

アカクローバ追播における草地の植生改善効果
第1報 追播初年目における定着個体数の推移

高山英紀・西野 一・大塚博志

Effect of Red Clover over-seeding for pasture renovation

I. Transition of plant density in the 1st year

Hideki TAKAYAMA, Hiroshi NISHINO and Hiroshi OTUKA

緒 言

アカクローバ追播はイネ科単一草地にマメ科を蘇らせる画期的な簡易更新技術として1998年に北海道指導参考事項に認定されたが、マメ科が増え過ぎること・雑草が侵入すること・追播方法が煩雑なことなどから、現場では広く利用されていない。

そこで道東8ヶ所のチモシー主体草地圃場において、様々な方法によりアカクローバ追播を行い初年目における定着個体数の推移を調査した。

材料および方法

追播は1997年6～8月にかけて表1に示す8圃場において1～2番草の刈取り後に下記作業工程にて行い、表層攪拌には広尾でロータリーハロー・別海Bでニプロ簡易更新機を使用し、他はディスクハローを用いた。

〔石灰散布→表層攪拌→施肥（磷酸）、加里）+播種（アカクローバ1kg/10a）→鎮圧〕

調査は追播約1ヶ月後と晩秋時(11月上旬)に草地の植生（マメ科率など）・草丈およびアカクローバ定着個体数の調査を行った。

なお、訓子府ではギンギンが多い圃場に対するハーモニー水和剤散布後の追播、白糠ではロードカナリーグラス主体草地への追播、別海Aでは晩秋時におけるスラリー多量散布の影響なども併せて検討した。

結果および考察

各圃場と処理区における晩秋時のアカクローバ定着個体数と草丈は図1に示す通りで次の結果が得られた。

1) 追播時期について

1番草取り後の追播では、晩秋時のアカクローバ個体数は

別海Aを除き目標値の30～50個体/m²に達し、個体数減少を抑えるためには(1)刈取り直後の追播、(2)低刈り、(3)適度の掃除刈り（チモシーが30cmに達した時期）、(4)窒素肥料を与えない、(5)晩秋時に多量の糞尿散布を行わないことなどが有効であった。一方、2番草取り後の追播は(1)作業性、(2)収量確保、(3)競合力と定着性の面から普及性が高く、8月末までの追播で晩秋時には200個体/m²程度が定着した。

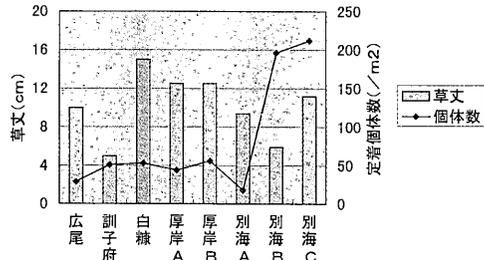


図1. 晩秋時のアカクローバ定着個体数と草丈

2) 追播機種について

多くの農家が所有しているディスクハローの使用が最も望ましく、ロータリーハローは圃場に凹凸が発生し作業性が悪化し、雑草も繁茂することから不適と考えられた。またニプロ簡易更新機は、耕耘→施肥→追播→覆土→鎮圧作業が一度の工程で完了し多草種追播も可能なことから、冬枯れ跡地などへのチモシー等イネ科草種の不耕起簡易更新に適していた。

3) ディスクハローによる追播方法について

播種量1kg/10aで充分で、(1)土壤に応じた機械のオフセット設定、(2)1～2回掛け、(3)コーティング種子の利用、(4)充分な鎮圧、(5)降雨直前の追播などによってアカクローバの定着個体率は向上した。特に表土が1～2割露出する（既存牧草株は露出させない）程度に表層を軽く攪拌することは過度にアカクローバが定着することを避け、作業性の改善と雑草の侵入を抑制する上で重要であると考えられた。

4) 雑草処理について

雑草の多い圃場では、耕耘することで逆に雑草の繁茂を促すため一般に追播は不向きとされているが、ギンギンが多い草地ではハーモニー水和剤を用いることで雑草が根絶され追播も可能であった。その場合、通常は追播予定草地に対して前年晩秋時に処理を行うことが望ましいが、1番草刈り2週間後にハーモニー処理を行い追播する方法も有効である。

表1. アカクローバの追播方法 (1997年)

No.	場所	機種	1番草 収穫日	アカクローバ 追播日	2番草 収穫日	除草剤 散布	堆肥 散布量
1	広尾	ディスク, ロータリー	6月18日	6月24日	9月11日	なし	なし
2	訓子府	ディスクハロー	6月16日	7月11日	9月10日	7/2ハーモニー	なし
3	白糠	ディスクハロー	7月6日	7月24日	8月29日	なし	なし
4	厚岸A	ディスクハロー	7月4日	7月16日	10月2日	なし	堆肥少量
5	厚岸B	ディスクハロー	7月12日	7月24日	10月2日	なし	堆肥少量
6	別海A	ディスクハロー	7月8日	7月18日	8月27日	なし	スラリー4t
7	別海B	ニプロ更新機	7月2日	8月25日	8月23日	なし	スラリー1t
8	別海C	ディスクハロー	不明	8月22日	直前	なし	なし

アカクローバ追播における草地の植生改善効果
第2報 追播2年目における生産性と粗飼料品質

大塚博志・高山英紀

Effect of Red Clover over-seeding for pasture renovation

II. Forage yield and quality in the 2nd year

Hiroshi OTUKA and Hideki TAMAKA

緒言

第一報に引き続きアカクローバ追播を実施した圃場の2年目におけるマメ科率の推移と生産性および粗飼料品質について調査を行い追播の有効性を検討した。

材料および方法

1997年に追播を行った8圃場のうち、スラリー散布によりアカクローバが消滅した別海Aおよび2番草の収量調査を行うことができなかった厚岸Bと別海Cを除く5圃場について1998年に2年目の調査を行った。

調査項目は草地の植生(マメ科率など)・草丈・収量および粗飼料品質(CP、ADF、NDF、TDN、Ca、P、Mg、Kなど)について追播区と無追播区の各々で行い、収量調査は一区1㎡の3反復とし全区について粗飼料分析を実施した。

刈取りは訓子府のみ3回刈りでその他は2回刈りを行い、早春と1番刈取り後に晩秋時の土壌分析結果とマメ科率に応じて施肥設計を行い、年間合計窒素施肥量は追播区が5~6kg、無追播区が12~17kg/10aで磷酸と加里施肥量はほぼ同一とした。

効果および考察

5圃場の無追播区に対する追播区のマメ科率、乾物収量および粗蛋白質含有率を図1~3に示した。

1) マメ科率について

アカクローバの追播により、1~2番草のマメ科率は5圃場平均で各々27%、30%にまで増加した。また、アカクローバだけの割合では各々16%、20%と過度に優占することはなかった。なお、訓子府はアルファルファとの混播草地でアカクローバ率は10~20%であった。一方、白糠ではチモシー主体部分への追播はマメ科率が30%と良好であったが、リードカナリーグラス主体部分への追播ではマメ科率が1→2番草で30%→10%へと低下し追播効果が長くは持続しなかった。

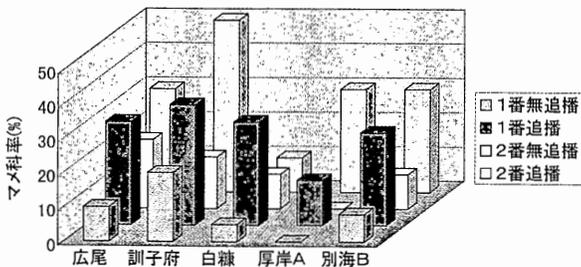


図1. マメ科率の比較 (1998年)

最後に広尾のロータリーハーロー追播区ではマメ科率が2番草で5割以上と過度に優占したため不適と考えられた。

2) 生産性について

追播区における2年目の年間合計乾物収量は5圃場の平均で無追播区対比108%と生産性は向上した。特に広尾では無追播区の単収が600kg/10a程度と少なかったため追播による生産性の向上は132%と顕著であった。他方、別海Bで増収しなかった要因は(1)前年2番草を刈取りした後に表層攪拌を行ったためチモシーの回復が遅れたこと、(2)早春時の窒素施肥量が少なかったこと、(3)マメ科率が高いため乾物率が低かったことなどが影響した。

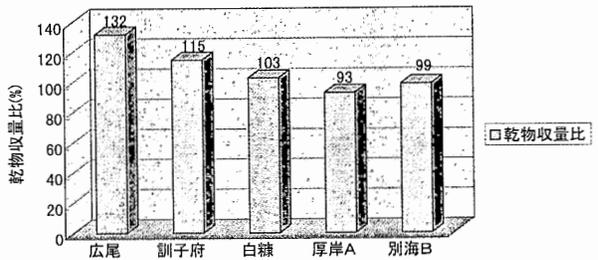


図2. 乾物収量の比較 (1998年)

