

北海道東部のメドウフェスク(*Festuca pratensis* Huds.)を基 幹とする乳牛集約放牧草地に対する施肥適量

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者	三枝, 俊哉 西道, 由紀子
巻/号	58巻4号
掲載ページ	p. 241-248
発行年月	2013年1月

北海道東部のメドウフェスク (*Festuca pratensis* Huds.) を基幹とする乳牛集約放牧草地に対する施肥適量

三枝俊哉*・西道由紀子

根釧農業試験場 (086-1135 北海道標津郡中標津町旭ヶ丘7番地)
Konsen Agricultural Experiment Station, Nakashibetsu, Hokkaido 086-1135, Japan

受付日: 2012年3月23日/受理日: 2012年7月25日

Synopsis

Toshiya Saigusa, Yukiko Nishimichi (2013): Fertilizer Recommendation for Meadow Fescue (*Festuca pratensis* Huds.) Pasture for Intensive Grazing of Dairy Cows in the Eastern Part of Hokkaido. Jpn J Grassl Sci 58 : 241-248

An application rate test was carried out to determine fertilizer recommendation that is suitable for meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) pasture in the eastern part of Hokkaido. One fertilizer recommendation was 72 kg N/ha, 96 kg P₂O₅/ha and 132 kg K₂O/ha for common pastures, and another was 45 kg N/ha, 45 kg P₂O₅/ha and 48 kg K₂O/ha for timothy (*Phleum pratense* L.) pastures. Herbage intakes and nutrition contents of grasses and soils at 0-5 cm depths were investigated in 2005-2007 in mixed sown pastures of meadow fescue and white clover (*Trifolium repens* L.). Although an increase in fertilizer application rate resulted in greater herbage mass in 2005, it did not affect herbage intake in 2005-2007. Fertilizer recommendation for common pasture resulted in lower mineral quality of herbage and greater accumulation of phosphorus and potassium in the soil than those in the case of fertilizer recommendation for timothy pasture. Therefore, fertilizer recommendation for timothy pasture maintained the same herbage intake, better herbage quality and stable soil fertility with lower input than those for common pasture. It was concluded that fertilizer recommendation for timothy pastures is appropriate for meadow fescue pastures without trimming with 39 mg P₂O₅/100 g of available phosphorus and 29 mg K₂O/100 g of exchangeable potassium in soil at 0-5 cm depth.

Key words : Dairy cow, Fertilizer recommendation, *Festuca pratensis*, Hokkaido, Pasture, *Phleum pratense*.

緒 言

北海道における乳牛の集約放牧に関する研究は、1990年代から、気象条件の異なる道央・道南(須藤 2004)、道北(石

田ら 1995) および道東地帯(小関ら 1995) でそれぞれ展開されてきた。このうち道東は、冬季の気象条件が厳しく、集約放牧に適したペレニアルライグラス (*Lolium perenne* L.) の安定的な栽培が困難な地帯である。そこで、当地帯の採草地における代表的イネ科牧草であるチモシー (*Phleum pratense* L.) を当面の基幹草種とする集約放牧技術が開発(小関ら 1995)、普及されてきた。チモシーは越冬性や飼料品質に優れるが、他草種との競合力に劣る(池田 2006)。このため、放牧条件でチモシーを維持するための品種、利用草丈、喫食草高等の条件が厳密に設定された(小関ら 1995)。

一方、これまで補助草種として混播されてきたメドウフェスク (*Festuca pratensis* Huds.) が放牧草地の新たな基幹草種として見直され(須藤 2004)、越冬性の高い新品種「ハルサカエ」が開発された(高井ら 2001)。これにより、道東でもメドウフェスクの導入法や生産性評価の研究(牧野ら 2007; 佐藤ら 2007) が実施された。その結果、放牧専用草地の基幹草種をメドウフェスクとすることにより、7月まではチモシーと同等の牧養力を確保できるとともに、8月以降に必要な兼用草地の面積を縮減できることが示された。これに伴い、放牧開始時の草丈や掃除刈りの方法等の技術が整備されている(西道ら 2008)。本稿ではその一環として、メドウフェスク放牧草地の施肥適量を検討した。

従来の北海道施肥標準(北海道農政部 2002)において、道東の放牧草地における年間の施肥適量は、火山性土に立地する標準的な肥沃度の草地に対し、マメ科牧草混生条件で、窒素、リン酸、カリウムの順に、それぞれ N, P₂O₅, K₂O とし て 80, 80, 120 kg/ha と設定されている。

これに対し、集約放牧条件に対する施肥適量に関しては、道北のペレニアルライグラス・シロクローバ (*Trifolium repens* L.) 混播草地におけるマメ科牧草を維持するための窒素施肥量として年間 30 kg/ha (三木ら 1996)、道東のチモシー・シロクローバ混播草地(以下、チモシー放牧草地)における窒素、リン酸、カリウムの年間施肥量として、いずれも 40 kg/ha (酒井ら 2004) と、従来の北海道施肥標準(北海道農政部 2002) よりも明らかに少ない施肥量が推奨されている。

*連絡著者 (corresponding author) : saigusa-toshiya@hro.or.jp

前述した道東の集約放牧草地に対するメドウフェスクの導入試験やメドウフェスク草地の生産性評価試験は、養分が制限要因にならないよう、十分な施肥量を想定し、北海道施肥標準（北海道農政部 2002）に準拠して実施された（牧野ら 2007；佐藤ら 2007）。いま、チモシーの集約放牧条件における施肥適量がこれより少ないことを考慮すると、同じ集約放牧条件を対象とするメドウフェスク放牧草地の施肥適量についても、節減が期待される。すなわち、メドウフェスク集約放牧草地において、チモシー草地並みの少ない施肥量で、生産性や飼料品質が低下しないことを確認できれば、肥料の節減が可能となる。

