

乳牛における飼養条件とビタミンAの添加効果

上村俊一・扇 勉*・高橋雅信*・塚本 達*

(家畜臨床繁殖学研究室)

平成3年8月10日 受理

Supplementary Effects of Vitamin A on Cows under Different Forage Conditions

Shunichi KAMIMURA, Tsutomu OHGI*,
Masanobu TAKAHASHI* and Tatsushi TSUKAMOTO*
(Laboratory of Veterinary Reproduction)

結 言

高泌乳牛では、その生理的特性から分娩前後に栄養素のアンバランス (input と output の不均衡) や欠乏に起因する生産病¹⁶⁾や繁殖障害が発生しやすく、酪農経営にとって大きな問題となっている。一方、脂溶性ビタミンであるビタミンAは生体の発育、上皮組織や視覚機構の維持、繁殖に不可欠な栄養素であり¹¹⁾、牛での欠乏症も報告^{2,9,14)}されている。また、潜在性乳房炎対策として脂溶性ビタミンの投与が生乳中体細胞数に影響するとの報告もある^{1,15)}。このため酪農家では脂溶性ビタミン製剤の多量投与が日常的に行われているが、粗飼料中に元来あるビタミンの含量や飼養形態が異なる条件下での添加効果については未だ不明の部分も多く、必ずしも十分な効果が上がっていない。

植物中のカロチンは、乳牛の小腸上皮でビタミンAに変換され肝臓に貯蔵されるが、カロチンとしても吸収される。一方、植物中の各種カロチンの中でβカロチンはビタミンA前駆体として生物学的活性が最も高いとされるが¹¹⁾、牧草中のβカロチン含量は牧草の品種や天候、調製、貯蔵条件により幅広く変動し^{5,6,7)}、粗飼料中のβカロチン含量が低い場合と高い場合ではビタミン剤の添加効果も異なってくる⁷⁾。さらに、分娩前後の乳牛に対するビタミン剤の投与は母牛ばかりでなく、初乳中のビタミン含量にも影響し、それを哺乳する新生子牛への効果も重要となる。

本研究では、牧草の収穫や調製方法が粗飼料中のβカロチン含量に及ぼす影響と、粗飼料中のβカロチン含量が高い場合と低い場合でのビタミンA製剤の添加が乳牛に及ぼす影響を検討した。

材 料 と 方 法

1. 粗飼料中のβカロチン含量の変動

北海道立根釧農業試験場で生産された青刈り生草、中水分牧草サイレージ、低水分牧草サイレージ、および梱包乾草について一般成分を測定するとともに、牧草サンプルを採取後ただちにマイクロ波を2.5分照射し、植物中の酵素活性を抑制した後、βカロチン含量を高速液体クロマトグラフLC-6A(島津、東京)により測定した¹²⁾。草地はチモシー主体混播草地で、青刈りでは6月1日から11月10日まで毎朝刈り取り、期間中は1~4番草までの生草を週1回サンプリングし、また同日植生調査を行った。6月20日の出穂期に刈り取った中水分牧草サイレージでは、1~2日予乾後水分57~67%でタワーサイロに貯蔵した。7月7日の開花期に刈り取った低水分牧草サイレージでは、乾燥途中の降雨で調製が遅れ、最終的に水分41%としてタワーサイロに貯蔵した。乾草では、チモシー主体混播草地の2番草を9月26日の開花期に刈り取り、調製途中に降雨があり、6日後にコンパクトベールに梱包した。

2. ビタミンA製剤の乳牛に対する添加効果

供試飼料はTable 1に示す通りで、乾乳期は乾草主体、泌乳期は出穂期に刈り取った中水分牧草サイレージ(高βカロチン飼料:乾物中110mg/kg)、あるいは開花期に刈り取った低水分牧草サイレージ(低βカロチン飼料:乾物中23mg/kg)を分娩前後

*北海道立根釧農業試験場, 北海道標津郡中標津町, 086-11
Hokkaido Prefectural Konsen Agric. Exp. Stat., Naka-
shibetsu, Hokkaido, 086-11

Table 1. Chemical composition and digestible nutrients of forages (%)^{*1}

Forage	Dry matter	Crude protein	Crude fat	NFE	Crude fiber	DCP	TDN
Medium moisture silage ^{*2}	42.7	12.8	4.75	40.3	34.1	7.80	68.2
Low moisture silage ^{*3}	58.7	10.1	3.79	44.8	35.8	5.25	59.8
Hay	82.6	12.1	2.41	48.8	29.8	6.63	52.5
Concentrate	85.6	19.2	3.50	68.3	4.4	16.0	91.4