3) 粗飼料品質について

追播区では粗蛋白質含有率が5圃場平均で1.4%(1番草)、0.9%(2番草)増加した。またADFとNDF含有率は1番草で各々0.5%、1.1%低下したが、2番草では差は生じなかった。次にミネラル組成については、特にカルシウム含有率で著しい増加(1番草0.22→0.39%、2番草0.33→0.46%)を示し、当量比は大きく低下した(1番草3.00→2.30%、2番草2.04→1.72%)。

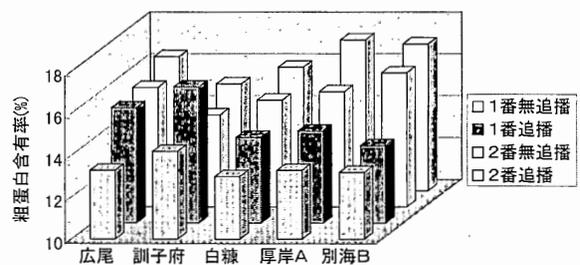


図3. 粗蛋白質含有率の比較 (1998年)

以上のように、ディスクハーローを用いて表層を攪拌した後にアカクローバを追播することで、草地のマメ科率を適度に回復させ、草地の生産性と粗飼料品質を大幅に向上することは可能と考えられた。

今後は追播3年目の調査を継続するとともに2番草刈取り後の追播やアルファルファの追播などについてさらに検討を行う必要がある。

永年草地におけるアカクローバの個体群動態

平田聡之・由田宏一・中嶋 博

Population dynamics of red clover in permanental meadow in Hokkaido.

Toshiyuki HIRATA, Koichi YOSIDA, Hiroshi NAKASIMA

緒 言

永年草地は、牧草の育種にとって、永続性や耐病性等の遺伝資源の供給源として重要であると考えられている。しかしながら、アカクローバは、短年生植物であり、永年草地におけるアカクローバ個体群の存続には、自然下種からの加入個体が深く関与していると考えられる。本報では、15年以上経過した草地におけるアカクローバの個体群動態を調査し、既存の個体群と自然下種により加入した個体群の動態について検討した。

材料および方法

調査地は、北海道上川郡比布町にある造成後少なくとも15年以上、20年近くが経過しているオーチャードグラスとアカクローバの混播草地である。調査地において、アカクローバが生存している箇所1997年5月に1m×1mの固定調査区を2つ設置した。刈取りは、1997年と1998年に6月と8月の年2回、刈取り高さ5cmで行った。それぞれの刈取りでは、アカクローバ個体の配置を記録し、採取した採草について個体別に草丈、茎数、乾物重を調査した。

結果および考察

各刈取り時における、アカクローバの個体数、茎数、乾物重および分布状況を表に示した。各調査区における分布状況は、各試験区を10cm×10cmに分画し、各小区画内の観察数をもとに、出現頻度およびIδ(値が大きいほど分布の集中度が増す)を計算して求めた。

個体数では、特に1997年と1998年の間に大きな差異が認められ、1997年に比べ1998年では、調査区1ではほぼ2倍に、調査区2ではほぼ4倍の個体数が確認された。その原因としては、調査した採草地の1997年における刈取りが、6月下旬の1回刈りであったことから、調査区外から多量の種子が流入したためと思われる。この場合、加入直後の個体の植物体は小さく、花茎を持たないものと考えられたが、実際に、両試験区とも各年度間の一番草の茎数に差異が認められなかった。全乾物重では、年度間で傾向が異なり、1997年では1番草の値が2番草の値を上回ったが、1998年では1番草の値が2番草の値を下回った。個体別の平均値では、草丈および乾物重はともに、1997年における調査区2の乾物重を除き、全乾物重と同様な動態が認められた。1997年と1998年でこれらの動態が異なった原因としては、調査初期に加入した個体

が大型化したものと考えられる。

分布状況では、両調査区とも1998年の出現度が1997年の値を上回り、1998年の調査区2を除き、1番草の値が2番草の値を上回った。集中度を示すIδでは、反対に、97年の値が、98年の値を上回り、98年の調査区2を除き、2番草の値が1番草の値を上回った。このことから、加入個体の多くは、ランダム配置で調査区に侵入し、その多くが刈取り後に死亡するものと考えられた。

98年の2番草の個体乾燥物重の頻度分布と、各乾燥物重階級の個体を加入時期に分類した結果を図に示した。頻度分布では両調査区とも、乾物重の頻度分布は0.5g以下の個体が多いL字型分布を示した。各階級における個体の加入時期による分類では、加入時期が遅くなるにつれ個体重が大きくなる傾向が認められ、調査区1では1g以上の個体は調査1回目から観察された既存個体のみであった。また、調査区2では、97年8月に認められた加入個体が大型化していた。

以上の結果から、自然下種による加入個体の多くは刈取り時または刈取り後の再生過程において死亡するが、一部の加入個体は、永年草地におけるアカクローバの存続に関与していると考えられた。特に、2番草刈取り前後に加入した個体では、秋期および早春期に個体サイズを拡大させ、刈取り後の生存率が増加しているものと考えられた。また、確認された既存個体は、再生力が弱く、集中分布していたことから、老齢化した個体から派生した高次の植物体であると考えられた。

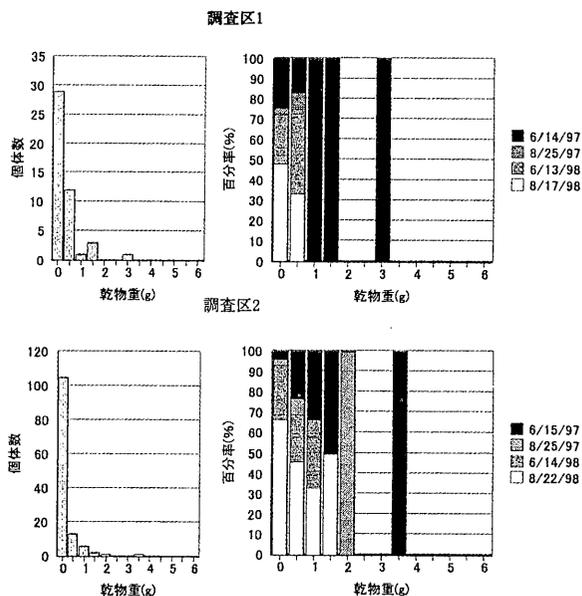


図 各調査区の刈取り4回目(1998年8月)におけるアカクローバの個体別乾物重の分布と年齢構成

表 各調査区(1m×1m)におけるアカクローバの採草量(刈取り高5cm)と分布

調査区	刈取り日	個体数	茎数	個体あたりの平均値		分布*	
				全乾物重(g)	草丈 乾物重(g)	出現頻度(%)	I δ
調査区 1	6/14/97	39	61	33.6	16.1 0.86	31	1.34
	8/25/97	24	16	24.2	22.9 1.01	19	1.81
	6/13/98	67	55	23.2	10.9 0.35	47	1.19
	8/17/98	47	26	33.7	16.7 0.72	34	1.47
調査区 2	6/15/97	37	39	23.9	18.5 0.65	27	1.95
	8/25/97	28	22	17.7	18.8 0.63	22	2.22
	6/14/98	125	37	15.9	13.2 0.13	61	1.33
	8/22/98	129	35	47.2	16.0 0.37	70	1.05

*: 分布は、各調査区を10cm×10cmに分割し、計算した。

チモシーの耐倒伏性の指標としての
「出穂茎の反発力」の検討

玉置宏之・吉澤 晃・鳥越昌隆・佐藤公一

Investigation of "Resilience of Heading Stems"
as the Indicator of the Lodging Resistance in
Timothy (*Phleum pratense* L.)
Hiroyuki TAMAKI, Akira YOSHIZAWA,
Masayake TORIKOSHI, Kouichi SATO

緒 言

これまでチモシーの耐倒伏性の指標として用いられてきた観察評点の倒伏程度は、実際に倒伏が発生しなければ評価できないこと、倒伏が地力などの影響を受けやすいことなどの問題を持っている。そこで、チモシーの耐倒伏性育種において、特に初期(個体)選抜の段階で倒伏程度のように簡便かつ非破壊的で、かつ環境の影響を受けにくい新しい指標を検討した。