そこで、本試験では道東のメドウフェスク・シロクローバ混播放牧草地に対し、集約放牧条件で放牧草の利用性、牧草と土壌の養分含量を調査することにより、チモシー集約放牧草地なみの施肥適量（酒井ら 2004）を適用することの可否について検討した。

材料と方法

1. 供試草地

供試草地は 2003 年に更新したメドウフェスク（品種「ハルサカエ」）・シロクローバ（品種「ソーニヤ」）混播草地 1.9ha である。更新翌年から放牧利用を行った。試験期間は利用 2-4 年目となる 2005-2007 年の 3 年間である。この草地を 2005 年に 5 牧区に仕切り、うち 2 牧区を試験に供した。1 牧区の面積は 0.4ha である。土壌は北海道の農耕地土壌分類（第 2 次案）における黒色火山性土（北海道土壌分類委員会 1979）、農耕地土壌分類第 3 次案における普通黒ボク土（農耕地土壌分類委員会 1995）に区分される。

2. 試験処理

試験処理の概要を表 1 に示す。処理区は少肥区と対照区とした。少肥区の施肥量は、市販のバルクブレンド肥料銘柄の中から、チモシー放牧草地の施肥適量（酒井ら 2004）に近似する銘柄を選定し、N、P₂O₅、K₂O の順にそれぞれ年間 45、

45、48 kg/ha とした。マグネシウムの施肥量には、酒井ら（2004）の提示が無い。上記肥料銘柄の保証成分では、当区のマグネシウム施肥量は MgO として年間 12 kg/ha であった。施肥配分は、チモシー放牧草地（酒井ら 2003）に準拠し、5 月上旬と 7 月下旬の年 2 回均等分施とした。

対照区の施肥量は、北海道施肥標準（北海道農政部 2002）に準拠した市販のバルクブレンド肥料銘柄を用い、N、P₂O₅、K₂O、MgO の順に年間 72、96、132、30 kg/ha とした。施肥配分は、北海道施肥標準（北海道農政部 2002）に基づき、5 月上旬、6 月下旬および 8 月下旬の年 3 回均等分施とした。

3. 放牧条件

放牧条件の概要を表 1 に示す。供試牛にはホルスタイン種を用いた。また、放牧期間中の乳期は 2005 年、2006 年、2007 年の順に、泌乳中後期、泌乳前中期、乾乳期であった。これらの乳牛を 1 群として、少肥区と対照区各 0.4ha を含む本試験草地 1.9ha において、1 日 1 牧区の短期輪換方式による昼夜放牧を実施した。放牧頭数は牧野ら（2007）に準じ、7 月まで 3.6 頭/ha、以後 2.7 頭/ha 程度を想定し、輪換間隔を 7 月中旬まで 10-12 日、以後、終牧まで 14-24 日とした。なお、上記輪換間隔を維持するため、隣接する放牧草地 2.1ha および兼用草地 3.7ha を適宜待機用牧区として利用した。

利用時の草丈は、メドウフェスクを基幹とする放牧草地に推奨される 25-30 cm（須藤 2004）を目安とし、秋には放牧前の草量が現物で 200 g/m² 以下になった時点で終牧とした。

北海道の生産現場における集約放牧草地では、しばしば掃除刈りが行われ、余剰草が牧区外に搬出される。これに対し、少肥区の準拠するチモシー放牧草地の施肥適量（酒井ら 2004）は、掃除刈りを実施しない条件で設定されている。そこで、少肥区では、掃除刈りをできるだけ回避するため、各年次とも第 1 回目の輪換回次のみ、草丈 20 cm で放牧した。西道ら（2008）によれば、過繁茂となりやすいメドウフェスク放牧草地においては、最初の輪換回次における短草利用が掃除刈りの回避に有効とされており、本試験でもこれに従った。そ

表 1. 試験処理と放牧条件.

年次	試験処理				放牧条件 ²								
	処理区	年間施肥量 ¹ (kg/ha)				放牧期間		放牧回数 (回)	掃除刈 (月/日)	供試牛 ³			放牧頭数 ⁴ (頭)
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	範囲 (月/日-月/日)	日数 (日)			区分	体重 (kg)	日乳量 (kg)	
2005	少肥区	45	45	48	12	6/1-10/6	127	9	7/4	搾乳牛 (泌乳中後期)	602	22	16.0
	対照区	72	96	132	30								
2006	少肥区	45	45	48	12	5/24-9/22	121	10	無	搾乳牛 (泌乳前中期)	579	26	13.6 (13-14)
	対照区	72	96	132	30								
2007	少肥区	45	45	48	12	5/25-10/6	134	13	無	乾乳牛	714	—	11.9 (8-14)
	対照区	72	96	132	30								

¹少肥区では、5 月上旬と 7 月下旬の年 2 回均等分施、対照区では、5 月上旬、6 月下旬および 8 月下旬の年 3 回均等分施。

²1 日 1 牧区の短期輪換方式による昼夜放牧。2005 年と 2006 年における 1 日の放牧時間は、搾乳・移動時間を除く 17 時間、2007 年は乾乳牛による全日放牧。

