs och rödklöver vid olika fenologiska stadier (delstudie 2b)

Med undantag för halten Mo (och Co i engelskt rajgräs) sjönk halten av alla mikronäringsämnen i gräsen med framskridande fenologisk utveckling (Fig. 1), och halterna sjönk mest i timotej. I rödklöver gällde detta för Cu, Zn och Mo, medan halterna av Co, Fe, Mn och Ni mer konstanta. Vid det sista skördetillfället var blommorna/axen av rödklöver och timotej rikare på mikromineraler jämfört med stjälken/strået och bladen. Detsamma gällde för engelskt rajgräs med avseende på Ni och Zn. Stjälken/strået hade de absolut lägsta halterna, speciellt hos timotej (tabell 3).

Tabell 3. Mikronäringsinnehåll i blommor, blad och stjal/strå hos rödklöver, engelskt rajgräs och timotej.

Art	Komponent	Co	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Zn
		mg kg ⁻¹ DM						
Rödklöver	Blomma	0.08 ^a	4.6 ^{ab}	51 ^c	37 ^b	4.6 ^a	3.6 ^a	14.9 ^b
	Blad	0.05 ^b	5.6 ^a	83 ^{ab}	56 ^a	1.5 ^{cd}	1.2 ^b	7.5 ^{cd}
	Stjälk	0.04 ^b	2.9 ^c	18 ^e	11 ^d	2.1 ^c	1.4 ^b	4.4 ^e
E. rajgräs	Ax	0.02 ^{cd}	4.0 ^{abc}	25 ^d	18 ^c	2.2 ^{bc}	3.3 ^a	19.7 ^{ab}
	Blad	0.04 ^b	3.6 ^{bc}	95 ^a	16 ^{cd}	3.6 ^{ab}	0.8 ^b	9.5 ^c
	Strå	0.01 ^{cde}	2.0 ^{de}	13 ^f	15 ^{cd}	1.1 ^d	0.9 ^b	6.2 ^{cde}
Timotej	Ax	0.02 ^c	4.5 ^{ab}	71 ^b	41 ^{ab}	1.7 ^{cd}	3.9 ^a	28.8 ^a
	Blad	0.01 ^{de}	2.8 ^{cd}	43 ^c	12 ^{cd}	1.5 ^{cd}	0.4 ^c	8.0 ^{cd}
	Strå	0.01 ^e	1.3 ^e	9 ^g	12 ^{cd}	0.5 ^e	0.5 ^c	5.3 ^{de}
Komponent		***	***	***	***	***	***	***
Art		***	***	***	***	***	***	***
Art x komponent		***	**	***	***	***	***	*

* P < 0,05 *; P < 0,01 **; P < 0,001 ***; NS = ej signifikant.

Effekten av plats och botanisk sammansättning på halten mikronäring i vallfoder (delstudie 3)

Då renbestånden av rödklöver, vitklöver och cikoria tyvärr kom att innehålla alldeles för mycket ogräs för att jämförelser av mikronäringsupptaget hos en art i renbestånd och i blandning skulle vara meningsfull uteslöts dessa led från de följande analyserna.

Avkastningen av torrsubstans var lägre på Ås jämfört med de andra två platserna, men var oberoende av fröblandning på alla tre platser. I genomsnitt var avkastningen: 6.2+4.6, 6.8+3.3 och 3.2+4.7 ton ts ha⁻¹ för första och andra skörd på Lillerud, Rådde respektive Ås. På Rådde och Lillerud togs en tredje skörd som dock ej analyserades med avseende på mikronäringsinnehåll. Andelen timotej och rödklöver i den skördade biomassan var hög på alla platser. Ängssvingel hade en lite högre andel i försöket på Ås, medan både vitklöver och cikoria varierade mellan 0 och 7% av torrsubstansen på alla tre platser. I analysen av effekter av plats och fröblandning på halten av olika mikronäringsämnen fokuserade vi på vad andelen rödklöver (som var rik på mikronäring) betydde för den genomsnittliga halten av ett mikronäringsämne i den skördade biomassan från blandbestånden.

Art hade en signifikant effekt på innehållet av alla mikronäringsämnen (tabell 4). Cikoria hade de högsta halterna av Cu och Zn på alla platserna. Röd- och vitklöver hade högre halter av Co, Cu, Fe och Mo jämfört med timotej på alla platser. Även platsen hade en signifikant effekt på halten av alla mikronäringsämnen vid bägge skördetillfällena.