材料と方法

1996年、5反復で個体植された早生200栄養系(「親」)の穂ばらみ期における草丈(H)と、上部を横方向に軽く叩かれた茎が元の場所に戻るまでの時間(T)を測定した。また、倒伏程度(1:無または微~5:甚)を出穂始期に調査した。この200親栄養系のうち25栄養系の多交配後代3493個体(「子」)について、個体植条件下での移植2年目(1998年)1番草の出穂始から約2週間後の倒伏程度を調査し、その結果から母系ごとの無倒伏個体割合の常用対数(L)を算出した。

結果及び考察

新指標(計算式)の作出

チモシーの出穂始前後の茎は堅く、茎の上部に横方向の力が加わると、途中でしなることなく地際の部分からまっすぐ傾く。このような出穂始前後のチモシーの茎の上部を横方向から軽く叩き、叩かれた茎が元の場所に戻るまでの動きについて調べた結果、地際部分の傾きが最大15度位までとなるような叩き方であれば、叩く力を変えても叩かれた茎が元の場所へ戻るまでの時間が変わらないことがわかったので、この運動を単振り子に近似できると考えた。この仮定に基づくと、角度θまで傾いた時に茎の重心にかかる加速度 $a \cdot \sin \theta$ と表すことが出来、またこのaは、単振り子の公式により、叩かれた茎が元の場所に戻るまでの時間Tと茎の重心の高さhを用いて

$$a = h / (T^2) \dots ①$$

と表すことが出来る(定数部分は省いた。以下同様)。

次に、傾いたチモシーの茎を元へ押し戻そうとする地際の力を、てこの原理(支点は地際、力点は地際のわずかに上の部分、作用点は茎の重心部分)に当てはめて考えた。今、茎の質量をm、茎の重心に掛かる加速度をa、力点・作用点の距離と力点に掛かる力の積をFとすると、

$$F = (\text{作用点に掛かる力}) \times (\text{支点} \cdot \text{作用点間の距離}) \\ = (m \times a) \times (h) \dots ②$$

であり、②の「a」に①の右辺を当てはめると、

$$F = (m \times h^2) / (T^2) \dots ③$$

となる。このFを新しい耐倒伏性の指標と考え、今回は「出穂

茎の反発力」と呼ぶことにした。

さて式③において、T(上部を横方向に軽く叩かれた出穂茎が元に戻るまでの時間)は簡便かつ非破壊的に求められるが、m(出穂茎の質量)とh(出穂茎の重心の高さ)は求められない。そこで、この両者をTを計測した時の草丈Hから推定することにした。hとHは比例的な関係にあると考え、またmの増加に伴い茎が太くなることも考慮し、mとHはべき乗的な関係にあると考えた。この考えに基づき、式③を

$$F = \{H^{(2+p)}\} / (T^2) \dots ④$$

と変形した。なおpは、「出穂茎の反発力Fを決定しようとする集団において、本来Fと、Tを計測した時の草丈Hとは無関係である」との考えに基づき、対象集団の中で、FとHの相関係数がゼロになるようにpを決定するものとした。

新指標の実用性の検定

「親」集団(200栄養系×5反復=1000株)の各株から得られたHとTを用いて、上記の式④に従いFを算出した。「親」集団においてFとHを無相関にするpの値は0.1174であった。そしてこの時の「親」のFと「子」の母系ごとの無倒伏個体割合の常用対数Lとの相関係数は0.459と、5%水準で有意であった(図1)。また「親」の倒伏程度と「子」のLとの相関係数の絶対値は0.285と、親のFを用いた場合より低かった(図2)。このことから、チモシーの耐倒伏性育種における出穂茎の反発力の実用性の高さが示唆された。

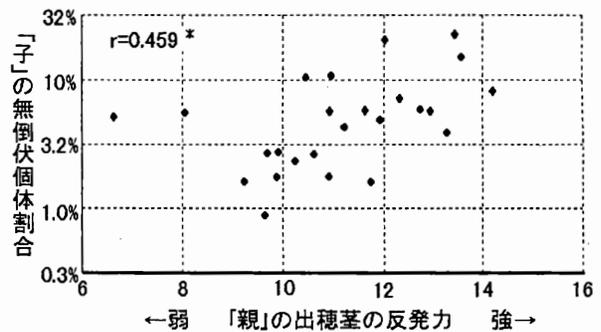


図1. 「親」の出穂茎の反発力と「子」の無倒伏個体割合の

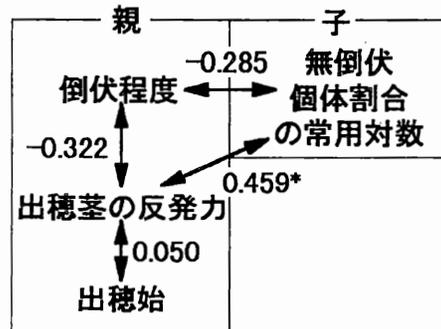


図2. 関連形質間の相関係数

根釧地域の牧草における倒伏の発生推移と生育との関係

藤井弘毅・山川政明・澤田嘉昭

Influence of Growth on Lodging Degree of Grasses in Konsen District.

Hiroki FUJII, Masaaki YAMAKAWA and Yoshiaki SAWADA

緒言

従来倒伏は発生程度がいちじるしい場合、モーアの機種によっては作業能率の低下や収穫物の刈り残しの原因となったが、近年は収穫機械の性能の向上に伴って、その問題はほぼ解決されたものの、粗飼料品質の低下が懸念される。しかしこれまで、根釧地域で栽培される牧草について、倒伏がその生産量や栄養価に及ぼす影響に関する報告はほとんどみられない。

そこで、本試験では、チモシーおよびメドウフェスクの1番草の倒伏が発生する時期と推移の実態を知るため、主要流通品種を用いてその生育の推移と倒伏との関連性について検討した。

材料および方法

チモシー (以下、TYと略す)「ノサップ」、「ホクシュウ」およびメドウフェスク (以下、MFと略す)「トモサカエ」の単播草地を供試した。播種は平成9年8月20日に畦間30cmの条播で行った。試験区の面積は9.0m²/区とし、試験区の配置は乱塊法4反復とした。播種量は150g/a、施肥量は平成9年はN-P₂O₅-K₂O=0.54-2.37-1.60kg/aを施用した。平成10年は早春にN-P₂O₅-K₂O=0.80-0.47-1.04kg/aを施用した。調査は平成10年に行った。1番草刈取りは出穂期に行った。刈取り期は「ノサップ」が7月1日、「ホクシュウ」が7月15日、「トモサカエ」が6月10日であった。

「倒伏」は地ぎわ付近で稈が折れ曲がることとした。「倒伏程度」は試験区内の倒伏面積に前日と差が認められた場合に評価した。評点の基準は、図1に示した。

茎を生殖成長茎および栄養生長茎に分け、その単位面積当たりの茎数(本/m²)と平均1茎重(乾物重, mg/本)を調査した。それらの調査は畦のなかで区を代表する箇所10cmを掘取り、水洗後根を切除してから行った。

結果および考察

供試した単播草地における「ノサップ」の出穂始は6月26日、出穂期は6月29日、「ホクシュウ」の出穂始は7月5日、出穂期は7月14日、「トモサカエ」の出穂始は6月7日、出穂期は6月10日であった。

供試品種の茎数の推移を図1に示した。「ノサップ」の栄養生長茎数は5月下旬から7月上旬の刈取り期にかけて42本/m²まで減少した。生殖生長茎数は5月下旬から発生がみられる5月下旬から6月上旬にかけて急増し、6月中旬以降増加速度が緩やかになり、刈取り期には2,325本/m²に達した。「ホクシュウ」の栄養生長茎数は5月下旬から7月中旬の刈取り期にかけて92本/m²まで減少した。生殖生長茎数は5月下旬から発生がみられ、6月上旬に増加し、6月中旬以降増加速度が緩やかになり、刈取り期には2,392本/m²に達した。「トモサカエ」の栄養生長茎数は5月中旬から刈取り期にかけて2,325本/m²まで減少した。生殖生長茎数は5月中旬から発生がみられ、5月下旬に増加し、6月上旬に増加速度が緩やかになり、刈取り期には

1,359本/m²に達した。

供試品種の平均1茎重の推移を図2に示した。「ノサップ」の生殖生長の平均1茎重は6月上旬から刈取り期にかけて、茎数増加速度が緩やかになった後も連続的に増加し、刈取り期には529mg/本に達した。「ホクシュウ」の生殖生長茎の平均1茎重は6月上旬から7月中旬にかけて、茎数増加速度が緩やかになる6月中旬以降も連続的に増加がみられ、刈取り期には618mg/本に達した。「トモサカエ」の平均1茎重も連続的に増加し、刈取り期には429mg/本に達した。

