

Slutredovisning av projekt Dnr 25-11035/09 till Jordbruksverket

Vitaminer i ekologiskt odlade vallbaljväxter och gräs

Elisabet Nadeau¹, Hanna Lindqvist¹, Anne-Maj Gustavsson², Søren Krogh Jensen³, Karen Søegaard³ och Nilla Nilsson-Linde⁴

¹Inst. för husdjurens miljö och hälsa, SLU Skara, ²Inst. för norrländsk jordbruksvetenskap, SLU Umeå, ³Fakulteten för jordbruksvetenskap, Århus universitet, Danmark och ⁴Inst. för växtproduktionsekologi, SLU Uppsala

Bakgrund

Vallfoder är ofta den största källan av naturligt förekommande fettlösliga vitaminer i mjölkproduktionen (Jensen *et al.*, 1999). Faktorer, som påverkar innehållet av α -tokoferol och β -karotin i vallfoder, såsom växtart, skördetidpunkt, dagslängd, förtorkning och konserveringsmetod (Lynch *et al.*, 2001; Danielsson *et al.*, 2008; Lindqvist *et al.*, 2011a) kan påverka vitaminstatus hos mjölkkor eftersom ökat vitamininnehåll i vallensilage ger större vitamininnehåll i plasma och mjölk hos kor (Meglia *et al.*, 2006; Weiss *et al.*, 2009; Lindqvist *et al.*, 2011b). Större vitamininnehåll i mjölken är fördelaktigt både för kalvars och människors hälsa (Van Saun, *et al.*, 1989; Dersjant-Li och Peisker, 2010). α -Tokoferol och β -karotin är antioxidanter och förbättrar därmed lagringsstabiliteten i mjölk (Havemose, *et al.*, 2004) och kött (Mercier, *et al.*, 2004) förutom att de har en positiv effekt på immunitet och hälsa hos både människor och djur (McDowell, 2000).

Växtarter med hög bladandel och växter i tidigt utvecklingsstadium innehåller ofta mer α -tokoferol och β -karotin än mer stjälkrika växtarter och växter i senare utvecklingsstadier eftersom blad innehåller mer av dessa vitaminer än stjälk (Park *et al.*, 1983; McDowell, 1989) och växters blad/stjälkförhållande minskar med senare utvecklingsstadier. De flesta studier om vitaminer i vallväxter är äldre och visar stora variationer i koncentrationer av α -tokoferol och β -karotin i olika växtarter och vid olika mognadsstadier och skördetider (Ballet *et al.*, 2000). Dessutom har analysmetoderna utvecklats under åren, vilket påverkar resultaten (Hjarde *et al.*, 1963; Jensen *et al.*, 1998).

Syfte

Målsättningen med projektet var att studera effekt av latitud, växtart, skördetidpunkt, skördetillfälle, förtorkning och ensileringsmetod på innehåll av α -tokoferol och β -karotin i vallväxter.

Material och metod

Försöksuppläggning. Projektet innefattade odlingsplatserna Röbbäcksdalen, SLU Umeå, Lanna, SLU Skara och Foulum, Århus Universitet. Eftersom försöket på Foulum finansierades från Danmark beskrivs det endast i korthet här. Blandningarna i de svenska försöken såddes våren 2004 och skördades 2005 i Skara och i Umeå samt 2006 i Umeå. I Skara såddes ett nytt försök 2006 som skördades 2007. Blandningarna var käringtand (Oberhaunstaedter) och timotej (Grindstad; KT+T), rödklöver (Sara (Skara)/Betty(Umeå) och timotej (RK+T) samt rödklöver och ängssvingel (Kasper; RK+Ä). Blandningarna skördades i första skörd en vecka före, vid samt en vecka efter timotejens axgång. Skördedatum för första skörd 2005 var 9/6, 14/6 och 22/6 i Skara samt 20/6, 28/6 och 3/7 i Umeå. Skördedatum 2006 i Umeå var 13/6, 20/6 och 28/6 och skördedatum 2007 i Skara var 28/5, 5/6 och 11/6. Återväxten skördades sex och åtta veckor efter var och en av de tre skördetidpunkterna i

första skörd. Försöken var upplagda som split-plot med tre block i fält. Vallväxtblandning var storruta och skördetidpunkt var småruta (15 m²). På grund av hög andel rödklöver i blandningarna i Skara gödslades de med 60 kg N/ha i form av flytgödsel från nöt direkt efter första skörd under båda försöksåren.

Provtagning och analyser. Avkastning registrerades och prover sorterades för bestämning av botanisk och morfologisk sammansättning, växtens utvecklingsstadium och för vitamin- och näringsanalys från varje försöksruta vid varje skördetillfälle. Klimatdata registrerades på plats på Lanna och från SMHI för Röbbäcksdalen. Analys av α -tokoferol och β -karotin utfördes på frystorkade prover för varje art i Søren Krogh Jensens laboratorium på Foulum Forskningscenter, Århus universitet, Danmark med HPLC efter att de förtvålats och extraherats i heptan (Jensen *et al.* 1998). Analyser av råprotein, fiber, smältbar organisk substans och mineraler utfördes på DairyOne, Ithaca, NY, USA.

Statistisk analys. Analys av data från Sverige utfördes med PROC MIXED i SAS. Data delades upp i första skörd baljväxt, första skörd gräs samt återväxt baljväxt och återväxt gräs. Data från Skara och Umeå 2005 och från Skara 2007 analyserades i ett program med effekt av odlingsplats och år betecknad som försök. De resterande fixa faktorerna var blandning och tidpunkt för första skörd samt blandning, tidpunkt för första skörd och tidpunkt för återväxtskörden. De slumpmässiga faktorerna var block(försök) och block x blandning(försök). Data från Umeå 2006 analyserades separat med samtliga ovan nämnda fixa faktorer förutom den fixa faktorn försök. De slumpmässiga faktorerna var block(försök) och block x blandning(försök). Parvisa jämförelser utfördes mellan medelvärden när *P*-värdet var signifikant för samspelseffekterna och huvudeffekterna.