³いずれもホルスタイン種、体重は放牧開始時の平均値、日乳量は放牧期間中の平均値。

⁴放牧期間中に () 内に示した頭数の範囲で増減した。

の結果、少肥区の掃除刈りは、初年目のみ1回の実施を要したが、翌年以降は不要となった。対照区の掃除刈りは毎年1回ずつ実施した。刈り払った牧草は、いずれも集草し搬出した。また、2007年には搬出した草の全重量を測定した。

放牧期間中、供試牛には以下の飼料を併給した。2005年は粗飼料として、とうもろこしサイレージを1頭1日当たり乾物で平均2.5kg摂取させ、濃厚飼料は給与しなかった。2006年は圧ぺんとうもろこし、大豆粕、ビートパルプ等の配合飼料1.7-10.0kgを、また、2007年は圧ぺんとうもろこし平均0.15kgを、それぞれ乳期に応じて必要量摂取させ、いずれの年次も粗飼料は給与しなかった。なお、固形塩と水は自由摂取とした。

4. 調査方法

(1) 放牧草地の利用状況

放牧期間中、牛群が少肥区または対照区に入退牧した際、以下の調査を実施した。放牧前に1牧区5点ずつ50cm×50cm枠を用い、草種ごとの冠部被度と草丈を調査した。その後、刈取り高さ5cmで収穫し、生草重(g/m²)を求めた。収穫した5点の試料を混合し、一部を60℃48時間通風乾燥して求めた値を乾物率とした。生草重に乾物率を乗じて放牧前の草量(gDM/m²)とした。放牧後も同様に残存する草量を求め、両者の差を被食量(gDM/m²)とした。これに牧区面積を乗じ、放牧頭数で除して採食量(kgDM/頭/日)とした。また、被食量を放牧前の草量で除して利用率とした。

(2) 放牧草の養分含量

放牧前の調査で得た乾物試料を粉碎し、分析に供試した。粉碎試料を硫酸-過酸化水素法(水野・南1980)で湿式分解し、窒素はフローインジェクション法(中島1987)、リンはバナドモリブデン酸法(自給飼料利用研究会2009)、カリウム等のミネラルは原子吸光度法(自給飼料利用研究会2009)によって測定した。粗タンパク質(以下、CP)含量は、全窒素含量に6.25を乗じて求めた(自給飼料利用研究会2009)。

(3) 土壌養分含量

放牧試験開始前の2005年5月には、株やふん塊が混入しないよう注意し、供試草地1.9haの全体から0-5cmの土壌を合計20点採取した。以後、2005-2007年秋の放牧終了後、少肥区と対照区からそれぞれ20点ずつ同様に土壌を採取した。土壌は風乾し、2mmのふるいを通して分析に供試した。培養窒素は畑土壌の保温静置法に準じた(土壌環境分析法編集委員会1997)。すなわち、最大容水量の60%の水分条件で30℃、4週間培養した後、10%塩化カリウム溶液によって振とう抽出した無機態窒素を、フローインジェクション法で測定した。有効態リン酸にはブレイNo.2法(土液比1:20, 20℃)を用い、モリブデンブルー法で定量した(土壌環境分析法編集委員会1997)。交換性カリウム、カルシウムおよびマグネシウムは1M酢酸アンモニウム溶液で抽出し、原子吸光度法で測定した(土壌環境分析法編集委員会1997)。

表2. 施肥管理の違いがメドウフェスク放牧草地の利用状況に及ぼす影響¹。

項目	処理区	2005年 n=8 ²	2006年 n=9	2007年 n=12
放牧前のメドウフェスク 草丈(cm)	少肥区	26±5	23±5	28±6
	対照区	33±10	23±5	26±7
	判定 ⁵	P<0.01	ns	ns
放牧前の草量(gDM/m ²) A	少肥区	106±29	98±22	110±25
	対照区	142±50	96±39	109±36
	判定 ⁵	P<0.05	ns	ns
放牧前のシロクロバ 冠部被度(%)	少肥区	15±9	18±4	20±16
	対照区	14±16	15±8	12±7
	判定 ⁵	ns	ns	ns
被食量 ³ (gDM/m ²) B	少肥区	43±10	45±9	47±9
	対照区	44±16	43±11	42±12
	判定 ⁵	ns	ns	ns
採食量 ⁴ (kgDM/頭/日)	少肥区	11±3	13±2	15±2
	対照区	11±4	13±3	14±4
	判定 ⁵	ns	ns	ns
利用率(%) B/A	少肥区	41±7	47±10	43±7
	対照区	33±11	50±14	40±10
	判定 ⁵	ns	ns	ns

¹ 1 輪換の平均値±標準偏差, ²n, 対比較に用いた輪換回次の組数(2005年は1回欠測)

³被食量=放牧前草量-放牧後草量, ⁴採食量=被食量×牧区面積÷放牧頭数, ⁵対応のあるt検定。

結 果

1. 放牧草地の利用状況

放牧回数は、2005-2007年の順に、少肥区で9回、10回、13回の計32回、対照区で9回、9回、12回の計30回であった(表1)。少肥区の放牧回数が対照区よりも多くなった理由は、1回目の利用草丈が20cmと低く、放牧開始日が早かったことによる。

両処理区ともに放牧できた輪換回数29回を対象に、年次ごとに放牧前の草丈、草量、シロクロバ冠部被度、1回当たりの採食量、被食量および利用率の平均値を求め、対応のあるt検定(応用統計ハンドブック編集委員会1986)で比較した結果を表2に示した。