供試品種の倒伏程度を、図1および図2にそれぞれ茎数および平均1茎重とともに示した。倒伏は6月1日に初めて観測され、「ノサップ」では6月中旬から刈取り期にかけて2週間程度、倒伏程度の高い状態がみられた。「ホクシュウ」では6月上旬に一時的に倒伏程度が高かったが、その後6月中・下旬にかけて低くなり、6月下旬から7月上・中旬にかけて再び倒伏程度が高まった。「トモサカエ」では倒伏程度は低く推移した。

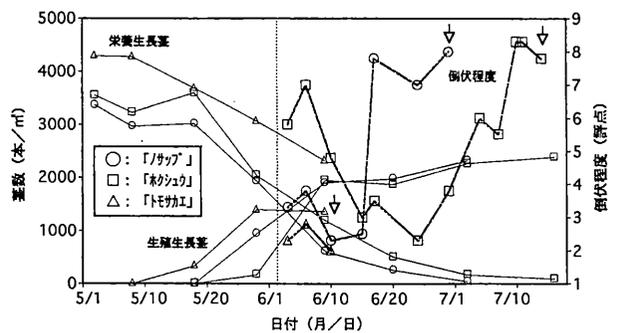


図1. 1番草における生殖成長茎数および栄養生長茎数の推移と倒伏程度との関係
注1) 倒伏程度の調査基準: 評点(1; 区のなかで0%の茎が倒伏, 3; 25%, 5; 50%, 7; 75%, 9; 100%)
2) 図中の線は倒伏が初めて認められた時期を示す。矢印は各品種の収穫期を示す。

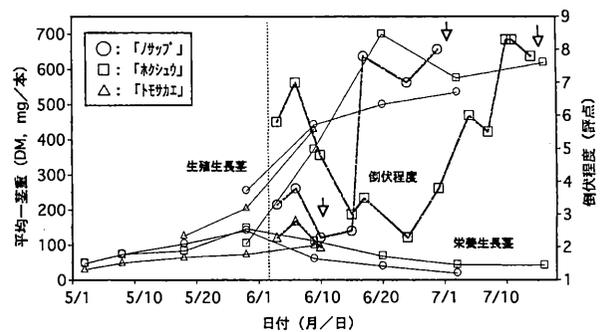


図2. 1番草における生殖生長茎および栄養生長茎の平均1茎重の推移と倒伏程度との関係
注1) 倒伏程度の調査基準: 評点(1; 区のなかで0%の茎が倒伏, 3; 25%, 5; 50%, 7; 75%, 9; 100%)
2) 図中の線は倒伏が初めて認められた時期を示す。矢印は各品種の収穫期を示す。

倒伏発生と茎数および平均1茎重の経時的推移との関連を検討した結果、倒伏は、下位節間が急伸長を始める6月上旬頃に発生する危険性があると考えられた。とくにTYにおいては、伸長節間が次第に上位に移行するにつれて一時的に倒伏程度は低くなるが、その後の茎の伸長と平均1茎重の増加に伴って出穂が近づく頃、再び倒伏程度が高まること示された。このように生育段階と倒伏には一定の関連性が示されたが、その因果関係の詳細は各節間の伸長の仕方と稈や葉鞘の形状的特性などの解明にまたなければならない。

以上のようにTYではいずれの品種も出穂始より少し早い時期から倒伏しやすくなり、その程度は刈取り期である出穂期にもっとも高まること示された。

根釧農業試験場 (086-1153 北海道標津郡中標津町)
Konsen Agricultural Experiment Station, Nakashibetu,
Hokkaido, 086-1153 Japan

CO₂濃度の上昇がイタリアンライグラスの
生育に及ぼす影響

小林創平・河合孝雄・中嶋 博

Effect of elevated atmospheric CO₂ on growth of
italian ryegrass

Sohei KOBAYASHI, Takao KAWAI,
Hieoshi NAKASHIMA

緒 言

通常、高CO₂環境下で個葉の光合成量が増加する。そのため、将来おこるCO₂濃度の上昇 (CO₂富化) は草地生産を増加させると考えられている。しかし、CO₂富化が植物の生育や形質に及ぼす影響が一定でないため、高CO₂環境下で生産力を高める栽培管理や牧草種を見いだせないでいる。そこで本研究は、高CO₂環境下におけるイタリアンライグラスの生育や形質を調査し、CO₂富化の効果が不安定である要因を探った。

材料および方法

1985年5月15日にイタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* cv. Waseaona) を北大農場に設置した高CO₂区 (700ppm) と外気CO₂区に播種し (播種面積50cm×85cm), 出芽後に約400個体/m²に間引きした。また、基肥と追肥 (8月24日) してN・P₂O₅・K₂O・MgOをそれぞれ6・2・6・1.2kg/10aの割合で施した。間引きの後6月21日、7月1・10・17・24日に地上部 (面積10cm×10cm) と根部 (面積5cm×5cm) を採取し、分けつ数と葉面積を計測した後、乾物重を測定した。また、刈取り適時と判断された7月23日・8月22日・9月21日に草丈5cmで刈取り (面積30cm×40cm), 乾物重を求めた。実験は全て2反復で行った。

結果と考察

分けつ数LAI・葉重と全乾物重の相関は、CO₂富化によって変化しなかった (図1), このことから、CO₂富化が植物の地上部形質を直接変化させなかったことが示された。

CO₂富化により乾物重は生育期に増加した (図2)。このことから、CO₂富化の効果は一定でなく、植物体が大きくなるにしたがいその効果が消失していったことが示された。消失の原因として、生育に伴う光・土壌養分環境の悪化があげられる。

高CO₂区と外気CO₂区の乾物収量を比較した結果、正の回帰が認められた (図3)。このことからCO₂富化による収量の増加程度は、比較的安定していたと考えられた。

以上から、1) CO₂富化による地上部形質の変化は、CO₂富化による乾物重の変動によって説明される。2) CO₂富化による全乾物重の増加程度は、植物体の大きさによって変化するが、適時に刈取れば収量の増加程度は安定していると推測された。

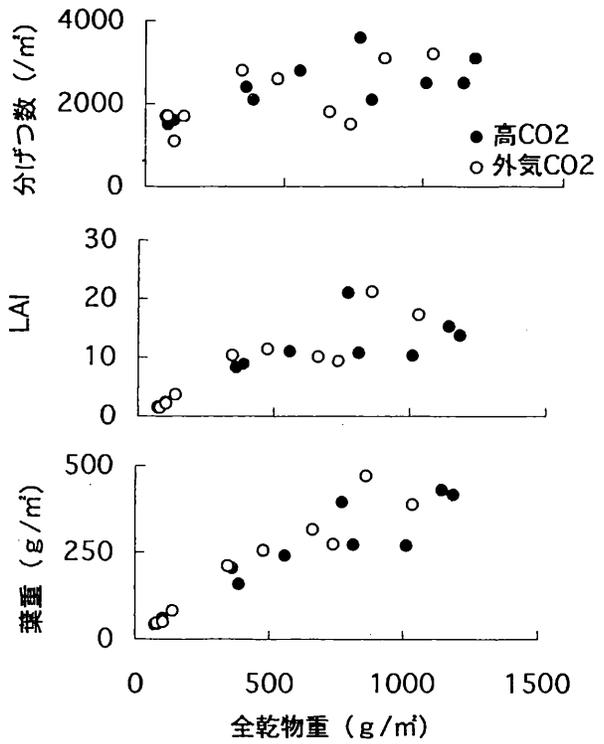


図1. CO₂富化がイタリアンライグラスの分けつ数・LAI・葉重に与える影響

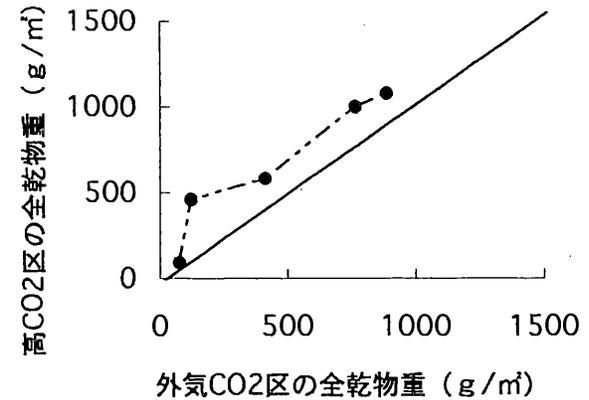


図2. 高CO₂区と外気CO₂区の生育比較

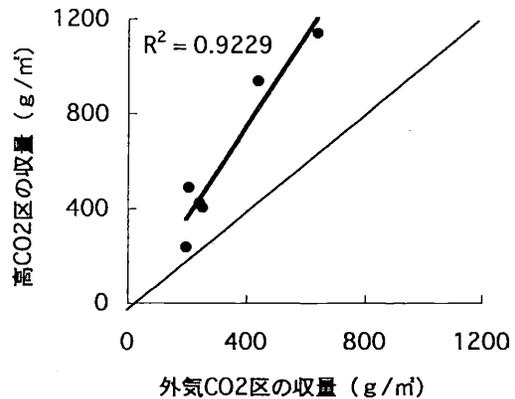


図3. 高CO₂区と外気CO₂区の収量比較

ペレニアルライグラス (*Lolium perenne* L.)
における低温応答遺伝子の検出法の発展

富永陽子・金澤 章・島本義也

Improvement of isolation of the genes
responsive to low temperature in perennial
ryegrass (*Lolium perenne* L.)