^{*1} % of dry matter

^{*2} Medium moisture silage contains higher level of beta-carotene, 110 mg/kg. DM

^{*3} Low moisture silage contains lower level of beta-carotene, 23 mg/kg. DM

の乳牛に給与した。飼料給与量は、日本飼養標準¹³⁾に準拠し、濃厚飼料は乳量に応じて分離給与した。供試牛は、まず高βカロチン飼料給与と低βカロチン飼料給与に分けられ、それぞれビタミンA添加区と無添加の対照区の4頭ずつに分娩時期と産次が偏らないように振り分けた。試験期間は、分娩前は分娩予定日の5週前から、分娩後は16週までとした。ビタミンA製剤(コンセンADミックス:成分1kg中ビタミンA油:2,000,000IU, ビタミンD₃油:400,000IU, 賦形物質:米ぬか油かす, 日本Roche, 東京)を添加区では1日当たり50g濃厚飼料に混合し給与した。

各試験牛の体重は毎週火曜日に測定し、飼料摂取量は飼料給与のたびに残飼量を記録し、これを給与量から差引き求めた。また、給与飼料の成分値を常法により求め、消化率は去勢めん羊4頭を用いた消化試験法により算出した。乳質検査は、毎週火曜日の朝、夕採取し、サンプル毎に分析して重量比で1日乳とし、乳脂肪率、乳蛋白率、乳糖率はミルコスキヤン103B (Fos Electric, Denmark)、体細胞数はフォソマチック90 (Fos Electric, Denmark) を用いて分析した。血液のサンプリングは、分娩前5週から分娩後16週まで1週~2週間間隔で頸静脈より行い、生乳は分娩直後から7日目までは毎日朝、夕、その後は分娩後16週まで週1回行った。血液中および生乳中のビタミンA(アルコール型;レチノールとして測定)及びβカロチンの分析は、高速液体クロマトグラフ法¹²⁾により求めた。繁殖成績として、直腸検査並びにリニア型Bモード超音波画像診断装置ALOKA-630(アロカ, 東京)により分娩後の初回排卵日数や子宮修復日数を調べ、卵巣機能検査として分娩後7日目より週2回採血し、血液中プロゲステロン濃度をOvucheck EIA Kit (Cambridge Life Sciences, England)により測定した。

人工授精は、分娩後45日以降の発情で、子宮内

炎などの異常が無いものに対し実施した。受胎日数は、分娩後受胎に要した最終人工授精までの日数とした。

結 果

1. 粗飼料中のβカロチン含量の変動

(1) 青刈り生草

1番草や2番草では、βカロチン含量は草の生育ステージが進むとともにほぼ直線的に低下したが、この傾向は3番草や4番草では見られなかった(Fig. 1)。生草中のβカロチン含量と植生割合のマメ科率との関係を各番草毎に検討したところ、1番草、2番草では正の相関関係にあったが、3番草や4番草では全体的にマメ科率が高まり、また刈り取り時期により変動するため一定の傾向は得られなかった。牧草中の部位別のβカロチン含量を、6月10日に青刈りした着蕾期のホワイトクローバと出穂期のオーチャードグラスについて調査した。その結果、ホワイトクローバでは葉部で乾物あたり1,174mg/kg、茎部で231mg/kg、全体で882mg/kgあり、一方オーチャードグラスは穂部に176mg/kg、茎部に633mg/kg、全体で410mg/kgとなり、植物体の中でβカロチンは葉部に多く存在し、マメ科草がイネ科より多

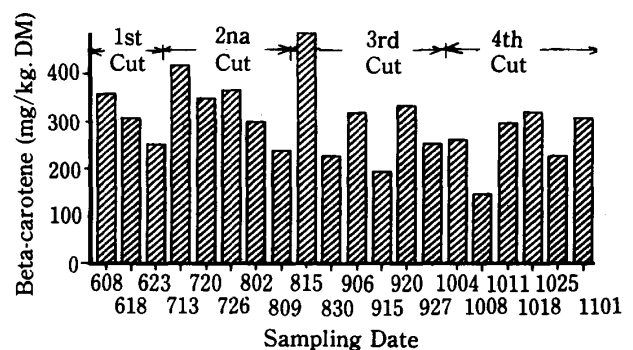


Fig. 1. Analysis of beta-carotene contents in 4 cuts of fresh green grasses harvested in the same meadow.