Försöket i Danmark. Fyra blandningar; tetraploid rödklöver (Rajah) och timotej (Tundra), rödklöver och engelskt rajgräs (Mikado), käringtand (Oberhaunstaedter) och timotej samt vitklöver (Klondike) och engelskt rajgräs etablerades som ett randomiserat blockförsök med fyra block på Foulum, Tjele, Danmark våren 2004 och skördades 2005 och 2006. Blandningarna skördades 30/5, 5/7, 22/8 och 24/10 2005 samt 7/6, 12/7, 21/8 och 9/10 2006. Prover togs och sorterades för botanisk sammansättning samt för analys av α -tokoferol och β -karotin samt för övrigt näringsinnehåll. Klimatdata samlades in och avkastning registrerades. Data analyserades separat för varje år och för varje skörd och delades upp i baljväxter respektive gräs. Effekt av art inom baljväxt respektive gräs analyserades med PROC GLM i SAS. Slutsatsen var att käringtand hade det största innehållet av α -tokoferol bland baljväxterna. Det fanns ingen klar skillnad i vitamininnehåll mellan timotej och engelskt rajgräs, troligtvis på grund av skillnader i utvecklingsstadier och blad/stjälkförhållande hos arterna över säsongen. Tredje återväxten, som skördades i oktober, hade höga vitaminhalter, speciellt under 2005, vilket kan bero på lägre temperaturer och därmed lägre tillväxthastighet hos växterna. Den två veckor senare skörden av tredje återväxten i 2005 jämfört med 2006 kan ha bidragit till den högre vitaminhalten 2005.

Ensileringsförsök. Studien är publicerad i Grass and Forage Science och finns tillgänglig på tidskriftens hemsida under ”early view” (Lindqvist *et al.*, 2011a). Slutsatserna var att förtorkning hade en begränsad effekt på vitamininnehållet i blandningarna från Skara med en minskning i α -tokoferolhalten i KT+T-blandningen men inte i rödklöverblandningarna. Samtliga ensilage, både med och utan tillsatsmedel, visade god förjäsning och det var inga förluster av α -tokoferol och β -karotin under ensileringen. Tillsats av syra minskade dock vitamininnehållet under ensileringen av rödklöverblandningarna medan vitamininnehållet i käringtandblandningen ökade under ensilering med syrabehandling. Ensilage med tillsats av bakteriepreparat

hade ett större innehåll av α -tokoferol än kontrollensilaget av rödklöverblandningarna. Ensilering av KT+T ökade α -tokoferolhalten i grönmassan oavsett behandling och denna ökning var störst när bakteriepreparat användes som tillsatsmedel.

Försök med mjölkkor på Tingvalls ekologiska gård i Bohuslän. Studien, som ingår i Hanna Lindqvists doktorandarbete finns beskriven i Lindqvist *et al.*, 2011b, *Livestock Science*, 142, 155-163.

Resultat

Resultatdelen begränsas till redovisning av vitaminresultaten från vallförsöken i Skara och Umeå eftersom redan publicerade försök och projektet i Danmark har beskrivits i korthet i Material och metodavsnittet.

Första skörd. Kärtingand innehöll oftast mer β -karotin än rödklöver i samtliga försök medan α -tokoferolhalten och bladandelen inte skilde sig åt mellan baljväxterna inom försök (tabell 1 och 2). I medeltal över försök var dock halten av α -tokoferol högre i kärtingand än i rödklöver för samtliga tre skördetidpunkter (tabell 2). Likaså var bladandelen högre i kärtingand än i rödklöver i medeltal över försök. Ängssvingel odlad i Skara 2005 innehöll mer vitaminer än timotej och bladandelen var samtidigt högre för ängssvingel än för timotej. I Umeå var det generellt inga skillnader i vitamininnehåll och bladandel mellan gräsen. Halterna av α -tokoferol och β -karotin var högre i gräsen odlade i Skara än i Umeå och det var mindre vitamininnehåll i gräsen odlade 2007 jämfört med 2005 i Skara (tabell 1 och 3). Bladandelen var lägre för timotej och ängssvingel odlade med rödklöver i Umeå jämfört med Skara medan bladandelen var lika för timotej odlad med kärtingand mellan orterna. Det var ingen tydlig effekt av senare skördetidpunkt på vitamininnehållet i baljväxter och gräs (tabell 2 och 3). Avkastningen var mindre i Umeå än i Skara och mindre 2007 än 2005 i Skara (Umeå 2005: 4 404 kg ts/ha, Skara 2005: 5 706 kg ts/ha, Skara 2007: 4 989 kg ts/ha, $P < 0,01$). KT+T gav mindre avkastning än RK+T och RK+Ä (4 457 vs. 5 327 resp. 5 315 kg ts/ha, $P < 0,0001$). Avkastningen ökade med senare skördetidpunkt (3 807, 5 078 och 6 214 kg ts/ha, $P < 0,0001$).