TOMINAGA, Y., A. KANAZAWA and
Y. SIMAMOTO

緒 言

植物が低温ストレスをうけることによって発現が制御される低温応答遺伝子を検出・単離し、その構造および機能を解析することによって、植物の低温に対する適応機構を解明するための知見を得ることができる。本研究では、寒地型イネ科牧草であるペレニアルライグラスを材料として、低温応答遺伝子を検出および単離するため、従来用いられている簡易differential display法を、Oligo dT-Adaptor Primerを用いてmRNAの3'末端からのcDNAを合成し、3'-RACE法による未知の3'末端の増幅とdifferential display法を同時に行う方法に改変し、より簡便で効率的にmRNAの発現遺伝子を検出することを目的として行った。さらに、単離された遺伝子について、部分塩基配列の決定によって構造および機能の解析を行った。

材料および方法

耐凍性の高い品種として「Riikka」を、耐凍性の低い品種として「Tasdale」を供試した。4℃・24時間の低温処理の前後における生葉より抽出したtotal RNAを鋳型として、RNA PCR Kit (AMV) vew. 2.1 (TaKaRa) によりOligo dT-Adaptor Primerを用いて1st strand cDNA合成を行った。この方法によって1st strand cDNAの5'末端にアダプター配列が付加されるため、PCRにはアダプター配列に対応したプライマーとニッポンジーン社のDNAオリゴマー (12mers) との2種類のプライマーを用いた。PCRは94℃ 1分、40℃ 1分、72℃ 2分の反応を40サイクル行った。得られたPCR産物を1.5%のアガロースゲルで泳動像の差異について検討した。低温によって増幅に差異がみられるPCR断片を低温応答遺伝子群として、ノーザンブロット分析を行い遺伝子発見について調査し、さらに、部分塩基配列を決定したのち、GenBankおよびEMBLデータベースを用いてBLASTでホモロジー検索を行った。

結果および考察

得られた泳動像の解析例を図に示した。増幅産物は約300~1400bpに分布し、1種類のDNAオリゴマーにつき1~6本のPCR断片が確認された。ランダムプライマーを用いて1st strand cDNAを合成し、10merの任意配列プライマーのみを用いた簡易differential display法と比較して、増幅された断片数は半数以下と少なくなっていたが、非特異的断片の増幅は減少していた。低温処理によって特異的に増幅が誘導あるいは抑制されたPCR断片に関しては、より明瞭な差異が発生し、また、PCR産物の低温処理による量的な変化も観察された。PCR断片の泳動パターンの品種間による差異はみられなかった。低温処理によって増幅が変化したPCR断片をプローブとしたノーザンブロット分析によって、転写産物の蓄積量の変化が確認された遺伝子について、遺伝子断片の部分塩基配列を決定した。既知の遺伝子の相同性検索により機能の推定を行った結果、数種のクローンについて、光合成系に関与する遺伝子との高い相同性を有する配列の存在が認められた (表)。さらに、RNAの発現量のレベルに低温処理の前後において差がみられ、既知の遺伝子との塩基配列の相同性検索からは機能を推定することができなかったクローンについてはcDNAの全長を単離し、より詳細な構造を解析することによって、植物の低温適応に関与する新規の遺伝子として、新たな知見を得ることが期待される。

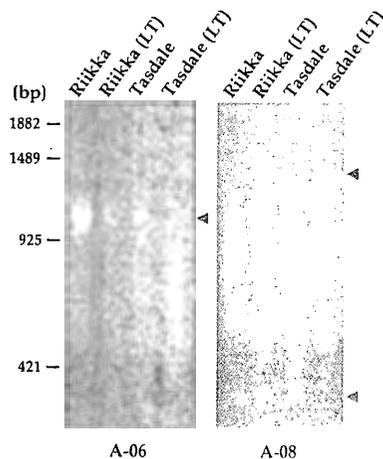


Fig. Representative results of PCR. Amplification by PCR of cDNA from Riikka and Tasdale, and treated with low temperature (LT). PCR from the first-strand cDNA was carried out using adaptor primer and DNA oligomers A-06 and 08.

Table. *L. perenne* cDNA clones with low temperature-responsive expression.

Clone	Sequence homology	%sequence identity
LP-45	<i>Lolium temulentum</i> chlorophyll a/b binding protein type II	97.7
LP-44	<i>Hordeum vulgare</i> light-harvesting complex I, LHC Ib-21	91.6
LP-103	<i>Hordeum vulgare</i> photosystem II associated 10kD protein	88.4
LP-81	<i>Arabidopsis thaliana</i> light-harvesting chlorophyll a/b-binding protein, LHCP AB140	92.9
LP-92	<i>Solanum tuberosum</i> primary structure of chloroplast transketolase	69.5

薬剤耐性無選抜によるペレニアルライグラス
形質転換体の作出効率

日暮 崇・島本義也

Selection of antibiotic-tolerant-free transgenic
plants in perennial ryegrass.

Takashi HIGURASHI and Yosiyu SHIMAMOTO.

緒言

形質転換は、交雑の親和性の制限を受けずに遠縁植物からの遺伝子を導入できるため、作物の特性を改良するための有効な手法として期待されている。ペレニアルライグラスは、良品質の牧草であるが、寒さや乾燥等の環境ストレスに弱く、近縁の植物に有用な遺伝資源が無い場合、環境ストレスに強い系統の作出には、形質転換が有効な手段であると考えられる。

一般に、形質転換体を効率よく選抜するため、導入目的の遺伝子と、抗生物質耐性または除草剤耐性の遺伝子を組み合わせる方法が多く用いられている。しかし、抗生物質等を添加した培地上で選抜を行うと、再分化率が極端に低下し、得られる導入個体数が減少してしまう。そこで、抗生物質等による選抜を全く行わない場合、どの程度の効率で形質転換体を得られるか検証した。

材料および方法

カルス誘導の外植林として、ペレニアルライグラスの品種「Riikka」および「Tasdale」の種子を供試してカルス誘導を行い、約3カ月後、直径1cm以上に生長したカルスをパーティクルガンで打ち込み供試した。GUS(β -glucuronidase)遺伝子およびカナマイシン耐性遺伝子を持つプラスミド「pBII21」をタングステン粒子にコーティングして弾丸とし、ヘリウムガス噴射式のパーティクルガンにより打ち込んだ。

打ち込みを行ったカルスを、カナマイシンを300mg/l含む

培地、および含まない培地に置床し、16時間日長、25°Cの条件で培養し、シュートを再生させた。シュート再生後は発根培地に移植し、約1カ月培養した後、鉢上げを行った。

導入遺伝子の有無は、再分化シュートの葉をX-Gluc溶液に浸し、37°Cで60時間インキュベーターとした後、GUS遺伝子の発現を示す青色の呈色を確認することにより評価した。

結果および考察

カナマイシン添加培地における再分化率は、「pBII21」打ち込みカルスおよび非打ち込みカルス共に、無添加培地における再分化率より低かったが、カナマイシン選抜を行った場合は、「pBII21」打ち込みカルスの方が非打ち込みカルスよりも再分化率が高かった(表1)。カナマイシン添加培地による選抜を行った場合、再生したシュート数は少なかったが、GUSアッセイ陽性を示したシュートの割合は高かった(表2)。一方、培地にカナマイシンを添加しない無選抜の場合に再生したシュートの数は多かったが、GUSアッセイ陽性を示したシュートの割合は低かった(表3)。つまり、カナマイシン選抜を行った方が、形質転換シュートの割合が高かった。しかし、打ち込みカルスあたりの再分化シュート数は無選抜の方が顕著に多く、GUS陽性シュート数でもカナマイシン選抜の場合2倍以上のシュートが得られた(表4)。