かった。

(2) 牧草サイレージおよび乾草の調製中におけるβカロチンの損失

低水分牧草サイレージのβカロチン含量は調製過程で著しく低下し、7月7日の刈り取り直前は乾物あたり230mg/kgあったものが、翌日には148mg/kgとなり、途中降雨のため調製が遅れ、7月11日のサイロ詰めの際には23.5mg/kgとなった(Fig. 2)。同年、12月にサイロを開封した際には、19.9mg/kg(調製時の79%)と貯蔵中にも減少していた。また、乾草調製中には、9月21日の植生調査時にβカロチン含量が235mg/kgあったものが、9月26日早朝刈り取り後、午前12時には163mg/kgとなった。その後、途中2回の降雨で調製が遅れ、最終的に6日後の10月2日にコンパクトボールに梱包した際には22mg/kgと、原料草の約10分の1に減少した(Fig. 3)。また、その後の貯蔵中にも減少し、1ヶ月後の給与時には4.6mg/kg(調製時の21%)となった。低水分牧草サイレージや乾草のようにβカロチン含量が230mg/kg前後の原料草では、調製中のβカロチンの損失は刈り取り後の調製日数を自然対数とする2次曲線によって表すことができ、 $Y=234.8-$

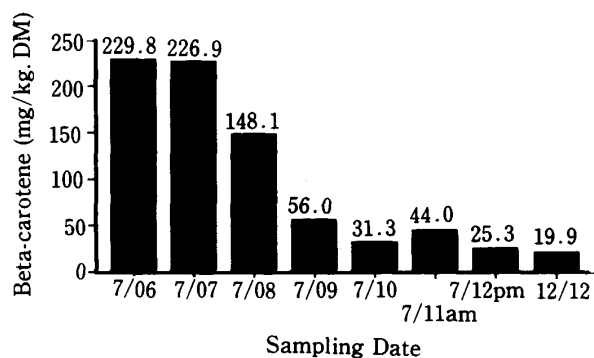


Fig. 2. Losses of beta-carotene in low moisture silage during drying.

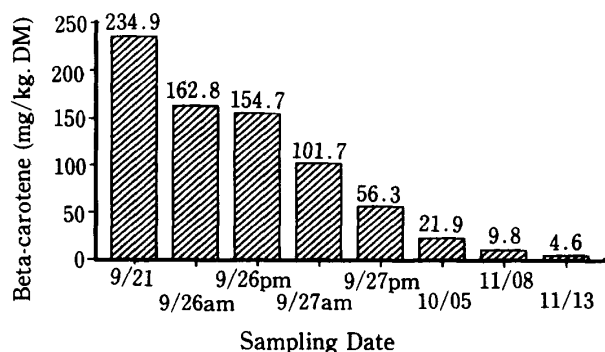


Fig. 3. Losses of beta-carotene in hay during drying.

$219.3 \times (\ln X) + 55.8 \times (\ln X)^2$ ($r=0.98$) 但し、 Y =牧草調製時のβカロチン含量 (mg/kg・DM)、 $\ln X$ =自然対数(刈り取り後日数+1)となった。

2. ビタミンA製剤の乳牛に対する添加効果

(1) 血液中のビタミンAおよびβカロチン濃度

血液中のビタミンA濃度は、分娩前1週から分娩に向け急激に低下し、分娩時平均20μg/dl以下となり、分娩後2週目より増加し、6週以降35~45μg/dlの範囲に収束した(Fig. 4)。試験期間中、粗飼料の違いやビタミンA製剤の添加による差異は特にみられなかった。3頭の牛について別に分娩日、2週、4週目に肝臓バイオプシーを行い、肝臓中のビタミン濃度を測定したところ、レチノールの平均値はそれぞれ7.9μg/g、3.2μg/g、12.1μg/gと変動し、レチニルパルミテートは67.1μg/g、51.6μg/g、81.8μg/gといずれも2週目に低下する傾向にあった。一方、血液中βカロチン濃度は分娩時なだらかに低下し、2週以降増加したが(Fig. 5)、ビタミンA製

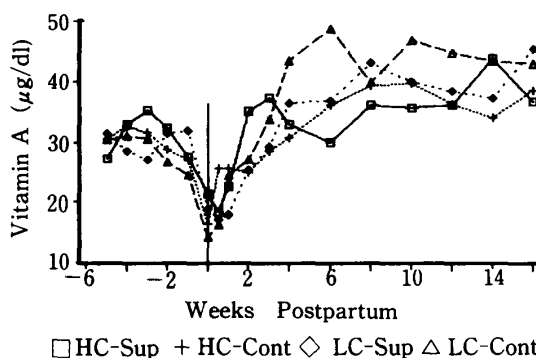


Fig. 4. Changes of serum vitamin A in cows fed with high carotene (HC) and low carotene (LC) silages with (Sup) and without (Cont) vitamin A supplementation.