放牧前の草丈および草量では、2005年に少肥区が対照区を有意に下回ったが(草丈、 $P<0.01$;草量、 $P<0.05$)、2006年以降には有意差が認められず、同水準となった。少肥区におけるシロクロバの冠部被度は平均15-20%、対照区では12-15%であったが、いずれの年次も処理間差は認められなかった。被食量は平均42-47gDM/m²であり、いずれの年次も処理間差は認められなかった。採食量は、サイレージを併給した2005年では平均11kgDM/頭/日と少なく、体重の大

きな乾乳牛が放牧された2007年では14-15kgDM/頭/日と多かったが、いずれの年次も処理間差は認められなかった。利用率は平均33-50%であり、いずれの年次も処理間差は認められなかった。前述のように、2005年の少肥区では、対照区よりも少ない草量で同等の被食量を得たが、利用率の処理間差は有意にならなかった。

上記の被食量に各牧区の輪換回数に乗じて得た年間の被食量は、2005-2007年の順に、少肥区でそれぞれ383、467、608gDM/m²、対照区で395、389、505gDM/m²であった。処理と年次を要因とする2元配置法で分散分析(応用統計ハンドブック編集委員会1986)を行った結果、年次間差、処理間差ともに有意ではなかった。

このように、少肥区の年間施肥量は対照区よりも低水準であったにもかかわらず、被食量や採食量など放牧草の利用性に係るいずれの項目も対照区に劣ることはなかった。

なお、2007年の対照区において、掃除刈りによって搬出した草量は79gDM/m²で、直前の放牧後草量の90%に相当した。

2. 放牧草の養分含量

前項同様、両処理区ともに放牧できた輪換回数29回を対象に、放牧前における養分含量の年間平均値を表3で比較した。

表3. 施肥管理の違いがメドウフェスク放牧草地の放牧草養分含量に及ぼす影響¹.

(乾物中)

項目	処理区	2005年 n=8 ²	2006年 n=9	2007年 n=12
粗タンパク質 (CP, %)	少肥区	17±2	19±3	21±2
	対照区	18±4	22±2	21±3
	判定 ³	ns	ns	ns
リン (P, %)	少肥区	0.30±0.05	0.40±0.05	0.31±0.04
	対照区	0.26±0.06	0.41±0.02	0.33±0.04
	判定 ³	P<0.05	ns	ns
カリウム (K, %)	少肥区	3.2±0.2	3.1±0.3	3.3±0.6
	対照区	3.6±0.5	3.4±0.2	3.4±0.4
	判定 ³	ns	P<0.05	ns
マグネシウム (Mg, %)	少肥区	0.22±0.02	0.25±0.04	0.24±0.02
	対照区	0.22±0.03	0.24±0.01	0.23±0.02
	判定 ³	ns	ns	P<0.05
カルシウム (Ca, %)	少肥区	0.56±0.05	0.51±0.05	0.54±0.06
	対照区	0.52±0.03	0.46±0.05	0.48±0.06
	判定 ³	ns	ns	P<0.05
Ca/P 比	少肥区	1.9±0.3	1.3±0.2	1.7±0.3
	対照区	2.1±0.5	1.1±0.1	1.5±0.2
	判定 ³	ns	ns	P<0.01
K/(Ca+Mg) 当量比	少肥区	1.8±0.2	1.8±0.2	1.8±0.3
	対照区	2.1±0.2	2.0±0.2	2.1±0.3
	判定 ³	P<0.05	ns	P<0.01

¹ 輪換の平均値±標準偏差, ²n, 対比較に用いた輪換回数の組数(2005年は1回欠測)

³ 対応のあるt検定.

年間施肥量の少ない少肥区の CP 含量は平均 17-21%，リン (P) 含量は 0.3-0.4% であり、いずれも 3 年間対照区を有意に下回ることにはなかった。少肥区のカリウム (K) 含量は平均 3.1-3.3% であり、2006 年に対照区より有意に低下した ($P < 0.05$)。少肥区のマグネシウム含量 (Mg) は平均 0.22-0.25%，カルシウム (Ca) 含量は 0.51-0.56% であり、いずれも 2007 年に対照区を有意に上回った ($P < 0.05$)。少肥区の Ca/P 比は平均 1.3-1.9 であり、2007 年に対照区を有意に上回った ($P < 0.01$)。少肥区の K/(Ca+Mg) 当量比はいずれの年次も平均 1.8 であり、2005 年 ($P < 0.05$) と 2007 年 ($P < 0.01$) に対照区を有意に下回った。これを輪換回次ごとにみると、3 年間計 29 回次のうち、グラスステタニーの発生が懸念される 2.2 (独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 2007) を超えた輪換回次は、少肥区で 2 回、対照区で 10 回認められた。そこで、その危険性を図 1 によって評価した。これは、オランダのミネラル委員会による提案 (Committee on Mineral Nutrition 1973) に基づき、同委員会が牧草中の CP、カリウム、マグネシウム含量から血清中マグネシウム濃度を推定するために設定した図に、表 3 の解析に用いた分析値を重ね合わせたものである。少肥区における放牧草の CP、カリウムおよびマグネシウム含量の関係は、おおむね「安全に放牧できる」領域に分布した。一方、対照区では一部に「補助飼料併用で放牧できる」領域への分布が認められたものの、「補助飼料なしではグラスステタニーの危険あり」とされる領域に分布することにはなかった。

なお、2007 年の対照区において、掃除刈り直前の放牧前における放牧草の窒素、リン、カリウム含量は N、P、K としてそれぞれ 2.5、0.3、3.0% であった。