カナマイシンによる選抜を行わずに再分化させた場合、シュートを再生させたカルスの比率が高く、カルスあたりの再分化シュート数も多いため、GUS陽性を示したシュートの割合は約30%に減少したものの、結果的に多くの形質転換個体を得られた。「Riikka」においては、約2個のカルスに打ち込みを行えば、1本の形質転換シュートが得られる計算になる。また、形質転換体にカナマイシン耐性遺伝子が残らないため、この耐性遺伝子の散布を心配する必要がない。よって、何らかの方法で導入が確認可能な場合は、抗生物質無選抜が有効であると考えられる。

表1. カナマイシン添加培地および無添加培地におけるカルスの再分化率 (%)

品種	非打ち込みカルス		pBII21打ち込みカルス	
	カナマイシン選抜	無選抜	カナマイシン選抜	無選抜
Riikka	5.0 (2/40) ^a	37.5 (15/40)	9.8 (9/92)	31.0 (63/203)
Tasdale	0	23.5	2.3	26.2

a 括弧内は(シュートを再生したカルス数)/(供試カルス数)

表2. カナマイシンによる選抜を行った場合のGUS陽性シュートの割合 (%)

品種	GUS陽性シュートを再生したカルス	GUS陽性シュート
Rikka	77.8 (7/9) ^a	82.4 (14/17) ^b
Tasdale	100 (1/1)	100 (2/2)

a 括弧内は(GUS陽性シュートを再生したカルス数/シュートを再生した全カルス数)

b 括弧内は(GUS陽性シュートを再生したカルス数/全シュート数)

表3. 無選抜の場合のGUS陽性を示したシュートの割合 (%)

品種	GUS陽性シュートを再生したカルス	GUS陽性シュート
Rikka	60.3 (38/63) ^a	82.4 (85/272) ^b
Tasdale	45.5 (5/11)	20.9 (9/43)

a 括弧内は(GUS陽性シュートを再生したカルス数/シュートを再生した全カルス数)

b 括弧内は(GUS陽性シュートを再生したカルス数/全シュート数)

表4. 打ち込みカルスあたりの再分化シュート数およびGUS陽性シュート数

品種	カナマイシン選抜		無選抜	
	再分化シュート ^a	GUS陽性シュート ^b	再分化シュート	GUS陽性シュート
Rikka	0.18	0.15	1.34	0.42
Tasdale	0.09	0.09	1.02	0.21

a (全再分化シュート数)/(打ち込みを行ったカルス数)

b (GUS陽性を示したシュート数)/(打ち込みを行ったカルス数)

耐凍性の異なるペレニアルライグラス
(*Lolium perenne* L.) の高温に対する反応

久岡由佳・島本義也

Responses to high temperature among the cultivars
of perennial ryegrass with different in freezing
tolerance.

Yuka HISAOKA, Yoko TOMINAGA
and Yosiyu SIMAMOTO

緒言

ストレス環境適応性の高いペレニアルライグラスを育種するためにはストレス環境要因に対する反応の相互の関係を解明することが必要である。植物の低温に应答する機構は、単なる温度変化への反応のみではなく、水分ストレスへの反応の異なった形態である乾燥および塩などの環境ストレスに適應する機構にかなりの共通な部分をもつ制御反応であるといわれ、ストレスに対する応答機構には相互に共通した部分があると考えられている。

本研究はペレニアルライグラスの耐凍性の異なる品種を供試し、耐凍性の主因である低温に対する反応との関連性を検討した。

材料および方法

植物材料として耐凍性の異なるペレニアルライグラスの6品種を用いた。耐凍性は4~8本の分けつからなる個体4℃12時間日長において42日間ハードニングを行った後、幼苗の根を約0.5cm、地上部を3~4cm残して切除したものを、-6℃で16時間凍結処理し、その後移植して14日後における個体生存率により評価した。供試した品種の生存率は「Regency」で35.7%、「Tasdale」は39.5%、「Riikka」は81.0%、「Commander」は90.0%、「Pleasure」は95.2%、「Yorktown II」は100.0%であった。

42℃の高温を一定時間処理した植物体からChomczynski and Sasshi (1987) の方法を改編した方法によって全RNAを抽出した。PCRによって高温により誘導されることが知られているHSP82遺伝子に特異的な塩基配列約750bpを増幅し、これを用いてノーザンプロット解析を行った。ノーザンプロット解析の検出にはAmersham社のAlk Phos DIRECT labelling kitを用いた。

結果および考察

「Riikka」、「Yorktown II」、「Pleasure」それぞれ14日実生に42℃0.5hの高温を処理し、全RNAを抽出した15μgを、HSPをプローブとしてノーザンプロット法に用いたところ、3品種とも、無処理および42℃0.5h後に3.6kbpのバンドが検出され、高温処理後に転写量の増加が観察されました。転写量の増加は「Yorktown II」、「Pleasure」、「Riikka」の順に多く、耐凍性の強さと順序が一致していた。

「Tasdale」、「Riikka」、「Commander」それぞれ27日実生に42℃2hの高温を処理し、全RNAを抽出し10μgをHSPをプローブとしてノーザンプロット法に用いたところ、3品種とも、無処理および42℃2h後に1.5kbpのバンドが検出され、高温処

理後に転写量が増加したと思われる。耐凍性の強い「Riikka」と「Commander」において転写量の変化が観察され、耐凍性の弱い「Tasdale」では転写量の変化が観察された。結果を図1に示す。

「Pleasure」、「Regency」、「Riikka」、「Tasdale」それぞれ25日実生に42℃0.5hの高温処理をし、全RANを抽出し10μg HSPをプローブとしてノーザンプロット法に用いたところ、3品種とも、無処理および42℃2hとに1.25kbpのバンドが検出され、高温処理後に転写量増加したとみられる。耐凍性の強い「Riikka」において転写量の変化が観察され、耐凍性の弱い「Regency」、「Tasdale」では転写量の変化が観察された。しかし、耐凍性の強い「Pleasure」において高温処理後に転写量の減少が見られた。結果を図2に示す。

高温処理後のHSPの発現量の変化に耐凍性の異なる品種間で差異が見られたことから、変成したタンパク質を分解する働きが強さが耐凍性の強さに関連していると考えられ、耐凍性が異なる品種間において高温に対する反応に差異が観察されたことから、耐凍性と高温に対する反応に関連があることが示唆された。

今後は耐凍性の機構をさらに調査するため、耐凍性の強さと関連が見られる水分ストレスへの反応の異なった形態である乾燥および塩障害など他の環境ストレスについても調査を行うことを計画している。

参考文献

Chomczynski P. and Sasshi, N. (1987) Single-step method of RNA isolation by acid guanidium thiocyanate-phenol-chloroform extraction. Anal. Biochem. 162: 156-159.

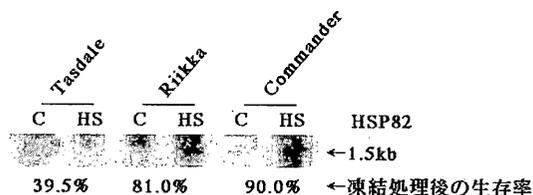


図1. 高温処理(42℃2h)の植物体(27日実生)から抽出した全RNAにおけるHSP82B発現
C;対照 HS;高温処理(42℃2h)

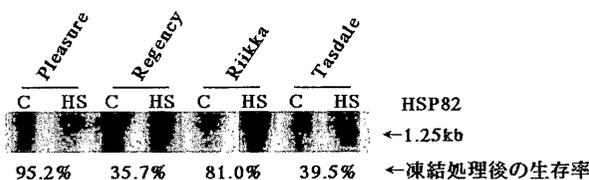


図2. 高温処理(42℃0.5h)の植物体(25日実生)から抽出した全RNAにおけるHSP82B発現
C;対照 HS;高温処理(42℃0.5h)

北海道大学農学部 (060 札幌市北区)
Faculty of Agriculture Hokkaido University, Sapporo
060 Japan

アルファルファ単播草地の栽培技術の確立に関する研究

2. 造成初年目の越冬と2年目の生育について

小川恭男・竹中洋一・手島茂樹・三枝俊哉

Studies on establishment and management of
Alfalfa (*Medicago sativa* L.) sward

2. Winter survival after the establishment
and growth in the next spring

Yasuo OGAWA, Yoichi TAKENAKA,
Shigeki TEJIMA and Tosiya SAIGUSA

緒言

十勝地域の畑作型酪農地帯では、エネルギー飼料としての資料用トウモロコシの栽培・利用が盛んであり、これを補完するためのタンパク飼料として、アルファルファ単播草地の栽培・利用が期待されている。しかし、十勝地域のような土壌凍結地帯では、アルファルファは単播条件では永続的な栽培・利用が困難であるといわれ、慣行的にはイネ科牧草との混播条件で栽培・利用されてきた。