Biomassan som var skördad på Lillerud hade de högsta halterna av flera mikronäringsämnen, speciellt av Cu och Zn, medan halten av Mo var den lägsta. Den skördade biomassan på Ås var speciellt rik på Mo och Fe, medan halterna av övriga mikronäringsämnen var måttliga till låga. Den skördade biomassan på Rådde var fattig på de flesta mikronäringsämnen, speciellt på Cu.

Det fanns ett signifikant positivt samband mellan andelen rödklöver i den skördade biomassan för Co på alla platser. På Ås var sambandet positivt för i stort sett alla mikronäringsämnen, medan det var positivt med avseende på Cu och Mo (endast andra skörd) på Lillerud, och positivt med avseende på Fe och Zn i andra skörd på Rådde. Korrelationen med klöverhalten var generellt svag med avseende på halten Mn.

Diskussion

Delstudie (1) De ekologiska och konventionella sortförsöken har gödslats på olika sätt, vilket kan förväntas påverka växternas makro- och mikronäringsinnehåll. Tillförsel av handelsgödsel i det konventionella sortförsöket ledde till de högsta koncentrationerna av P, K, S i alla arter. Den regelbundna tillförseln av stallgödsel (som innehåller både makro- och mikronäringsämnen) till skiftet med det ekologiska sortförsöket ledde dock, med undantag för Mo, generellt inte till stora skillnader mellan odlingssystemen i gräsens innehåll av mikronäringsämnen. Som nämnts tidigare har dock även det konventionella skiftet tidigare gödslats med stallgödsel.

Delstudie (2a) Resultaten visar att grupperna gräs, baljväxter och örter inte var enhetliga med avseende på innehållet av mikronäring. Cikoria hade de högsta halterna av många ämnen, följt av baljväxterna som sinsemellan uppvisade små skillnader. Övriga örter hade i allmänhet lägre halter än baljväxterna. Av gräsen utmärkte sig hundäxing som hade betydligt högre halter av Mn jämfört med de övriga gräsen. Däremot var sortskillnaderna sällan signifikanta. Slutsatsen är att arter bör utvärderas individuellt med avseende på

deras innehåll av mikronäring. Jordens egenskaper i samspel med art, framför allt dess pH och i mindre utsträckning dess innehåll av mikronäring, kan ha ett avgörande inflytande på halten av många mikronäringsämnen i foderväxter, vilket bör beaktas i studier där innehållet i olika arter jämförs.

Delstudie (2b) Då stjälk/stråandelen hade de lägsta halterna av mikronäringsämnen, blir andelen av denna komponent i den skördade biomassan mycket betydelsefull för halten i hela grödan. I detta kärlförsök var stråandelen högst för timotej, och denna art hade därför generellt de lägsta halterna av alla mikronäringsämnen. Det går inte att utesluta att vernaliseringen av engelskt rajgräs i växthusklimatet inte var tillräckligt kraftfull för att detta skulle utveckla många reproduktiva skott. Detta innebär att i en fältsituation (se delstudie (1)) kan skillnader i stråandel (och därmed också halten mikronäring) mellan timotej och engelskt rajgräs vara mindre än i detta försök. Rödklöver hade en större bladandel jämfört med gräsen och uppvisade förhållandevis höga halter av flertalet ämnen även i sena utvecklingsstadier. Slutsatsen är att klöver/gräsvallar torde ha högre och mer stabila halter av mikronäringsämnen jämfört med rena gräsvallar.

Delstudie (3) Starkast effekt av rödklöverandel erhöles på halterna av Co, Cu och Fe, ämnen som ofta är högre i baljväxter jämfört med gräs. Det motsatta gällde för Mn där halterna kan vara högre i gräs jämfört med baljväxter. Då klöverandelen var genomgående låg, och inte varierade så mycket mellan försöksrutorna på Rådde, är det svårare att utvärdera effekten av en ökad rödklöverandel på halten mikronäring i den skördade biomassan på den platsen. Det höga pH-värdet i jorden på Ås torde vara förklaringen till att halten mikronäringsämnen där blev måttliga i den skördade biomassan trots att jorden är rik på alla analyserade mikronäringsämnen. Samtidigt var det här som den positiva effekten av en ökad rödklöverandel på mikronäringsinnehållet var som mest markant. Jorden på Rådde har ett stort inslag av sand, ett förhållandevis lågt pH och är dessutom fattig på mikromineraler – faktorer som alla bidrar till låga halter av mikronäring i den skördade biomassan. På Lillerud var innehållet av mikronäring i den skördade biomassan mest balanserat, och en vall med ett stort inslag av rödklöver skulle där ge ett vallfoder med en halt av t ex Cu som var adekvat för en mjölkko. Jorden här är förhållandevis rik på mikromineraler samtidigt som pH är i samma nivå som på Rådde.