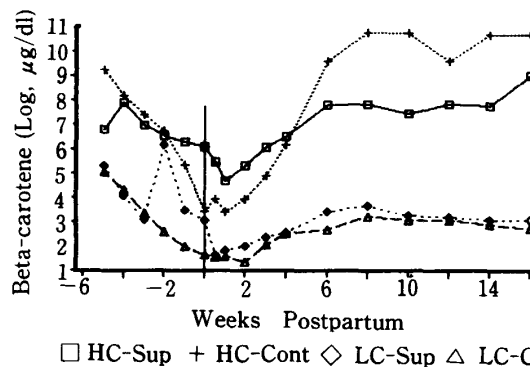
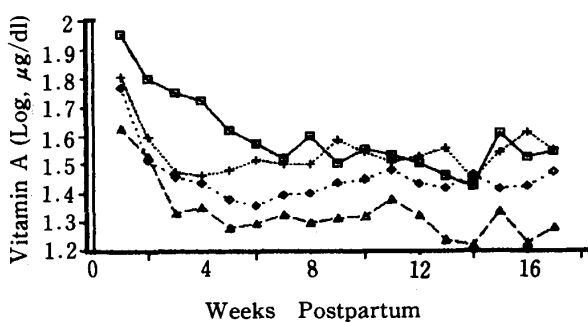


Fig. 5. Changes of serum beta-carotene in cows fed with high carotene (HC) and low carotene (LC) silages with (Sup) and without (Cont) vitamin A supplementation.

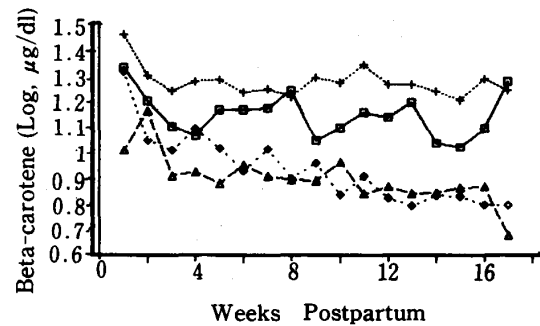
Table 2. Analysis of vitamin constituents of colostrum in cows fed with high carotene (HC) and low carotene (LC) silages with (Sup) and without (Cont) vitamin A supplementation

Group	Vitamin A				Beta-carotene			
	Day 0	Day 1	Day 3	Day 5	Day 0	Day 1	Day 3	Day 5
	μg/dl				μg/dl			
HC silage								
Sup	436.0	182.2	93.7	73.9	213.2	63.7	24.9	15.0
Cont	267.1	91.7	64.5	43.8	361.1	72.1	30.8	16.7
LC silage								
Sup	255.0	159.4	80.7	48.2	210.9	128.5	51.8	19.4
Cont	176.1	72.0	40.0	26.5	122.0	43.9	16.4	9.9



□ HC-Sup + HC-Cont ◇ LC-Sup △ LC-Cont

Fig. 6. Changes of milk vitamin A in cows fed with high carotene (HC) and low carotene (LC) silages with (Sup) and without (Cont) vitamin A supplementation.



□ HC-Sup + HC-Cont ◇ LC-Sup △ LC-Cont

Fig. 7. Changes of milk beta-carotene in cows fed with high carotene (HC) and low carotene (LC) silages with (Sup) and without (Cont) vitamin A supplementation.

Table 3. Analysis of vitamin constituents of serum in new born calves delivered by dams fed with high carotene (HC) and low carotene (LC) silages with (Sup) and without (Cont) vitamin A supplementation

Group	Vitamin A			Beta-carotene		
	Day 0	Day 3	Day 7	Day 0	Day 3	Day 7
	μg/dl			μg/dl		
HC silage						
Sup	10.0	19.5	19.5	0	8.9	17.1
Cont	7.6	21.1	18.9	1.0	17.8	18.7
LC silage						
Sup	7.4	13.4	14.9	0.4	2.4	3.2
Cont	6.3	15.0	17.8	0	6.3	3.5

剤の添加による差異はみられず、むしろ給与飼料中のβカロチン含量を反映し、高カロチン飼料を給与した乳牛が低βカロチン飼料を給与した乳牛より有意に高かった ($P < 0.05$).