本研究では、飼料用トウモロコシとの輪作体系の中で、維持年限を4～5年に限定したアルファルファ単播草地の集約的な栽培・利用を想定し、アルファルファ単播草地の造成初期の雑草防除技術並びに集約的な栽培管理・利用技術の開発について検討する。

材料及び方法

1) 平成9年に、帯広(十勝1)及び芽室(十勝3)の酪農家1戸、ならびに帯広農業高校(十勝2)の圃場を対象として、

種々の造成法によってアルファルファ単播草地を造成した。また、十勝地域におけるこれら試験地と比較対照するため、北農試(札幌)の2ヶ所の圃場においてもアルファルファ単播草地を造成した。供試品種は全てマキワカバとし、第1表には各試験地の草地造成法の概要を示した。

2) 調査は、平成9年の造成年における越冬前の個体数と個体重、ならびに越冬後翌年春の個体数と個体の越冬率について、移動枠法で実施した(縦横30cm深さ30cmの土柱を各々4点ずつ掘上げた)。また、造成翌年の利用2年目における1番草収量を刈取り調査した。

結果及び考察

十勝の各試験地では、造成時の雑草防除法として、①春造成時におけるエンバクとの混播(十勝1)、②除草剤処理同日播種法(十勝2)、③夏造成法(十勝3)について試みた。その結果、前報(小川ら、北草研報32、1998)に示したとおり、全試験地とも雑草を防除しつつ、アルファルファ単播草地が造成できた。

第2表には、各試験地の造成年における越冬直前の個体数と個体重及び個体の越冬率を示した。十勝の各試験地では、越冬前の個体密度は北農試より高かった。しかし、1㎡当たり及び1株当たりの刈り株重及び根重は北農試より小さかった。そのため、越冬期間中の個体の枯死が懸念された。

しかし、十勝の各試験地における越冬率は、刈り株重及び根重の大小に関係なく、各試験地とも90%内外であり、北農試の越冬率と同水準であった。また、第3表に示したとおり、越冬後のアルファルファの生育は良好であり、1番草の乾物収量は北農試と同水準の10a当たり450～480kgであった。

表1. 試験地及び草地造成法の概要

試験地名	造成方法	場所(a)	土壌及び試験地の来歴	播種量 堆肥施用量	
				播種月日(kg/10a)	(t/10a)
十勝1	エンバク(1kg/10a)と混播	帯広 200	火山性土、フェノコソ栽培跡地	4月29日 1.8	10
十勝2	除草剤処理同日播種法	帯広 20	火山性土、フェノコソ栽培跡地	6月20日 3.0	4.5
十勝3	夏造成	芽室 200	火山性土、フェノコソ栽培跡地	7月23日 2.5	10
北農試1	除草剤処理同日播種法	札幌 3	火山性土、永年草地跡地	5月20日 3.0	3
北農試1	除草剤処理同日播種法	札幌 200	火山性土、エンバク栽培跡地	5月20日 3.0	3

表2. 造成初年目の越冬前における個体数、刈り株重及び根重ならびに越冬率

試験地名	個体数 (本/㎡)	1㎡当たり(GMg)		1株当たり(GMg)		個体の越冬 (%)
		刈り株重	根重	刈り株重	根重	
十勝1 (エンバク)	367	76.7	291.1	0.21	0.79	101
十勝2 (同日)	372	78.9	185.0	0.21	0.50	87
十勝3 (夏)	633	76.9	199.2	0.12	0.31	90
北農試1 (同日)	281(152)	88.1	275.0	0.31	0.98	112(93)
北農試1 (同日)	214(126)	110.8	361.4	0.52	1.69	92(94)

注1) 越冬率は、(越冬後の個体数) ÷ (越冬前の個体数) × 100%

注2) 個体数調査は移動枠法により掘上げて実施した。但し、()内の数値は定置枠法による結果をしめす。

注3) 移動枠法では標本のバラツキにより、越冬率が100%を超えることがある。

注4) 定置法では個体数の固まりが1個体に見えるため、個体数は実際より低く計算される。

表3. 利用2年目の各試験地における1番草収量

試験地名	乾物収量 (kg/10a)	AL割合 (%)	調査月日
十勝2 (同日)	486.7	100.0	6/9
十勝3 (夏)	453.6	93.6	5/29
北農試1 (同日)	559.8	99.8	5/31
北農試1 (同日)	384.1	91.6	5/31

注1) 十勝1については調査せず。

北海道農業試験場 (062 札幌市豊平区羊ヶ丘1番地)

Hokkaido National Agricultural Experiment Station, Hitujigaoka, Sapporo, 062-8555 JAPAN

上士幌町ナイタイ高原牧場におけるアルファルファの
定着に対するコート種子、混播、品種の効果

堀川 洋・大久保寛幸

Effects of coated seeds, mixture with timothy and cultivars on establishment of alfalfa swards of Naitai-Kohgen farm in Kamisihoro
Yoh HORIKAWA and Hiroyuki OHKUBO

緒 言

アルファルファを栽培する上での最近の環境は、コート種子の利用や国産品種の育成等によって大きく改善されており、以前に比べて栽培はそれほど困難でないことが試験研究機関によって報告されている。しかし試験研究においては、除草を行ったり、きめ細かな管理を加えがちなため、現場の草地とはかなり異なる恵まれた条件で栽培しているのが現状と思われる。そこで本研究では、過去においてアルファルファの栽培が何度も失敗している上士幌町ナイタイ高原牧場において、造成時の処理の違いが実際にどの程度の効果をもたらすかについて3年目の草地の調査結果を報告する。

材料及び方法

上士幌町ナイタイ高原牧場において、造成前年秋と翌年5月末に除草剤処理し、AL 3品種(アロー：A, ヒサワカバ*：H, マキワカバ：M)とTY(ノサップ)を用いて、

- (1) ALアロー単播における根粒菌接種法の比較(ノーキュライド：An, コート：Ac)、
- (2) AL-TY混播における根粒菌接種法およびAL品種の効果(AnT, AcT, HcT, McT)を検討した。播種量は、AL単播のAn(2kg/10a), Ac(3kg/10a)、また混播のAnT(2, 1.5kg/10a), AcT・Hct・Mct(3, 1.5kg/

10a)とし、1区2mx3m、3反復の試験区を1996年6月20日に散播で造成した。1年目は、8月末に掃除刈りを1回のみ行い、収量調査は行わなかった。造成2・3年目の6月下旬、8月下旬、10月中旬に刈取り調査を行い、AL・TY乾物収量、AL個体数、雑草量を測定した。

結果及び考察

1年目の掃除刈り時には、雑草の繁茂がひどく(オオイヌタデ8割、ギシギシ及びシロザ各1割)、牧草の生存が危惧されたが、その後の生育は回復した。2年目の融雪後に、AL単播区における浮上・抜根が目立ったのに対して、混播区でのそれは見られなかった。

3年目の刈取り調査の結果、AL種子への根粒菌接種法間の差は、AL単播区においてコート区がノーキュライド区に比べて乾物収量・個体数が約2倍多く、雑草量が半減しており、AL単播におけるコート種子の効果は実際栽培においても確認できた(図1)。TYとの混播におけるコート種子のノーキュライド種子に対する優位性は、ALの個体数がやや多く、雑草量も半減していたことから明らかであった。一方、混播におけるALの品種効果は、個体数についてヒサワカバが明らかに高いことが認められたが、収量・雑草量に対する品種間差は明らかでなかった(図2)。

ALの栽培において、単播か混播かが問題となるが、本研究が行われた牧場のような粗放な管理においては、AL-TYの混播が雑草の抑制・融雪後のALの浮上・抜根の回避・TYによる収量増から見て、混播による効果が非常に大きいものと考えられる。なお、本試験の全ての混播区においてマメ科率が20%以下と低かったので、造成年に雑草が多量に発生する草地においては、初期生育におけるALの低い競争力に起因する枯死量を見込んだ播種量の調整が必要と考えられる。