Sammanfattande slutsatser

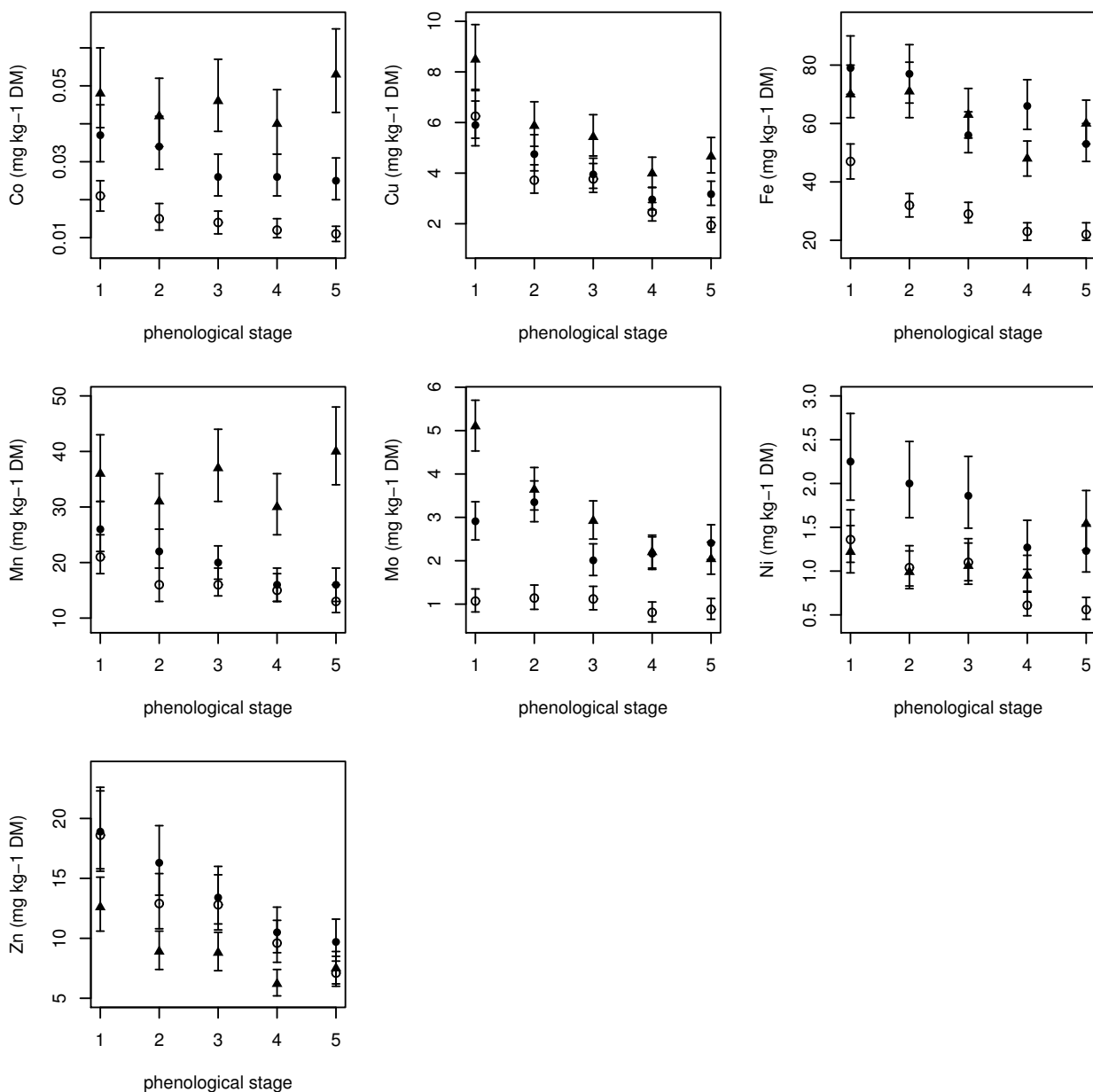
Inga vallväxter gav upphov till ett vallfoder som till fullo kan förse idisslare med ett välbalanserat mikronäringsintag. För att maximera innehållet av mikronäring i vallfoder kan följande åtgärder rekommenderas:

- Inkludera röd- och/eller vitklöver i fröblandningen
- Sträva efter en hög andel klöver i vallen
- Skörda i ett tidigt utvecklingsstadium
- Sträva efter ett måttligt högt pH i marken
- Cikoria är en växt med höga halter mikronäring som potentiellt skulle kunna odlas, men anläggnings-, och odlingsteknik som passar denna art måste utvecklas

Tabell 4. Mikronäringsinnehåll (mg kg⁻¹ ts) hos olika arter odlade i bladbestånd på tre platser.