(2) 生乳中のビタミンA及びβカロチン濃度

初乳中のビタミンA濃度は分娩後急激に低下したが、給与飼料中のβカロチン含量が高い場合でも低い場合でもビタミンA製剤の添加区が対照区より高い傾向にあった (Table 2). 生乳中のビタミンA濃

度の変動は、高βカロチン飼料を給与している乳牛では分娩後6週まではビタミンA製剤の添加区が高かったが、それ以降は両者に差が無かった (Fig. 6). 一方、初乳中のβカロチン濃度は、分娩後急激に低下したが、ビタミンAの処理による差は高βカロチン飼料では無かったが、低βカロチン飼料では添加区が高い傾向にあった (Table 2). 試験期間中、生乳中のβカロチン濃度は高βカロチン飼料給与牛が低βカロチン飼料給与牛より高かったが、ビタミ

Table 4. Somatic cell counts in milk and numbers of newly infected quarters in postpartum cows

Group	Weeks postpartum							
	0-4		5-8		9-12		13-16	
	SCC* ¹	Inf. Qts.* ²	SCC	Inf. Qts.	SCC	Inf. Qts.	SCC	Inf. Qts.
HC silage								
Sup	46	6/16	65	1/16	22	0/16	70	2/16
Cont	109	5/16	73	3/15	37	0/15	68	0/15
LC silage								
Sup	79	4/16	37	0/16	26	0/16	26	0/16
Cont	103	4/16	429	3/16	88	1/16	154	0/16

*¹ SCC: Somatic cell counts×1,000/ml*² Inf. Qts.: Newly infected quarters/Total quarters

Table 5. Days required from calving to ovulation, first artificial insemination (AI) and conception, peak progesterone and occurrence of reproductive disorders

Group	Ovulation			Peak P4*			First AI	Conception	Retained Placenta	Uterine Metritis
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd				
	— days —			— ng/ml —			— days —		— No. of cows —	
HC silage										
Sup	32.8	51.0	68.3	4.3	6.2	8.9	76.8	102.3	1	0
Cont	25.7	50.7	74.7	7.3	6.7	10.0	82.0	82.0	0	0
LC silage										
Sup	21.3	42.8	63.5	7.7	7.4	8.8	62.5	109.5	1	0
Cont	19.3	41.3	64.8	4.9	7.9	8.9	69.8	97.3	0	2

*Peak P4: Peak levels of plasma progesterone after first, second and third ovulations

ンA製剤の添加による有意差は特に見られなかった (Fig. 7).

(3) 新生子牛の血液中ビタミンA及びβカロチン濃度

新生子牛の血液中ビタミンA濃度は分娩直後に比べ3日目には上昇したが、母牛の処理による差は認められなかった (Table 3)。一方、βカロチン濃度も分娩直後に比べ3日目には上昇し、3日目および7日目において母牛に高βカロチン飼料を給与した子牛が低βカロチン飼料給与より高かったが、ビタミンA製剤の添加による有意差は特に見られなかった (Table 3)。

(4) 乳房炎の発生状況

生乳中の体細胞数は、低βカロチン飼料の対照区で乳頭の損傷による乳房炎 (1頭) とグラム陽性細菌による持続感染 (1頭) があり多かったが、それ以外はいずれも概ね10万/ml以下であった (Table 4)。乳房炎感染分房数では、分娩時から分娩後4週までは差が無く、5週から8週までの新規感染分房数でビタミンAの対照区が高βカロチン飼料で3/15個、低βカロチン飼料で3/16個と添加区 (高βカロチン飼料: 1/16, 低βカロチン飼料: 0/

16) に比べ多かったが、9週以降では処理による一定の傾向は見られなかった。

(5) 繁殖成績

高βカロチン飼料の対照区で第3回排卵後のプロジェステロン濃度のピーク値が高く受胎までの日数が短い傾向にあったが、他の処理区との間に有意差は見られなかった (Table 5)。なお、高βカロチン飼料のうち添加区の1頭はリピートブリーダーで、対照区の1頭は初回排卵が分娩後72日と遅れ、ともに分娩後150日以上不妊となったため繁殖成績より除外した。また、低βカロチン飼料給与牛で胎盤停滞1頭、子宮内膜炎2頭が発生したが、抗生物質の子宮内投与により治癒し、分娩後89日、65日、150日で受胎した。