3. 土壌の化学性

処理開始前における 0-5 cm 土層の化学性は、土壌 pH (H_2O) 6.3、培養窒素 (N) 量 25 mg/100 g、有効態リン酸 (P_2O_5) 含量 39 mg/100 g、交換性カリウム (K_2O) 含量 29 mg/100 g、同

マグネシウム (MgO) 含量 22 mg/100 g、同カルシウム (CaO) 含量 206 mg/100 g であった。少肥区の準拠するチモシー草地に対する施肥適量の適用条件は、土壌中の有効態リン酸 20 mg/100 g 以上、交換性カリウム 100 kg/ha (0-5 cm 土層) 程度である (酒井ら 2004)。本供試草地の有効態リン酸含量は、上記適用条件を満たすとともに、土壌診断基準値 20-50 mg/100 g (北海道農政部 2002) の範囲内にあった。また、0-5 cm 層に含まれる交換性カリウム量は、仮比重 0.6 により 88 kg/ha に相当し、上記適用条件に近かった。その他の化学性はいずれも、北海道における草地土壌 (維持管理時) の黒色火山性土における土壌診断基準値 (北海道農政部 2002) の範囲内にあった。

次に、秋の終牧後における土壌の養分含量を、処理と年次を要因とする二元配置法 (応用統計ハンドブック編集委員会 1986) で分析した。その結果、土壌 pH には処理間差、年次間差ともに認められなかった。培養窒素量の処置間差は明瞭でなく、年次間差は有意であった ($P < 0.05$)。他の養分は、処理間差、年次間差ともに有意であった ($P < 0.05$)。

そこで、処理前の土壌を含めて Tukey-Kramer 法による多重検定 (永田・吉田 2007) を行い、その結果を図 2 に示した。

土壌 pH は施肥処理にかかわらず、3 年間 6.3-6.4 の水準を維持した。少肥区の培養窒素量は、2005 年秋のみ、処理前よりも有意に低い値を示した ($P < 0.05$)。有効態リン酸含量は年次とともに増大し、少肥区では 2007 年に、対照区では 2005 年秋に処理前との間に有意差を生じたが ($P < 0.05$)、同一年次における処理間差は有意でなかった。交換性カリウム含量は、少肥区で 3 年間 25-30 mg/100 g を維持したが、対照区では増大傾向となり、3 年目に処理間差および処理前との差が有意となった ($P < 0.05$)。交換性マグネシウムとカルシウム含量は年次とともに増大し、前者で 2005 年、後者で 2006 年に処理前との間に有意差を生じたが ($P < 0.05$)、いずれの養分も同一年次における処理間差は認められなかった。

考 察

北海道東部の火山性土に立地する乳牛集約放牧条件におけるメドウフェスク・シロクロバ混播草地に対し、すでに提示されているチモシー放牧草地の施肥適量 (酒井ら 2004) を適用することの可否を検討した。

1. 放牧草の利用性

本試験の 3 年間を通じ、チモシー放牧草地の施肥適量 (酒井ら 2004) に準じた少肥区における面積当たりの被食量と 1 頭当たりの採食量は、対照区と同等の水準を維持した (表 2)。特に、2005 年の少肥区における草量は、対照区よりも有意に少なかったにもかかわらず、被食量は同程度であった。このことから、本試験の放牧条件では、施肥量の少ない少肥区でも被食量が低下することなく、少肥区の施肥量が被食量を満たすために十分な量と考えられた。なお、2005 年の少肥区における草量低下の一因として、後述するように、この年に行われた掃除刈りによる窒素の搬出が考えられる。