Tabell 1. α -tokoferol, β -karotin och bladandel hos **baljväxter** och **gräs** i tre blandningar skördade under första skörd i Umeå 2005 samt i Skara 2005 och 2007 i genomsnitt över skördetidpunkt (n = 9)

Vitamin/Blad	Umeå 2005			Skara 2005			Skara 2007			Sign. ²
	KT+T ¹	RK+T	RK+Ä	KT+T	RK+T	RK+Ä	KT+T	RK+T	RK+Ä	
<i>Baljväxt</i>	<i>KT</i>	<i>RK</i>	<i>RK</i>	<i>KT</i>	<i>RK</i>	<i>RK</i>	<i>KT</i>	<i>RK</i>	<i>RK</i>	
α -tokoferol	31,7	16,9	17,4	50,4	24,7	24,4	51,4	26,0	24,6	NS
β -karotin	54,9 ^c	38,6 ^d	46,3 ^{cd}	69,9 ^b	48,5 ^{cd}	42,9 ^d	82,1 ^a	49,9 ^{cd}	54,8 ^c	*
Bladandel	0,54	0,43	0,46	0,38	0,30	0,31	0,43	0,37	0,37	NS
<i>Gräs</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	<i>Ä</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	<i>Ä</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	<i>Ä</i>	
α -tokoferol	34,3 ^{de}	27,6 ^c	35,8 ^d	50,7 ^b	43,1 ^{cd}	73,5 ^a	46,5 ^{bc}	39,0 ^d	48,6 ^{bc}	***
β -karotin	22,7 ^d	22,0 ^d	23,4 ^d	43,0 ^b	42,9 ^b	52,8 ^a	23,2 ^d	33,8 ^c	36,2 ^c	***
Bladandel	0,26 ^d	0,26 ^d	0,29 ^{cd}	0,27 ^d	0,33 ^b	0,60 ^a	0,37 ^{bc}	0,38 ^b	0,41 ^b	***

¹KT+T = kärtingand + timotej, RK+T = rödklöver + timotej, RK+Ä = rödklöver + ängssvingel

²Sign. = signifikans: NS = ej signifikant, *, *** P -värde = 0,05; 0,001. ^{a,b,c,d,c}Medelvärden med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($P < 0,05$) i samspelet försök x blandning.

Tabell 2. α -tokoferol, β -karotin och bladandel hos **baljväxter** i tre blandningar skördade vid tre tidpunkter under första skörd i Umeå 2005 samt i Skara 2005 och 2007

Skördetidpunkt	Blandning			Sign. ¹ LSD _{0,05}	Försök			Sign. LSD _{0,05}	Skörde- tidpunkt
	KT+T ²	RK+T	RK+Ä		Umeå 2005	Skara 2005	Skara 2007		
<i>α-tokoferol</i>									
-1 vecka T axgång ³	49,5	19,7	22,3	**	19,7	35,1	36,8	NS	30,5
T axgång	46,2	23,5	20,5	6,06	23,4	32,6	34,2		30,1
+1 vecka T axgång	37,7	24,4	23,6		22,9	31,8	31,0		28,6
Medel Art, Försök	44,5 ^a	22,5 ^b	22,1 ^b	***	22,0 ^b	33,2 ^a	34,0 ^a	**	
<i>β-karotin</i>									
-1 vecka T axgång	66,0	48,7	48,6	NS	45,1	48,8	69,4	***	54,4 ^{ab}
T axgång	75,8	52,5	46,1		45,0	68,3	61,1	11,58	58,1 ^a
+1 vecka T axgång	64,7	43,5	41,7		49,8	43,9	56,2		50,0 ^b
Medel Art, Försök	68,9 ^a	48,2 ^b	45,4 ^b	***	46,6 ^b	53,7 ^{ab}	62,2 ^a	*	
<i>Bladandel</i>									
-1 vecka T axgång	0,53	0,42	0,42	**	0,55	0,37	0,45	NS	0,46 ^a
T axgång	0,45	0,36	0,38	0,030	0,46	0,34	0,39		0,40 ^b
+1 vecka T axgång	0,37	0,32	0,35		0,42	0,28	0,34		0,35 ^c
Medel Art, Försök	0,45 ^a	0,37 ^b	0,38 ^b	***	0,48 ^a	0,33 ^c	0,39 ^b	***	

¹Sign. = signifikans: NS = ej signifikant, *, **, *** P -värde = 0,05, 0,01; 0,001; LSD_{0,05} = minsta signifikanta skillnad mellan två medelvärden i samspelen art x skördetidpunkt och försök x skördetidpunkt. ^{a,b,c}Medelvärden med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($P < 0,05$) för huvudeffekterna art, försök och skördetidpunkt. P -värde för effekt av skördetidpunkt var NS, * och *** för α -tokoferol, β -karotin respektive bladandel. $n = 9$ för art x skördetidpunkt och försök x skördetidpunkt; $n = 27$ för art, försök och skördetidpunkt; ²KT+T = käringtand + timotej, RK+T = rödklöver + timotej, RK+Ä = rödklöver + ängssvingel; ³-1 vecka T axgång = 1 vecka före timotejens axgång, T axgång = timotejens axgång, +1 vecka T axgång = 1 vecka efter timotejens axgång.

Tabell 3. α -tokoferol, β -karotin och bladandel hos **gräs** i blandningar skördade vid tre tidpunkter under första skörd i Umeå 2005 samt i Skara 2005 och 2007

Skördetidpunkt	Blandning			Sign. ¹ LSD _{0,05}	Försök			Sign. LSD _{0,05}	Skörde- tidpunkt
	KT+T ²	RK+T	RK+Ä		Umeå 2005	Skara 2005	Skara 2007		
<i>α-tokoferol</i>									
-1 vecka T axgång ³	49,9	44,3	61,0	NS	34,3	61,0	59,8	***	51,7 ^a
T axgång	44,8	34,2	52,2		33,4	55,6	42,2	7,40	43,7 ^b
+1 vecka T axgång	36,7	31,1	44,7		30,0	50,6	32,0		37,5 ^c
Medel Art, Försök	43,8 ^b	36,5 ^c	52,6 ^a	***	32,5 ^c	55,7 ^a	44,7 ^b	***	
<i>β-karotin</i>									
-1 vecka T axgång	30,5	35,8	39,4	NS	23,9	46,6	35,3	**	35,2 ^a
T axgång	33,6	35,4	41,7		23,2	53,5	34,0	5,05	36,9 ^a
+1 vecka T axgång	24,7	27,5	31,3		21,1	38,6	23,9		27,8 ^b
Medel Art, Försök	29,6 ^b	32,9 ^b	37,5 ^a	***	22,7 ^c	46,2 ^a	31,1 ^b	***	
<i>Bladandel</i>									
-1 vecka T axgång	0,38	0,41	0,57	*	0,36	0,51	0,49	NS	0,45 ^a
T axgång	0,30	0,32	0,42	0,057	0,25	0,40	0,38		0,35 ^b
+1 vecka T axgång	0,22	0,24	0,31		0,19	0,30	0,28		0,26 ^c
Medel Art, Försök	0,30 ^b	0,32 ^b	0,43 ^a	***	0,27 ^b	0,40 ^a	0,39 ^a	**	