考 察

乳牛に対してビタミンAの添加が必要な場合として、低品質の飼料給与や粗飼料給与量が少ない時、子牛に対して初乳や全乳の給与量が少ない時、あるいは低カロチンのコーンサイレージと濃厚飼料主体の給与時などがあげられる¹⁰⁾。牛は本来、粗飼料中のカロチン、特にβカロチンを摂取することにより体

内でビタミンAに転換しているが、牧草中の β カロチンは調製、貯蔵条件により大きく変動する^{5,6,7)}。本研究でも青刈り生草の1, 2番草では生育ステージが進むに連れ、 β カロチン含量がほぼ直線的に低下し、牧草サイレージや乾草の調製中でも β カロチン含量は急激に低下し、梱包まで6日かかった乾草では原料草に比べおよそ10分の1に減少した。一方、調製後の発酵及び貯蔵中にも β カロチンは消失し、給与時には良質中水分サイレージでは調製時の53%、低水分サイレージでは79%、乾草では21%となった。牧草中の β カロチンの破壊について Kalac & McDonald⁷⁾は、原料草細胞中のクロロフィルと細胞固有のヘマチン、特に過酸化物質とチトクロームC、および葉緑体とミトコンドリア中のヘム蛋白を触媒とした光化学作用の結果起こるとしている。

ビタミンA製剤の添加が分娩前後の乳牛に及ぼす影響を、給与飼料中の β カロチン含量を変え検討したところ、添加の有無による血液中のビタミンAおよび β カロチン濃度に差がみられず、いずれも分娩前後で低下した。これはビタミンAは肝臓中にかなりの量が貯蔵されるため、ビタミン添加の有無や給与飼料の違いが直接的には血液中濃度に反映しなかったものと推測される。木村らは⁸⁾、分娩前8週からビタミンA製剤50,000IUを連日投与したにもかかわらず、血液中ビタミンA濃度が低下したのは摂取エネルギー不足に伴った体脂肪の動員に伴う脂肪肝の発生があったため、肝臓でのレチノール結合蛋白代謝が阻害され、血液中へのビタミンA代謝が障害されたためと推測している。本研究で、3頭の牛について肝臓中のビタミン濃度を測定したところ、2週目に低下する傾向にあり、一方、血液中のビタミンA濃度は分娩直後に最低値を示し、2週後には再び増加していることから、肝臓中のビタミンAが分娩直後の乳腺における初乳生産のため、多量動員されたことが示唆される。Eaton et al.²⁾は、子牛の血液中ビタミンA濃度が $20\mu\text{g}/\text{dl}$ ではビタミンAの欠乏徴候が現われ、 $10\mu\text{g}/\text{dl}$ 以下では高度の欠乏状態となり、この際肝臓中のビタミンA含量は $1\mu\text{g}/\text{g}$ 以下であったとしている。本研究でも、分娩時から1週目にかけて血液中のビタミンA濃度が $20\mu\text{g}/\text{dl}$ 以下の欠乏値にあったが、臨床的にはビタミンA欠乏症状はなく、これは給与飼料が牧草サイレージ主体で、TDNやDCP摂取量は日本飼養標準に準拠するよう濃厚飼料を給与し、肝臓中にもビタミンAが充分あったためと思われる。しかし、低 β カロチン

飼料の対照区では分娩前2週から分娩後3日まで血液中ビタミンAおよび β カロチン濃度とも他の3群より低く、また初乳中のビタミンA濃度も低かった。Miller et al.⁹⁾は、 β カロチン含量が少ないコンサイレージを主体とした高エネルギー飼養では血液中のビタミンA濃度が低下し、この際肝臓中のビタミンA含量も低下し、最終的にはビタミンA欠乏症状を示したとしている。