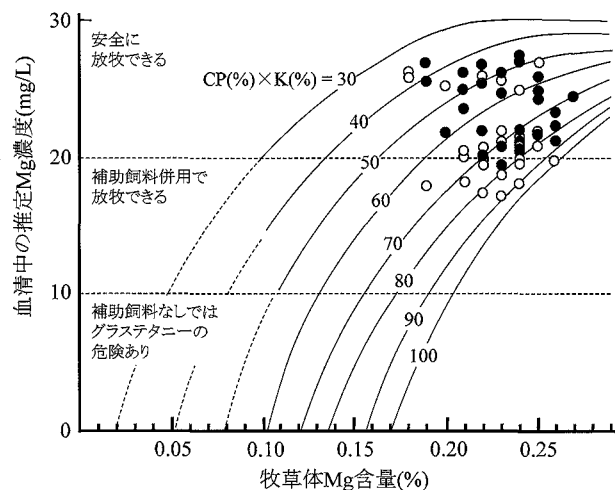


図 1. 施肥量の違いが放牧草のマグネシウム、粗タンパク質およびカリウム含量に及ぼす影響。

●, 少肥区; ○, 対照区。オランダミネラル栄養委員会 (1973) の血清中 Mg 濃度推定図との対比。

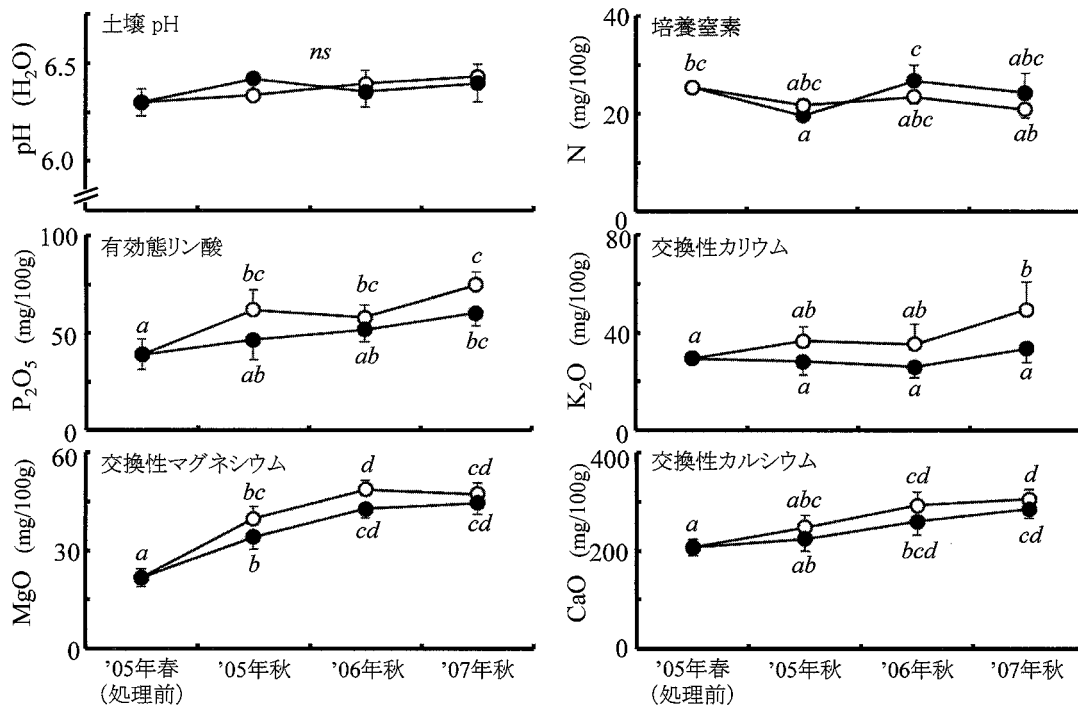


図 2. 施肥管理の違いがメドウフェスク放牧草地における 0-5 cm 土壌の化学性に及ぼす影響。
 ●, 少肥区; ○, 対照区; I, 95% 信頼区間. 各区 20 地点の平均値, 異種文字間に危険率 5% 水準で有意差あり (Tukey-Kramer).

以上の結果, 採食量, 被食量, 利用率など放牧草の利用性からみたメドウフェスク・シロクローバ混播放牧草地における施肥適量としては, 少肥区の施肥量を適用することが妥当と考える。

2. 放牧草と土壌の養分含量

(1) 窒素

三枝ら (2010) は掃除刈りを実施しないケンタッキーブルーグラス・シロクローバ混播草地において短草利用の放牧試験を行い, 本試験の対照区と同等の施肥量が放牧草の CP, 硝酸態窒素含量および土壌の培養窒素量を著しく増大させ, 施肥量の低減がそれらを速やかに改善することを指摘した。このことから, 窒素施肥量の過不足が明瞭であれば, 放牧草と土壌の養分含量はそれに反応するものと考えられる。

しかし, 本試験の対照区では, 放牧草の CP 含量と土壌の培養窒素量に 3 年間大きな変化が認められず, 上記のような窒素の蓄積を確認できなかった。この理由は, 毎年の掃除刈りによる窒素の搬出にあると推察する。2007 年の掃除刈りによって搬出された草の量は 79 gDM/m²であった。この草の窒素含量を, 掃除刈り直前の放牧前における放牧草の窒素含量 2.5% で近似すると, 同年の掃除刈りによる窒素の搬出量は約 20 kg/ha と見積もることができる。この量は, 対照区と少肥区における年間窒素施肥量の差 27 kg/ha に近い。他の年次における窒素の搬出量も同程度であったと仮定すると, 対照区の窒素施肥量は, 少肥区の窒素施肥量と掃除刈りによる窒素搬出量の合量に近い値であったと考えられる。

一方, 少肥区における放牧草の CP 含量および土壌の培養窒素量では, 上記の対照区との間に 3 年間を通じて有意な処

理間差を認めなかった。ただし, 土壌の培養窒素量は 2005 年秋に一時的に低下した。この理由として, 2005 年のみに実施された掃除刈りによる窒素の持ち出しが考えられる。このことから, 2005 年以外, すなわち掃除刈りを実施しなかった本試験の少肥区では, 年間窒素施肥量に大きな過不足がなかったものと思われる。

以上のことから, 放牧草の CP 含量と土壌の培養窒素量は, 掃除刈りを実施しない少肥区でも, 掃除刈りを実施する対照区でも同様に安定的に維持できると考えられる。この場合, 少ない施肥量で放牧草に必要な CP 含量を確保し, 土壌の窒素肥沃度を維持できるのであれば, 掃除刈りを実施しない放牧管理の下, 少肥区の窒素施肥量を適用することが望ましい。

(2) リン酸

少肥区における放牧草のリン含量は, いずれの年次も対照区を下回ることはなかった (表 3)。この時, 土壌の有効態リン酸含量は, 処理開始時に土壌診断基準値 (北海道農政部 2002) の範囲内にあり, 試験開始後, 両区ともに増大した。また, その程度は対照区でより顕著であった (図 1)。

北海道の採草地では, 土壌の有効態リン酸含量が土壌診断基準の範囲内にある場合, 年間吸収量以上のリン酸施肥量が推奨される (関口ら 1982)。その結果, 有効態リン酸含量は年数の経過に伴い漸増するので, それが基準値上限を超えた時, 減肥が推奨される (三枝ら 1990)。