¹Sign. = signifikans: NS = ej signifikant, *, **, *** P -värde = 0,05; 0,01; 0,001; LSD_{0,05} = minsta signifikanta skillnad mellan två medelvärden i samspelen art x skördetidpunkt och försök x skördetidpunkt. ^{a,b,c}Medelvärden med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($P < 0,05$) för huvudeffekterna art, försök och skördetidpunkt. P -värde för effekt av skördetidpunkt var ***, *** och *** för α -tokoferol, β -karotin respektive bladandel. $n = 9$ för art x skördetidpunkt och försök x skördetidpunkt; $n = 27$ för art, försök och skördetidpunkt

²KT+T = käringtand + timotej, RK+T = rödklöver + timotej, RK+Ä = rödklöver + ängssvingel

³-1 vecka T axgång = 1 vecka före timotejens axgång, T axgång = timotejens axgång, +1 vecka T axgång = 1 vecka efter timotejens axgång.

I Umeå 2006 hade käringtand mer α -tokoferol än rödklöver odlad med timotej men inte jämfört med rödklöver odlad med ängssvingel (45,1 vs. 29,8 och 44,1 mg/kg ts; $P < 0,05$). Bladandelen var högre i käringtand än i rödklöver (0,58 vs. 0,46; $P < 0,05$). Timotej odlad med käringtand innehöll mer α -tokoferol än timotej och ängssvingel odlade med rödklöver (57,1 vs. 32,8 och 31,5 mg/kg ts; $P < 0,05$) men bladandelen var högre i ängssvingel än i timotej (0,46 vs. 0,37; $P < 0,0001$). Innehållet av β -karotin skilde sig inte mellan baljväxter och gräsarter i Umeå 2006.

Återväxt. Baljväxterna och gräsen i Umeå 2005 minskade i α -tokoferolhalt när skörd av sex veckors återväxt fördröjdes från första till andra skördetillfället i första skörd för att därefter öka (tabell 4). När återväxten skördades åtta veckor efter första skörd i Umeå minskade också α -tokoferolhalten i baljväxterna med en veckas fördröjning och förblev låg även en vecka senare. Däremot påverkades inte α -tokoferolhalten i gräsen av tidpunkten hos första skörd i åtta veckors återväxt i Umeå (tabell 4).

Tabell 4. α -tokoferol, β -karotin och bladandel hos **baljväxter** och **gräs** skördade 6 och 8 veckor efter vardera skördetidpunkt under första skörd i Umeå 2005 samt i Skara 2005 och 2007

	Umeå 2005			Skara 2005			Skara 2007			Sign. ²
	Skörd ¹ 1	Skörd 2	Skörd 3	Skörd 1	Skörd 2	Skörd 3	Skörd 1	Skörd 2	Skörd 3	
Baljväxter										
<i>α-tokoferol</i>										
6 v. återväxt ³	37,0	18,7	34,8	71,9	37,7	25,1	28,5	31,3	31,8	***
8 v. återväxt	35,8	22,6	25,8	23,0	47,5	38,7	32,8	30,9	32,3	6,24
Försök x Skörd	36,4 ^c	20,7 ^e	30,3 ^d	47,5 ^a	42,6 ^b	31,9 ^d	30,6 ^d	31,1 ^d	32,1 ^d	***
<i>β-karotin</i>										
6 v. återväxt	57,6	41,1	69,1	97,4	54,7	26,5	52,9	43,9	46,6	***
8 v. återväxt	56,4	44,8	52,3	43,3	63,2	86,8	37,6	32,3	49,3	13,20
Försök x Skörd	57,0 ^b	43,1 ^c	60,7 ^b	70,4 ^a	58,9 ^b	56,7 ^b	45,2 ^c	38,1 ^c	47,9 ^c	*
<i>Bladandel</i>										
6 v. återväxt	0,39	0,39	0,47	0,39	0,38	0,43	0,38	0,40	0,44	NS
8 v. återväxt	0,27	0,32	0,37	0,29	0,32	0,32	0,29	0,34	0,36	
Försök x Skörd	0,33	0,36	0,42	0,34	0,35	0,38	0,33	0,37	0,40	NS
Gräs										
<i>α-tokoferol</i>										
6 v. återväxt	44,9	20,9	49,3	106,3	66,7	54,4	54,4	50,9	66,7	***
8 v. återväxt	43,5	38,5	43,3	43,9	73,7	54,8	60,2	65,3	63,1	11,12
Försök x Skörd	44,2 ^c	29,7 ^f	46,3 ^e	75,1 ^a	70,2 ^{ab}	54,6 ^d	57,3 ^{cd}	58,1 ^{cd}	64,9 ^{bc}	***
<i>β-karotin</i>										
6 v. återväxt	38,1	25,3	50,6	73,2	34,2	37,6	40,8	39,7	40,7	***
8 v. återväxt	49,6	37,0	47,2	33,2	46,7	59,9	33,6	28,5	53,1	12,21
Försök x Skörd	43,8	31,2	48,9	53,2	40,5	48,8	37,2	34,1	46,9	NS
<i>Bladandel</i>										
6 v. återväxt	0,64	0,74	0,71	0,64	0,70	0,61	0,65	0,77	0,77	NS
8 v. återväxt	0,58	0,69	0,68	0,55	0,60	0,58	0,61	0,70	0,75	
Försök x Skörd	0,61 ^{cd}	0,72 ^b	0,70 ^b	0,59 ^d	0,65 ^c	0,59 ^d	0,63 ^{cd}	0,74 ^{ab}	0,76 ^a	***