牛の乳房炎発症に関しては多くの要因が存在するが、ビタミンAは乳頭口において細菌浸襲を予防する上皮組織の機能維持として重要であり、またビタミンA前駆体としての β カロチンも間接的に乳腺機能の維持に関与することが推測される。Chew et al.¹⁾は、乳汁中のCMTスコアは血液中ビタミンA濃度と β カロチン濃度に対して負の関係にあり、また生乳中のビタミンAおよび β カロチン含量とも相関すると述べている。しかし、体細胞数が50万以上の乳房炎牛では正常牛より血液中ビタミンA濃度は低いものの、生乳中のビタミンAや β カロチン含量とは一定の傾向は得られなかったとする報告⁴⁾もある。本研究において、血液中の β カロチン濃度は生乳中のおよそ30~60倍と多く、血液中のビタミンA濃度は生乳中よりわずかに多い程度であった。一方、血液中の β カロチン濃度はビタミンAのおよそ10倍あり、逆に生乳中 β カロチン濃度はビタミンAのおよそ1/2と少なくなっている。この差異は、ビタミンAは血液中から生乳中への転換率が β カロチンよりも高いためか、あるいはビタミンAが生乳中へ移行する前に血液中の β カロチンがビタミンAに一旦転換していることを示唆するものと思われる¹⁾。今回、低 β カロチン飼料給与牛でかつビタミンA無添加の対照区では、分娩後血液中の β カロチン濃度や生乳中のビタミンA濃度がともに低く、また分娩後5-8週における生乳中体細胞数は他の3群より増加しておりなんらかの関連が示唆された。納ら¹⁵⁾は、体細胞数が300万以下の乳房炎牛についてビタミンA、E併用剤とビタミンA単独をそれぞれ2回経口投与したところ、血液および乳汁中のビタミンA濃度はともに増加したが、生乳中体細胞数の減少した分房割合は併用群が58%と単独の32%より高く、ビタミンEの投与がより重要としている。

β カロチンは、単にプロビタミンAとしてばかりではなくそれ自体が乳牛の繁殖、特に黄体機能に必須であるという報告^{3,17)}がある。このため、日本飼養標準¹³⁾では分娩前後の乳牛に対して1日5万IUの

ビタミンAとともに200~300mgの β カロチンを含む飼料を給与し、NRC¹⁶⁾ではビタミンAとは別に β カロチンを体重当たり19mg/100kg給与することが望ましいとしている。通常、濃厚飼料には β カロチンはほとんど含まれていないことから、本研究で用いたような低 β カロチン飼料(23mg/kg)の給与例では、 β カロチンの添加が必要と思われる。しかし、今回の繁殖成績では低 β カロチン飼料給与牛で胎盤停滞と子宮内膜炎がみられた程度で、各群とも分娩後平均82日から109日までに受胎しており、 β カロチンおよびビタミンA添加による繁殖性への影響は特に認められなかった。母牛へのビタミンA製剤の添加が新生子牛の血液中ビタミンA濃度に及ぼす影響は本研究では特にみられなかった。その際、子牛の健康状態やビタミン以外の血液性状の検討は特にしなかったが、分娩前後の乳牛に対するビタミンA添加効果は母牛の血液中よりも生乳中に見られることから、それを哺乳する新生子牛へのなんらかの影響も予想され、今後検討すべき課題と思われる。

本研究の結果、給与飼料中の β カロチン含量が少ない場合、分娩前後の乳牛にビタミンA製剤を添加給与することにより対照区より生乳中のビタミンA濃度が高まり、体細胞数の減少する傾向がうかがえた。

要 約

牧草の生育ステージや収穫・調製方法が粗飼料中の β カロチン含量に及ぼす影響を検討するとともに、粗飼料中の β カロチン含量が高い場合と低い場合でのビタミンA製剤の添加が分娩前後の乳牛に及ぼす影響を検討した。その結果、牧草中の β カロチン含量は、1番や2番草では生育ステージが進むに従いほぼ直線的に減少した。また、粗飼料中の β カロチン含量は低水分サイレージや乾草の調製過程で大きく減少し、刈り取り後の日数を自然対数とする2次曲線で表され、さらに調製後の発酵および貯蔵中にも β カロチン含量は低下した。乳牛では、給与飼料中の β カロチン含量やビタミンA製剤の添加の有無にかかわらず分娩前2週から分娩後1週にかけ血液中のビタミンA濃度が減少した。しかし、高 β カロチン飼料を給与している乳牛では、生乳中のビタミンAと β カロチン濃度は低 β カロチン飼料給与牛より高く、また低 β カロチン飼料給与牛ではビタミンA製剤の添加により、生乳中のビタミンA濃度が無添加の対照区より高く、体細胞数や新規感