採草地の場合と同様に考えると, 本試験における少肥区のリン酸施肥量は, 放牧草に必要なリン含量を対照区と同様に確保し, 土壌の有効態リン酸含量を漸増させたので, 施肥適量の条件を満たす十分な量といえる。

(3) カリウム

チモシー放牧草地のカリウム施肥量は、採食量とマメ科牧草混生割合を維持するため、0-5 cm 土壌の交換性カリウム (K_2O) 量が 100 kg/ha 程度の場合に、40 kg/ha と設定されている (酒井ら 2004)。本試験でも、チモシー放牧草地に準じた少肥区の施肥量は、土壌の交換性カリウム含量が 29 mg/100 g、すなわち 88 kg/ha の供試草地に対し、被食量、採食量およびシロクローバの冠部被度を低下させることなく (表 2)、土壌の交換性カリウム含量を 3 年間ほぼ一定に維持した (図 1)。

これに対し、対照区では、土壌にカリウムが蓄積し (図 1)、放牧草のカリウム含量も高まった (表 3)。疾病予防の観点からは、放牧草のカリウム含量は低い方が望ましい (久根崎ら 1984; 櫛引ら 1991ab)。

したがって、本草地におけるカリウムの施肥適量としては、少肥区の水準が妥当と判断された。

(4) マグネシウムおよびカルシウム

少肥区では、対照区よりもマグネシウム施肥量が少なく、カルシウムは施肥しなかったにもかかわらず、放牧草のマグネシウムおよびカルシウム含量は対照区を上回った (表 3)。この理由は、土壌中の交換性マグネシウムおよびカルシウム含量に処理間差が認められなかったことから、放牧草の養分吸収過程におけるカリウムとの拮抗作用 (原田 1985) が考えられる。この結果、Ca/P 比やミネラルバランスなどの放牧草の飼料品質から見ても、本草地における施肥適量としては、少肥区が適当と考えられた。

少肥区、対照区ともに、カルシウム無施肥条件で交換性カルシウムが増大した (図 2) 理由には、放牧家畜によるふん尿還元が考えられ、今後の養分動態に関する検討が待たれる。

3. まとめ

北海道東部のメドウフェスク・シロクローバ混播草地で乳牛を集約放牧する場合の施肥適量について、シロクローバ混生割合、採食量、被食量、放牧草と土壌の養分含量の各観点から検討した。その結果、有効態リン酸 (P_2O_5) 含量 39 mg/100 g、交換性カリウム (K_2O) 含量 29 mg/100 g (仮比重 0.6) の草地に対する施肥適量は、掃除刈りを実施しない条件で、チモシー放牧草地の施肥適量 (酒井ら 2004) に準拠した少肥区の施肥量、すなわち、N、 P_2O_5 、 K_2O の順にそれぞれ年間 45、45、48 kg/ha が適切であった。

前述のように、本供試草地の処理前における土壌の化学性は、チモシー放牧草地における施肥適量の適用条件 (酒井ら 2004) に近かった。道東の集約放牧草地における施肥適量に関し、メドウフェスクとチモシーの草種間差は見かけ小さいといえる。その背景として、今後は養分吸収に関する草種間差や、放牧草地における養分動態などの要因に関する検討が必要と思われる。また、生産現場に対しては、上記適用条件とは肥沃度の異なる草地に対する施肥量について検討し、土壌診断に基づく施肥対応技術を確立する必要がある。