¹Skörd 1 = 1 vecka före timotejens axgång, Skörd 2 = timotejens axgång, Skörd 3 = 1 vecka efter timotejens axgång i första skörd. ²Sign. = signifikans: NS = ej signifikant, *, *** P -värde = 0,05; 0,001; LSD_{0,05} = minsta signifikanta skillnad mellan två medelvärden i samspelet försök x skördetidpunkt i första skörd (skörd) x skördetidpunkt för återväxt. ^{a,b,cd}Medelvärden med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($P < 0,05$) för samspelet försök x skördetidpunkt i första skörd (skörd). $n = 9$ för försök x skörd i första skörd x återväxt och $n = 18$ för försök x skörd i första skörd. ³6 v. återväxt och 8 v. återväxt = återväxt skördad 6 respektive 8 veckor efter vardera skördetillfälle i första skörd (skörd 1, skörd 2 och skörd 3).

I Skara 2005 minskade α -tokoferolhalten i baljväxterna och gräsen med senare tidpunkt hos första skörd i sex veckors återväxt men ökade vid senare skördetidpunkt i åtta veckors åter-

växt (tabell 4). Däremot påverkades inte α -tokoferolhalten i baljväxterna och gräsen av tidpunkten för första skörd i Skara 2007 förutom att halten ökade mellan de två sista skördetidpunkterna i sex veckors återväxt hos gräsen. Halten av β -karotin i baljväxter och gräs i återväxtskördarna följde i stort sett liknande mönster som α -tokoferolhalten mellan tidpunkterna för första skörd (tabell 4).

I Umeå 2005 minskade halterna av α -tokoferol och β -karotin i baljväxterna med senare skörd av återväxten endast efter den sista tidpunkten i första skörd (tabell 4). I Skara 2005 minskade vitamininnehållet i baljväxterna med senare återväxtskörd efter första tidpunkten i första skörd men ökade med senare återväxtskörd efter de två sista skördetillfällena i första skörd. Baljväxternas vitamininnehåll i återväxten i Skara 2007 påverkades inte av skördetidpunkt förutom att innehållet av β -karotin minskade med senare skörd av återväxten efter första tidpunkten i första skörd. Gräsens vitamininnehåll i Umeå påverkades inte av skördetidpunkt för återväxten förutom att α -tokoferolhalten ökade med senare skörd av återväxten efter andra tidpunkten av första skörd (tabell 4). Halterna av α -tokoferol och β -karotin i gräs i Skara 2005 minskade med senare skörd av återväxten efter första skördetillfället i första skörd. Dessutom ökade β -karotinhalten med senare återväxtskörd efter andra och tredje skördetillfället i första skörd i Skara 2005 och efter tredje skördetillfället i första skörd 2007. I Skara 2007 ökade α -tokoferolhalten i gräs med senare återväxtskörd efter andra tidpunkten i första skörd (tabell 4).

Käringtand innehöll mer α -tokoferol och β -karotin än rödklöver i samtliga försök (tabell 5). Bladandelen var dock lägre i käringtand än i rödklöver. Ängssvingel hade högre halter av α -tokoferol än timotej i samtliga försök men innehållet av β -karotin skilde sig inte mellan arterna. Bladandelen var högre i ängssvingel än i timotej i Umeå och i Skara 2005 men inte i Skara 2007 där det motsatta förhållandet rådde. Käringtand hade lika vitamininnehåll oavsett latitud medan rödklöver hade högre vitaminhalt i Skara än i Umeå förutom för β -karotin i rödklöver odlad med ängssvingel. α -Tokoferolhalten var högre i gräsen odlade i Skara än i Umeå (tabell 5).

Tabell 5. α -tokoferol, β -karotin och bladandel hos **baljväxter** och **gräs** i återväxtskörd av tre blandningar i Umeå 2005 samt i Skara 2005 och 2007. Värdena är medeltal över skördetidpunkter i återväxt och första skörd

Vitamin/Blad	Umeå 2005			Skara 2005			Skara 2007			Sign. ²
	KT+T ¹	RK+T	RK+Ä	KT+T	RK+T	RK+Ä	KT+T	RK+T	RK+Ä	
<i>Baljväxt</i>	<i>KT</i>	<i>RK</i>	<i>RK</i>	<i>KT</i>	<i>RK</i>	<i>RK</i>	<i>KT</i>	<i>RK</i>	<i>RK</i>	
α -tokoferol	49,8 ^a	17,2 ^d	20,4 ^{cd}	48,1 ^a	37,6 ^b	36,2 ^b	48,0 ^a	21,8 ^c	24,0 ^c	***
β -karotin	72,2 ^a	43,8 ^{cd}	44,8 ^{cd}	80,5 ^a	54,9 ^b	50,6 ^{bc}	50,7 ^{bc}	40,6 ^d	40,0 ^d	*
Bladandel	0,34 ^c	0,37 ^b	0,40 ^a	0,30 ^d	0,37 ^b	0,39 ^{ab}	0,31 ^d	0,40 ^a	0,40 ^a	*
<i>Gräs</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	<i>Ä</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	<i>Ä</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	<i>Ä</i>	
α -tokoferol	33,2 ^e	23,3 ^f	63,6 ^b	53,2 ^c	61,8 ^b	84,9 ^a	52,1 ^c	41,5 ^d	86,6 ^a	***
β -karotin	37,8	42,7	43,3	46,4	52,7	43,3	39,7	39,3	39,2	NS
Bladandel	0,55 ^c	0,58 ^c	0,88 ^a	0,50 ^d	0,47 ^d	0,87 ^a	0,70 ^b	0,86 ^a	0,57 ^c	***

¹KT+T = käringtand + timotej, RK+T = rödklöver + timotej, RK+Ä = rödklöver + ängssvingel. ²Sign. = signifikans: NS = ej signifikant, *, *** P -värde = 0,05; 0,001; ^{a,b,c,d,e}Medelvärden med olika bokstäver skiljer sig åt signifikant ($P < 0,05$) i samspelet försök x blandning.