Plats	Art	Co		Cu		Fe		Mn		Mo		Zn	
		1:a sk	2:a sk	1:a sk	2:a sk	1:a sk	2:a sk	1:a sk	2:a sk	1:a sk	2:a sk	1:a sk	2:a sk
Rådde	TIM	0.020 ^g	0.008 ^g	2.66 ⁱ	3.29 ^{fg}	34.8 ^h	23.5 ^{fg}	42.6 ^{abdefg}	31.2 ^{de}	0.64 ^g	0.78 ^{cd}	20.5 ^{ghi}	17.0 ^{fg}
	ÄSV	0.038 ^{def}	0.044 ^{cde}	2.24 ⁱ	5.14 ^{de}	62.6 ^{efg}	51.2 ^{bcde}	45.8 ^{abdefg}	45.9 ^{bc}	0.99 ^{de}	0.73 ^{bcde}	28.0 ^{def}	21.2 ^{cef}
	RKL	0.077 ^b	0.067 ^{ab}	5.29 ^h	5.53 ^e	61.3 ^f	41.2 ^{cde}	36.1 ^{chi}	26.5 ^{bc}	1.24 ^d	1.16 ^b	18.5 ^{hi}	20.6 ^{cdefg}
	VKL	0.121 ^a	0.076 ^a	5.41 ^{gh}	5.99 ^{cde}	107.7 ^{bc}	55.7 ^{bcd}	42.2 ^{abcdefghi}	30.7 ^{def}	1.78 ^c	1.09 ^{bc}	22.4 ^{ghi}	17.7 ^{efg}
	CIK	0.070 ^{bc}	0.050 ^{cd}	7.73 ^{de}	6.52 ^{cde}	92.9 ^{cd}	49.1 ^{bcde}	45.3 ^{abdefg}	33.4 ^{cde}	0.66 ^{fg}	0.41 ^{efg}	41.4 ^{bc}	31.4 ^{bd}
Lillerud	TIM	0.010 ^h	0.028 ^{ef}	5.71 ^{fh}	7.07 ^{cde}	40.7 ^h	47.9 ^{bcd}	48.4 ^{abcei}	54.9 ^b	0.38 ⁱ	0.30 ^g	39.3 ^{bc}	39.5 ^b
	ÄSV	0.018 ^g	0.040 ^{cdef}	6.81 ^{eg}	8.46 ^{bcd}	58.7 ^{fg}	55.9 ^{bcd}	54.7 ^{abc}	67.6 ^{ab}	0.43 ^{hi}	0.47 ^{defg}	37.1 ^{bcd}	31.6 ^{bcd}
	RKL	0.031 ^f	0.041 ^d	12.89 ^b	12.09 ^{ab}	64.6 ^f	52.3 ^{bc}	42.6 ^{dgfh}	34.6 ^{cd}	0.49 ^h	0.41 ^f	40.7 ^b	34.5 ^b
	VKL	0.051 ^{cd}	0.049 ^{bcd}	9.68 ^c	9.32 ^{abc}	101.0 ^{bc}	64.4 ^b	50.8 ^{abcdeghi}	33.9 ^{cde}	0.86 ^{ef}	0.76 ^{bcde}	33.9 ^{cde}	31.5 ^{bcd}
	CIK	0.046 ^{de}	0.091 ^a	14.63 ^a	15.91 ^a	98.0 ^c	119.0 ^a	55.2 ^{ab}	94.2 ^a	0.41 ^{hi}	0.29 ^{fg}	76.0 ^a	78.4 ^a
Ås	TIM	0.016 ^g	0.005 ^g	5.03 ^h	2.63 ^g	52.2 ^g	19.9 ^g	31.6 ^f	20.2 ^g	1.88 ^c	3.40 ^a	26.2 ^{efg}	16.0 ^{fg}
	ÄSV	0.031 ^{ef}	0.018 ^{fg}	7.48 ^e	4.85 ^{ef}	91.0 ^{cd}	32.6 ^{ef}	51.2 ^{abcdgh}	25.6 ^{defg}	3.53 ^a	4.44 ^a	24.7 ^{fgh}	12.8 ^g
	RKL	0.039 ^{de}	0.029 ^{def}	7.56 ^e	5.82 ^{de}	75.5 ^{de}	38.6 ^{de}	34.8 ^{efi}	21.2 ^{fg}	2.73 ^b	4.26 ^a	19.4 ⁱ	14.5 ^g
	VKL	0.054 ^{cd}	0.035 ^{def}	7.02 ^{ef}	5.17 ^{de}	137.7 ^{ab}	53.6 ^{bce}	44.2 ^{bcgh}	22.4 ^{efg}	3.29 ^{ab}	3.64 ^a	17.4 ⁱ	15.0 ^{fg}
	CIK	0.075 ^{bc}	0.064 ^{abc}	9.10 ^{cd}	8.42 ^{bcd}	160.0 ^a	50.5 ^{bcd}	59.2 ^{ad}	33.2 ^{cd}	3.28 ^{ab}	3.60 ^a	36.2 ^{bcd}	26.3 ^{bcde}
Plats		***	***	***	***	***	***	NS	***	***	***	***	***
Art		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Plats x art		***	***	***	**	**	***	***	***	***	***	***	**