染分房数は少ない傾向にあった。

謝辞 本研究に用いたビタミンA製剤を提供頂いた日本Roche、東京に謝意を表します。

文 献

- 1) Chew, B. P., Hollen, L. L., Hillers, J. K. and Herlugson, M. L.: Relationship between vitamin A and β -carotene in blood plasma and milk and mastitis in Holsteins. *J. Dairy Sci.*, 65, 2111-2118 (1982)
- 2) Eaton, H. D., Lucas, J. L., Nielsen, S. W. and Helmboldt, C. F.: Association of plasma or liver vitamin A concentrations with the occurrence of parotid duct metaphasia or of ocular papilledema in Holstein male calves. *J. Dairy Sci.*, 53, 1775-1779 (1970)
- 3) Hemken, R. W. and Bremel, D. H.: Possible role of beta-carotene in improving fertility in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 65, 1069-1073 (1982)
- 4) Johnston, L. A. and Chew, B. P.: Peripartum changes of plasma and milk vitamin A and β -carotene among dairy cows with or without mastitis. *J. Dairy Sci.*, 67, 1832-1840 (1984)
- 5) Kalac, P.: Losses of beta-carotene in unwilted forage crops during silage-making and feeding. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 9, 63-69 (1983)
- 6) Kalac, P. and Kyzlink, V.: Losses of beta-carotene in red clover in an acid medium during ensiling. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 4, 81-89 (1979)
- 7) Kalac, P. and McDonald, P.: A review of the changes in carotene during ensiling of forages. *J. Sci. Food Agric.*, 32, 767-772 (1981)
- 8) 木村容子・小泉俊二・斉藤友喜・須藤平次郎・本好茂一: 搾乳牛の肥満と分娩前後における血中脂質成分およびビタミンA濃度の変動. 日獣会誌, 41, 164-168 (1988)
- 9) Miller, R. W., Hemken, R. W., Waldo, D. R. and Moore, L. H.: Vitamin A metabolism in steers fed corn silage or alfalfa hay pellets. *J. Dairy Sci.*, 50, 997 (1967)
- 10) National Research Council: Nutrient requirements of dairy cattle. Sixth revised ed., National Academy Press, Washington, D. C., p. 42-44 (1988)
- 11) 日本ビタミン学会: ビタミン学 I, 脂溶性ビタミン, p. 1-14, 東京化学同人, 東京 (1980)
- 12) 日本ビタミン学会: ビタミン学実験法 I, 脂溶性ビタミン, p. 33-40, 東京化学同人, 東京 (1983)
- 13) 農林水産省農林水産技術会議事務局: 日本飼養標準・乳牛, p. 1-107, 中央畜産会, 東京 (1988)
- 14) 奥田 稔・千田広文・山下秀之・井田孝司・宮本守人・宮本栄作・山岡鉄太郎: ビタミンA欠乏によると思われる牛の骨格筋水腫. 日獣会誌, 36, 528-533 (1983)

- 15) 納 敏・瀬尾洋行・一条 茂・稲田一郎・江口 暢・更科孝夫：牛の乳汁中体細胞数に及ぼすビタミン A, E の効果, 日獣会誌, 43, 453-458 (1990)
- 16) Payne, J. M. : 産業動物の代謝病, 白井和哉, 牛見忠蔵, 本好茂一訳, p. 1-11, 学窓社, 東京 (1984)
- 17) Rakes, A. H., Owens, M. P., Britt, J. L. and Whitlow, L. W. : Effects of adding beta-carotene to rations of lactating cows consuming different forages. *J. Dairy Sci.*, 68, 1732-1737 (1985)

Summary

Investigations were carried out both on the effects of harvesting and processing methods on beta-carotene contents in the field-cured forages and on the supplementary effects of synthetic vitamin A on the cows fed with the forages having higher and lower graded beta-carotene contents. In proportion to the advancing maturing of the grasses, linear decreasing of beta-carotene contents came to be observed in the first and the second cuts of the freshly harvested field-cured forages. During the drying period in the wilted silages and hay, a sort of drastic decreasing appeared in beta-carotene contents, tracing a quadratic regression curve as natural logarithms. During fermenting and ensiling after the harvest, considerable losses of beta-carotene contents occurred. Notwithstanding the vitamin A supplementation and beta-carotene contained in forages, decreasing was occasioned in serum vitamin A of cows during the period counting 2 weeks before and 1 week after parturition. Compared with the cows fed with low carotene contents forage, higher levels of vitamin A and beta-carotene concentration in milk were observed in those fed with high carotene contents forage. Moreover, a higher level of vitamin A than the controls, as well as lower somatic cell counts and lower incidence of infection of quarters were observed in the milk of the vitamin A supplemented cows fed with low carotene contents forage.