Avkastningen hos återväxtskörden var mindre i Umeå än i Skara och mindre 2007 än 2005 i Skara (Umeå 2005: 3 513 kg ts/ha, Skara 2005: 3 888 kg ts/ha, Skara 2007: 3 146 kg ts/ha, $P < 0,001$). KT+T gav mindre avkastning än RK+T och RK+Ä (2 981 vs. 3 882 resp. 3 683 kg ts/ha, $P < 0,0001$). Avkastningen hos återväxten minskade från andra till tredje skördetid-

punkt i första skörd (3 616, 3 601 och 3 329 kg ts/ha, $P < 0,0001$) men ökade med senare skörd av återväxten (3 162 vs. 3 869, $P < 0,0001$).

I Umeå 2006 ökade α -tokoferolhalten i sex veckors återväxtskörd av käringtand med senare tidpunkt hos första skörd (50,7 vs. 67,6 mg/kg ts; $P < 0,001$). α -Tokoferolhalten i åtta veckors återväxt av rödklöver odlad med timotej ökade med senare tidpunkt i första skörd (27,6 vs. 66,0 mg/kg ts; $P < 0,001$) samtidigt som α -tokoferolhalten i åtta veckors återväxt av rödklöver odlad med ängssvingel minskade (46,6 vs. 33,5 mg/kg ts; $P < 0,001$). Timotej odlad med käringtand ökade sitt innehåll av α -tokoferol (32,2 vs. 60,5 mg/kg ts; $P < 0,001$) och β -karotin (15,7 vs. 30,1 mg/kg ts; $P < 0,05$) i åtta veckors återväxt med senare skördetid för första skörd. Samtidigt minskade ängssvingel sitt innehåll av α -tokoferol (86,5 vs. 68,8 mg/kg ts; $P < 0,001$) men ökade sitt innehåll av β -karotin (25,8 vs. 34,8 mg/kg ts; $P < 0,05$).

Diskussion

Käringtand innehöll mer α -tokoferol och β -karotin än rödklöver i både första skörd och återväxt, vilket stämmer överens med vår tidigare studie (Lindqvist *et al.*, 2011a). Den högre bladandelen i käringtand än i rödklöver i första skörd kan förklara en del av skillnaden i vitamininnehåll mellan baljväxterna eftersom blad innehåller mer av dessa vitaminer än stjälk (Park *et al.*, 1983; McDowell, 1989). Det är antagligen andra faktorer som också bidrar till det större vitamininnehållet i käringtand, speciellt i återväxten då bladandelen i käringtand var lägre än i rödklöver. Booth och Hobson-Frohock (1961) visade på att koncentrationen av α -tokoferol var högre i äldre blad med mer långsam tillväxt än i aktivt växande blad. Eftersom käringtand har en kortare vegetativ tillväxtperiod än rödklöver (Hammar skjöld, 2001) och att äldre blad innehåller mer vitaminer än yngre blad kan detta troligtvis vara en av förklaringarna till mer vitaminer i käringtand än i rödklöver.

Ängssvingel innehöll mer α -tokoferol än timotej i återväxten både i Skara och i Umeå 2005 fastän bladandelen inte alltid var högre i ängssvingel än i timotej. I första skörd hade ängssvingel högre koncentrationer av både α -tokoferol och β -karotin samt högre bladandel än timotej när odlad i Skara 2005 men det var generellt inga skillnader i vitaminer och bladandel mellan gräsen odlade i Umeå. Resultaten visar att bladandelen spelar en betydande roll för innehållet av α -tokoferol i gräs men att det även är andra faktorer, såsom gräsens olika tillväxtrytm under våren och senare under säsongen, som påverkar vitamininnehållet i växterna. Skillnader i vitaminhalt och bladandel mellan ängssvingel och timotej i Skara men ej i Umeå i första skörd kan troligtvis bero på skillnader i klimat, såsom dagslängd och till viss del temperatur, vilka påverkar växternas tillväxt och vitaminhalt (Hjarde *et al.*, 1963; Olsson *et al.*, 1955).

Det var en effekt av latitud på vallväxternas vitamininnehåll med den tydligaste effekten i gräsen med högre α -tokoferolhalt i gräs odlade i Skara än i Umeå i både första skörd och i återväxtskörd. Det var inte lika tydliga skillnader i baljväxternas innehåll av α -tokoferol mellan orterna. Skillnaderna återfanns främst i återväxten där rödklöver odlad i Skara hade mer α -tokoferol än rödklöver odlad i Umeå medan vitaminhalten i käringtand inte skilde mellan orterna. Detta tyder på att det finns ett samspel mellan baljväxternas tillväxtförmåga och klimatfaktorer, som påverkar baljväxternas vitamininnehåll på de olika orterna. Skillnader i växternas vitamininnehåll mellan åren 2005 och 2007 i Skara visar också att årsmånen påverkar vitamininnehållet i vallväxter (Hjarde *et al.*, 1963).

Vitamininnehållet i vallväxterna i Umeå påverkades inte lika mycket av skördetidpunkt i första skörd och återväxt som i vallväxterna i Skara. Det finns därför ett bredare skördefönster med avseende på maximalt vitamininnehåll i vallen i Umeå än i Skara. När det gäller Skara är det variationen i vitamininnehåll i återväxten som avgör skördetidpunkt för maximalt vitamininnehåll eftersom skördetidpunkten har mindre betydelse för vitaminhalten i vallen i första skörd. För att maximera vitamininnehållet i vallväxterna i Skara bör första skörd tas en vecka före timotejens axgång och återväxten sex veckor efter första skörd. Vitamininnehållets känslighet för vallväxternas skördetidpunkt i Skara kan dock variera mellan år eftersom det var stabilare vitamininnehåll i vallväxterna mellan skördetidpunkterna i återväxtskördarna 2007 jämfört med 2005.