* P < 0,05 *; P < 0,01 **; P < 0,001 ***; NS = ej signifikant.



Figur 1. Halten av olika mikronäringsämnen med framskridande utvecklingsstadium (phenological stage), rödklöver (▲), engelskt rajgräs (●) och timotej (○). Stadium 1 = stråskjutning (en nod kan kännas), stadium 2 = beg. axgång (gräs)/knoppning på huvudskottet (rödklöver), stadium 3 = axgång (gräs)/knoppning på sidoskotten (rödklöver), stadium 4 = i ax (gräs)/öppna blommor på huvudskottet (rödklöver) stadium 5 = ståndarknappar synliga (gräs)/öppna blommor på sidoskotten (rödklöver).

Publikationer

- Frankow-Lindberg, B.E., Lindström B. & Öborn I. 2009. Annual and seasonal effects on micro-mineral concentrations in four grassland species. *Grassland Science in Europe*. Vol. 14: 103-105.
- Lindström B., Dahlin S., Frankow-Lindberg B., Wivstad M., Öborn I. 2011. Micronutrient concentrations of chicory and perennial ryegrass grown on two contrasting soils. *11th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements (ICOBTE)*, Florence, Italy, July 3-7, 2011.
- Öborn I., Bertilsson J., Campbell C.D., Coull M.C., Dahlin S., Edwards A.C., Eriksson J., Frankow-Lindberg B., Hillier S., Lindström B., Linse L., Lumsdon D.G., Ramezani Bajgiran A., Shand C.A., Sinclair A.H., Walker R.L., Watson C.A., Wivstad M. 2011. Micronutrient management strategies in agriculture - how to utilize local and site specific resources to produce high quality products? *11th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements (ICOBTE)*, Florence, July 3-7, 2011.
- Dahlin A. S., Edwards A. C., Lindström B. E. M., Ramezani A., Shand C. A., Walker R. L., Watson C. A. and Öborn I. (2012) Revisiting herbage sample collection and preparation procedures to minimise risks of trace element contamination. *European Journal of Agronomy*. Under tryckning (<http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2012.04.007>).
- B.E.M. Lindström, B.E. Frankow-Lindberg, A.S. Dahlin, M. Wivstad & C.A. Watson. 2012. Micronutrient concentrations and off-take in common and novel forage species and varieties grown on two contrasting soils. *Grass and Forage Science*. Under tryckning.
- B.E.M. Lindström, B.E. Frankow-Lindberg, A.S. Dahlin, M. Wivstad & C.A. Watson. 2012. Micronutrient concentrations in relation to phenological development of red clover (*Trifolium pratense* L.), perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and timothy (*Phleum pratense* L.). Manuskript inskickat till *Grass and Forage Science*.
- B.E.M. Lindström, B.E. Frankow-Lindberg, A.S. Dahlin, M. Wivstad & C.A. Watson. 2012. The influence of site and legume proportion on micronutrient concentrations in a forage crop. Manuskript under utarbetande för *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*.

Övrig resultatförmedling till näringen

- Lindström B.E.M. 2010. Skillnader i makro- och mikronäringsinnehåll i konventionellt och ekologiskt odlat vallgräs. Svenska Vallbrev nr. 6.
- Presentation av doktorandprojektet vid möte inom ämneskommittéerna växtnäring och odlingssystem i Linköping 29/2 2012

Referenser

- Eriksson J, Andersson A, & Andersson R. 1997. Tillståndet i svensk åkermark. Naturvårdsverket Rapport 4770, Stockholm (www-jordbruksmark.slu.se).