謝 辞

本報告を御校閲いただいた宮崎元前根釧農業試験場長、石

田亨同研究部長および貴重な論議をともにして頂いた松本武彦同飼料環境グループ主査 (草地環境) に深謝します。

引用文献

- Committee on Mineral Nutrition (1973) Tracing and treating mineral disorders in dairy cattle. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, p12-19
- 土壌環境分析法編集委員会 (編) (1997) 土壌環境分析法. 博友社, 東京, p1-427
- 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構編 (2007) 日本飼養標準・乳牛 (2006 年度版). 中央畜産会, 東京, p113
- 原田 勇 (1985) 牧草の栄養と施肥. 養賢堂, 東京, p124-137
- 北海道土壌分類委員会 (1979) 北海道の農耕地土壌分類 (第 2 次案). 北海道立農業試験場資料 10: 1-89
- 北海道農政部 (2002) 北海道施肥ガイド. 北海道, 札幌, p202-229
- 池田哲也 (2006) 育成牛のためのチモシー草地における集約放牧技術の開発に関する研究. 北海道農業研究センター研究報告 185: 33-85
- 石田 亨・寒河江洋一郎・川崎 勉・板東 健・裏 悦次 (1995) ベレニアルライグラス放牧草地の集約利用技術. 北海道立農業試験場集報 68: 51-60
- 自給飼料利用研究会 (編) (2009) 三訂版 粗飼料の品質評価ガイドブック. 日本草地畜産種子協会, 東京, p1-195
- 久根崎久二・及川綾郎・小針久典・佐藤勝郎・谷地 仁・笹村 正・山田和明・沢田 実・菅原休也・蛇沼恒夫 (1984) 寒冷地における草質改善による放牧牛の栄養障害防止技術の確立. 第 2 報 施肥法による牧草のミネラル成分の改善と低 Mg 血症防止効果. 岩手畜試研究報告 13: 43-58
- 櫛引史郎・梅村和弘・林 孝 (1991a) 放牧地における施肥管理が肉用繁殖雌牛の血漿ミネラル成分に及ぼす影響. I 肥料の成分構成の違いによる血漿ミネラル成分の変化. 草地試研報 44: 63-70
- 櫛引史郎・梅村和弘・林 孝 (1991b) 放牧地における施肥管理が肉用繁殖雌牛の血漿ミネラル成分に及ぼす影響. II 施肥改良による血漿ミネラル成分の経年変化. 草地試研報 45: 93-103
- 牧野 司・佐藤尚親・林 拓 (2007) 根釧地域におけるメドウフェスクおよびチモシー草地の生産性と放牧地必要面積. 日草誌 53 (別): 88-89
- 三木直倫・小宮山誠一・松中照夫・木曾誠二 (1996) ベレニアルライグラス集約放牧草地のシロクローバを維持するための窒素施肥法. 平成 7 年度研究成果情報 北海道農業, 農林水産省北海道農業試験場, 札幌, p202-203
- 水野直治・南 松雄 (1980) 硫酸一過酸化水素による農作物中 N, K, Mg, Ca, Fe, Mn 定量のための迅速前処理法. 土肥誌 51: 418-420
- 永田 靖・吉田道弘 (2007) 統計的多重比較法の基礎. サイエンス出版社, 東京, p33-62
- 中島秀治 (1987) フローインジェクション分析法による耕地土壌及び畑作物体ケルゲール分解液中の全窒素定量. 東北農試研究資料 7: 37-44
- 西道由紀子・三枝俊哉・牧野 司・松村哲夫・須藤賢司 (2008) メドウフェスク主体草地での放牧管理が利用草量に及ぼす影響. 日草誌 54 (別): 342-343
- 農耕地土壌分類委員会 (1995) 農耕地土壌の分類 第 3 次案改訂版. 農業環境技術研究所資料 17: 1-79
- 応用統計ハンドブック編集委員会編 (1986) 応用統計ハンドブック.

- 養賢堂. 東京, p36-59, 229-235
- 小関忠雄・酒井 治・扇 勉 (1995) 根釧地域における高泌乳牛の集約放牧技術. 平成6年度新しい研究成果—北海道地域—, 農林水産省北海道農業試験場, 札幌, p55-61
- 三枝俊哉・松原一寛・能代昌雄 (1990) 火山性土に立地した草地のリン酸肥沃度に対応したリン酸施肥量. 土肥誌 61: 522-525
- 三枝俊哉・手島茂樹・小川恭男・高橋 俊 (2010) 北海道における省力的放牧草地としてのケンタッキーブルーグラス (*Poa pratensis* L.)・シロクロバ (*Trifolium repens* L.) 混播草地の適性評価. 3. 標準施肥条件の短草型草地における養分蓄積過程と減肥の効果. 日草誌 55: 318-325
- 酒井 治・寶示戸雅之・三木直倫・三枝俊哉 (2003) 北海道のチモシー集約放牧草地における適正な施肥回数・施肥時期. 日草誌 49 (別): 394-395
- 酒井 治・寶示戸雅之・三木直倫・三枝俊哉 (2004) チモシー・シロクロバ混播草地の集約放牧条件における施肥量低減. 土肥誌 75: 711-714
- 佐藤尚親・牧野 司・林 拓・西道由紀子・原 仁・松村哲夫・須藤賢司・篠田 満・小林朋也 (2007) 北海道東部地域の地下茎型イネ科草優占草地における簡易更新によるメドウフェスクの導入効果. 日草誌 53 (別): 42-43
- 須藤賢司 (2004) 搾乳牛の集約放牧技術に関する研究—メドウフェスク草地を焦点として—. 北海道農業研究センター研究報告 181: 43-87
- 関口久雄・大村邦男・赤城仰哉 (1982) 根釧火山灰草地におけるリン酸追肥効果. 北農 49 (4): 1-8

- 高井智之・中山貞夫・寺田康道・宝示戸貞雄・大同久明・荒木 博・水野和彦・杉田紳一・伊藤公一 (2001) メドウフェスクの新品種「ハルサカエ」の育成とその特性. 北海道農業試験場研究報告 173: 47-62

要 旨

三枝俊哉・西道由紀子 (2013): 北海道東部のメドウフェスク (*Festuca pratensis* Huds.) を基幹とする乳牛集約放牧草地に対する施肥適量. 日草誌 58: 241-248.

北海道東部の乳牛を集約放牧するメドウフェスク・シロクロバ混播草地に対する施肥適量を明らかにするため, 少肥区と対照区の2施肥処理を比較した. 少肥区の施肥量は, チモシー・シロクロバ混播放牧草地の施肥適量に準じ, N, P₂O₅, K₂O の順に 45, 45, 48 kg/ha, 対照区は北海道施肥標準に準じ, 72, 96, 132 kg/ha とした. 少肥区では放牧前の草量が対照区を下回ることがあったが, 採食量が対照区に劣ることはなかった. 放牧草と土壌のリン酸とカリウム含量には, 少肥区よりも対照区で蓄積傾向が明瞭であった. また, 放牧草の飼料品質から見ても, 少肥区の優位性が高かった. 以上により, 本試験で供試したメドウフェスク・シロクロバ混播放牧草地 (普通黒ボク土, 有効態リン酸含量 39 mg/100g, 交換性カリウム 29 mg/100g) の施肥適量としては, 掃除刈りを実施しない条件で, 少肥区の施肥量が適切と結論した.

キーワード: 施肥適量, チモシー, 乳牛, 北海道, 放牧草地, メドウフェスク.