Den variation som finns i vallväxternas innehåll av α -tokoferol och β -karotin beroende av art, skördetillfälle och latitud spelar stor roll på mängden vallfoder som behövs för att täcka en mjölkkos behov (Lindqvist *et al.*, 2011a).

Slutsatser

Käringtand och ängssvingel hade ofta större vitamininnehåll än rödklöver och timotej men skillnader mellan arterna varierade med odlingsplats, som skilde i dagslängd. Skillnader i klimat mellan olika odlingsplatser kan påverka växternas tillväxt och bladandel, vilka tydligt har relativt stor betydelse för vitamininnehållet i vallväxter och därmed för deras känslighet för optimal skördetidpunkt med avseende på vitamininnehåll.

Publikationer och övrig resultatförmedling till näringen

Referee-granskade artiklar och manuskript

Lindqvist, H., Nadeau, E. och Jensen, S.K. 2011. Alpha-tocopherol and β -carotene in legume-grass mixtures as influenced by wilting, ensiling and type of silage additive. *Grass and Forage Science* (In Press) doi: 10.1111/j.1365-2494.2011.00827.x.

Lindqvist, H., Nadeau, E., Persson Waller, K., Jensen, S.K. och Johansson, B. 2011. Effects of RRR- α -tocopheryl acetate supplementation during the transition period on vitamin status in blood and milk of organic dairy cows during lactation. *Livestock Science*, 142, 155-163.

Lindqvist, H., Nadeau, E., Jensen, S.K. och Søgaard, K. α -Tocopherol and β -carotene contents in different forage species in a four-cut system. Manuscript to be submitted to *Grass and Forage Science* December 2011.

Lindqvist, H., Gustavsson, A.-M., Nilsson-Linde, N., Jensen, S.K. och Nadeau, E. Effects of cultivating site, species and harvest date on contents of α -tocopherol and β -carotene in forage grasses and legumes I. Spring growth. Manuscript to be submitted to *European Journal of Agronomy* 2012.

Lindqvist, H., Nadeau, E., Nilsson-Linde, N., Jensen, S.K. och Gustavsson, A.-M. Effects of cultivating site, species and harvest date on contents of α -tocopherol and β -carotene in forage grasses and legumes II. Summer growth. Manuscript to be submitted to *European Journal of Agronomy* 2012.

Avhandling av Hanna Lindqvist med preliminär titel ”Alpha-tocopherol and β -carotene of forages and their utilisation by dairy cows in organic production”. Disputation april 2012.

Konferensartiklar

Lindqvist, H., Nadeau, E., Persson Waller, K., Jensen, S.K. och Johansson, B. 2011. Effects of RRR- α -tocopheryl acetate supplementation during the transition period on vitamin status in blood and milk of organic dairy cows during lactation. Proc. The 2nd Nordic Feed Science

Conference, 15-16 June, Uppsala, Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. Animal Nutrition Management. Report 277, 86-90.

Danielsson, H., Nadeau, E., Gustavsson, A.-M., Jensen, S.K., Søegaard, K. och Nilsson-Linde, N. 2008. Contents of α -tocopherol and β -carotene in grasses and legumes harvested at different maturities. *Grassland Science in Europe*, Vol. 13, 432-434.

Konferensabstracts

Lindqvist, H., Nadeau, E. och Jensen, S.K. 2009. Vitamin concentration of legume-grass silages treated with different additives. Proc. Int. Conf. "Forage legumes in temperate pasture-based systems" October 15-16, Cork, Ireland. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* Draft Issue: 135, 135.

Danielsson, H., Carvelid, N., Richardsson, J., Nadeau, E., Gustavsson, A.-M., Jensen, S.K., Nilsson-Linde, N. och Søegaard, K. 2005. Vitaminer i ekologiskt odlade vallbaljväxter och gräs. Ekologiskt lantbruk "Att navigera i en ny tid", SLU, Ultuna 22-23 november. Centrum för uthålligt lantbruk, SLU. (Poster), 275.

Populärvetenskapliga artiklar

Jensen, S.K., Søegaard, K., Sehested, J., Lindqvist, H. och Nadeau, E. 2010. Indflydelse af høstmetode og konservering på vitamin- og fedtsyreindhold. Temamöte FØJO 10 september. 5 s.

Jensen, S.K., Hymøller, L., Søegaard, K., Lindqvist, H. och Nadeau, E. 2010. Vitaminer og fedtsyrer i hø og ensilage – hvad sker der ved forvejrning og lagring? ICROFS nyt 2, 6-7.

Slutrapport till SLF

Lindqvist, H., Nadeau, E., Gustavsson, A.-M., Jensen, S.K., Nilsson-Linde, N. och Søegaard, K. 2008. Vitaminer i ekologiskt odlade vallbaljväxter och gräs (Vitamins in organically grown forage legumes and grasses).

Studentarbete

Richardsson, J. och Carvelid, N. 2006. Ekologiskt vallförsök om vitaminer och övrigt näringsinnehåll. Projektarbete. Kvalificerade Yrkesutbildningen Agrotekniker.

Björck, E. 2008. Vallfödrets betydelse i fårproduktionen. Projektarbete. Kvalificerade Yrkesutbildningen Agrotekniker.

Notiser i lantbrukspressen

Karlsson, L. 2008. Käringtand toppar vitaminligan. *Husdjur* 3, 14-15.

Beskrivning av projektet på institutionens hemsida www.hmh.slu.se

Muntliga presentationer

Poster vid **Ekologiska konferensen**, SLU Ultuna, 22-23 november 2005. CUL, SLU.

Presentation av Hanna Danielsson.

Muntlig presentation av Hanna Danielsson om ensileringsstudien på **kurs för ekologiska rådgivare** vid Länsstyrelse och Hushållningssällskap den 14 september 2006, Umeå.

Kursansvariga: Torbjörn Pettersson och Lis-Britt Carlsson, Jordbruksverket.

Muntlig presentation av Hanna Danielsson om ensileringsstudien på **Svenska Vallföreningens sommarmöte**, Nötcenter Viken, Falköping 3 augusti 2007. Arrangörer: Skaraborgs Vallförening, HS Skaraborg och SLU Skara.

Föredrag av Hanna Danielsson på EGF-konferensen i Uppsala 2008.

Muntliga presentationer av Hanna Danielsson om resultaten från vallförsöket och ensileringsstudien vid **projektgruppsmöten**.

Referenser

Ballet, N., Robert, J.C. och Williams, P.E.V. 2000. *Vitamins in forages*. Wallingford UK: CABI Publishing.

- Booth, V.H. och Hobson-Frohock, A. 1961. Alpha-tocopherol content of leaves as affected by growth rate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 12, 251-255.
- Danielsson, H., Nadeau, E., Gustavsson, A.-M., Jensen, S.K., Søgaard och Nilsdotter-Linde, N. 2008. Contents of α -tocopherol and β -carotene in grasses and legumes harvested at different maturities. *Grassland Science in Europe*, Vol. 13, 432-434.
- Dersjant-Li, Y. och Peisker, M. 2010. Utilization of stereoisomers from alpha-tocopherol in livestock animals. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 94, 413-421.
- Hammarskjöld, G. 2001. Nutritional qualities of four temperate forage legumes – Chemical composition of red clover, lucerne, birdsfoot trefoil and fodder galega during primary growth and two morphological methods for predicting feeding qualities of forage legumes. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. Ecology and Crop Production Science. Examensarbeten/Seminarieuppsatser 33. 28 pp.
- Havemose, M.S., Weisbjerg, M.R., Bredie, W.L.P. och Nielsen, J.H. 2004. Influence of feeding different types of roughage on the oxidative stability of milk. *International Dairy Journal*, 14, 563-570.
- Hjarde, W., Hellstrom, V. och Åkerberg, E. 1963. The contents of tocopherol and carotene in red clover as dependent on variety, conditions of cultivation and stage of development. *Acta Agric. Scand.*, 13, 3-16.
- Jensen, S.K., Jensen, C., Jakobsen, K., Engberg, R. M., Andersen, J.O., Lauridsen, C., Sørensen, P., Skibsted, L.H. och Bertelsen, G. 1998. Supplementation of broiler diets with retinol acetate, β -carotene or canthaxanthin: Effect on vitamin status and oxidative status of broilers in vivo and on meat stability. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A-Animal Science*, 48, 28-37.
- Jensen, S.K., Johannsen, A.K.B. och Hermansen, J.E. 1999. Quantitative secretion and maximal secretion capacity of retinol, β -carotene and α -tocopherol into cows' milk. *Journal of Dairy Research*, 66, 511-522.
- Lindqvist, H., Nadeau, E. och Jensen, S.K. 2011a. Alpha-tocopherol and β -carotene in legume-grass mixtures as influenced by wilting, ensiling and type of silage additive. *Grass and Forage Science* (In Press) doi: 10.1111/j.1365-2494.2011.00827.x.
- Lindqvist, H., Nadeau, E., Persson Waller, K., Jensen, S.K. och Johansson, B. 2011b. Effects of RRR- α -tocopheryl acetate supplementation during the transition period on vitamin status in blood and milk of organic dairy cows during lactation. *Livestock Science*, 142, 155-163.
- Lynch, A., Kerry, J.P., Buckley, D.J., Morrissey, P.A., Lopez-Bote, C. 2001. Use of high pressure liquid chromatography (HPLC) for the determination of α -tocopherol levels in forage (silage/grass) samples collected from different regions in Ireland. *Food Chemistry*, 72, 521-524.
- McDowell, L.R. 1989. Vitamins in animal nutrition: Comparative aspects to human nutrition. Academic press, San Diego, California.
- McDowell, L.R. 2000. Vitamins in animal and human nutrition, second ed. Iowa State University Press, Iowa.
- Meglia, G.E., Jensen, S.K., Lauridsen, C. och Waller, K.P. 2006. Alpha-tocopherol concentration and stereoisomer composition in plasma and milk from dairy cows fed natural or synthetic vitamin E around calving. *Journal of Dairy Research*, 73, 227-234.
- Mercier, Y., Gatellier, P. och Rennerre, M. 2004. Lipid and protein oxidation in vitro, and antioxidant potential in meat from charolais cows finished on pasture or mixed diet. *Meat Science*, 66, 467-473.
- Olsson, N., Åkerberg, E., och Blixt, B. 1955. Investigations concerning formation, preservation and utilization of carotene. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 5, 113-184.
- Park, Y.W., Anderson, M.J., Walters, J.L. och Mahoney, A.W. 1983. Effects of processing methods and agronomic variables on carotene contents in forages and predicting carotene in alfalfa hay with near-infrared-reflectance spectroscopy. *Journal of Dairy Science*, 66, 235-245.
- Van Saun, R.J., Herdt, T.H. och Stowe, H.D. 1989. Maternal and fetal vitamin E concentrations and selenium-vitamin E interrelationships in dairy cattle. *Journal of Nutrition*, 119, 1156-64.
- Weiss, W.P., Hogan, J.S. och Wyatt, D.J. 2009. Relative bioavailability of *all-rac*/ and RRR vitamin E based on neutrophil function and total alpha-tocopherol and isomer concentrations in periparturient dairy cows and their calves. *Journal of Dairy Science*, 92, 720-731.