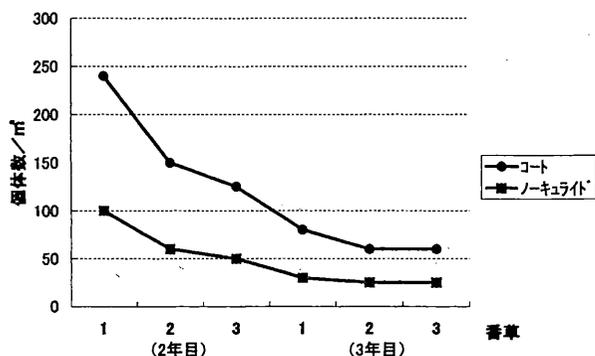


図1. ALコート種子とノーキュライド種子の単播における個体数の推移

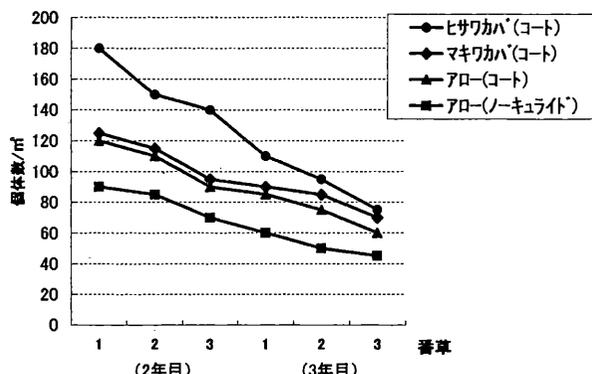


図2. TY混播におけるAL個体数の品種比較

放牧用アルファルファ品種の多回刈りと踏圧処理に対する生育反応
～2年目と3年目の結果の比較～

岩淵 慶・大塚博志・堀川 洋*

Responses of Frequent Harvest and Trampling
on Alfalfa Cultivar for Grazing

- Comparison of the Results Between 2nd and 3rd Year -

Kei IWABUCHI, Hiroshi OTSUKA and Yho HORIKAWA*

緒言

前報において、造成2年目の草地に対して多回刈り処理および簡易な踏圧処理を行った結果、放牧用品種は、収量性や再生など優れることが認められた。本報では、2年目の処理が越冬性に及ぼす影響を調査した結果を報告すると共に、本年も引き続き同様の処理を行って収量性、永続性等の生育特性を調査した結果について報告する。

材料及び方法

供試品種は、放牧用品種の Alfagraze、Amerigraze401、ZG9437、ZG9530、比較品種にはマヤおよび5444を用い、試験は、1996年5月30日に造成した訓子府町のわの北見試験圃場で行った。処理は、造成2年目同様、多回刈り処理は、草丈約30cm(刈り取り高は約5cm)を目安に5回刈り取りを、踏圧処理は、各収穫後毎に重量約1tの自動車を走行して行った。調査項目は、越冬性、早春草勢、乾物収量、根部TNC含有率、個体数、刈り取り後の葉量程度および裸地率とし、適宜実施した。

結果および考察

(1) 多回刈り処理の結果

越冬性について、春季草勢は採草用品種が放牧用品種に比べてやや劣るものの有意な差ではなかった。しかし、春季草勢に裸地率・個体数などを加え総合的に判断した越冬性は、有意に劣る傾向にあった(表1)。裸地率については、採草用品種が有意に大きな値で推移し、各品種とも大きな変動は見られず、秋

表1. 多回刈り処理および踏圧処理における品種別の越冬性、早春草勢および根重

品 種	多回刈り処理			踏圧処理	
	早春草勢 ¹⁾	越冬性 ¹⁾	根 重	早春草勢 ¹⁾	越冬性 ¹⁾
	4/28	5/27	(g/10個体)	4/28	5/27
Alfagraze	6.0a	5.3ab	17.4b	6.0a	6.0a
Amerigraze	6.0a	5.7a	14.6c	6.0a	6.0a
ZG9437	6.0a	5.7a	18.9ab	6.0a	6.0a
ZG9530	6.0a	5.3ab	17.4b	5.0a	5.0a
5444	5.7a	4.8b	19.1a	3.0b	3.0b
マヤ	6.3a	4.3b	25.1a	3.0b	3.0b

1) 1; 劣～9; 良, * P<0.01.

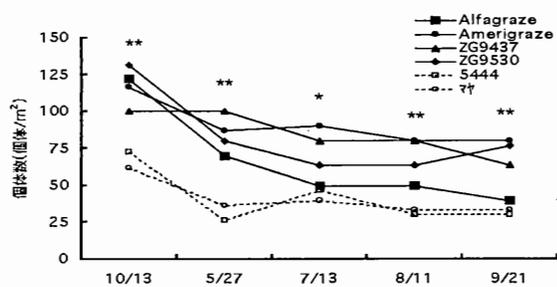


図1. 多回刈り処理における品種別の個体数の推移

*P<0.01

期で、放牧用品種が10%程度、採草用品種で30～40%程度(秋期休眠を考慮)であった。個体数も裸地率同様採草用品種が有意に少ない値となっており、越冬性への影響は裸地率より明確であった(図1)。このときの根重は、放牧用品種よりも採草用品種が有意に大きな株であり、このことは、採草用品種の方がより大きな個体でなければ生存できないことを示唆していると考えられた(表1)。乾物収量は、以上のような草地の状況を受けて、放牧用品種の方が高く推移し、兩年とも、2番草以降有意に高く経過した。そして、3年間合計では13～22%多取となった(表2)。多回刈り処理では、ZG9437およびZG9530が優れた成績を示した。

(2) 踏圧処理の結果

踏圧処理では、越冬性、草地の状態、個体数の推移および乾物収量とも多回刈り処理よりも大きな影響を受けており、放牧用品種と採草用品種との差は大きかった。越冬性に関しては、春季草勢自体が採草用品種の方が劣り、裸地率・個体数等を加え総合的に判断した越冬性でも有意に劣った(表1)。裸地率でも採草用品種が有意に大きな値で推移し、秋期で、放牧用品種が20%程度、採草用品種で45～80%程度(秋期休眠を考慮)であった。個体数も、放牧用品種が有意に多く維持されており、採草用品種の約2倍程度であった(図2)。乾物収量についても、以上のような草地の状況を受け、放牧用品種の方が高く推移した。そして、3年間合計では8～37%多取となった(表2)。踏圧処理では、Amerigraze401が優れた成績を示した。

以上のことから、放牧用品種は採草用品種に比べて多回刈りおよび踏圧処理に対して優れた特性を有していることが認められた。特に、個体数は、処理によって弱小個体は淘汰され、ある一定の個体数に収れんするという特徴があり、また、残存した個体は放牧用が小さかったことから、多回刈りに対する耐性が放牧用品種の方があることを裏付けていると考えられた。放牧用品種の中でも、両処理に対して適する品種は異なり、これには冠根部の形態或いは生育型に起因するものと考えられた。

Key words Alfalfa, Frequent cutting, Grazing, Tractor trampling.

表2. 多回刈り処理および踏圧処理における品種別の乾物収量

品 種	多回刈り処理		踏圧処理	
	(kg/10a)	(%)	(kg/10a)	(%)
Alfagraze	1,347.3b	100	1,164.9b	108
Amerigraze	1,512.7a	113	1,480.2a	137
ZG9437	1,643.3a	122	1,421.1a	132
ZG9530	1,561.8a	116	1,357.8a	126
5444	1,343.9b	100	1,079.6c	100
マヤ	1,144.5c	85	863.5d	80

*P<0.01, 5444 = 100%.

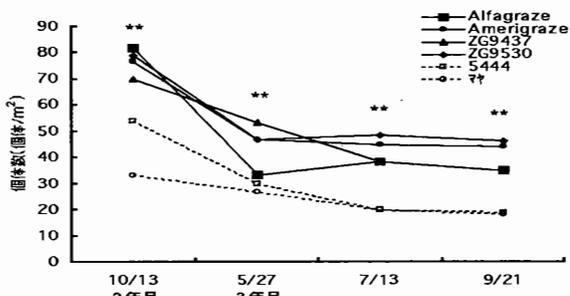


図2. 踏圧処理における品種別の個体数の推移

*P<0.01

ホクレン畜産実験研修牧場 (099-1421 帯呂郡訓子府町字駒里 184)

* 帯広畜産大学 (080-8555 帯広市稲田町)

HOKUREN Livestock Experimental and Training Farm, 184, Komasato, Kunneppu-cho, Tokoro-gun 099-1421, Japan

*Laboratory of Crop Sci., Obihiro University of Agr. & Vet. Medicine, Obihiro, 080-8555, Japan

長期湛水がアルファルファの生育に及ぼす影響

池田哲也・新良力也・糸川信弘・桃木徳博

Growth inhibition of alfalfa (*Medicago sativa* L.)
on flooding over a month

Tetsuya IKEDA, Rikiya NIRA, Nobuhiro ITOKAWA
and Norihiro MOMONOKI

緒言

1998年9月下旬の大雨以降、湧水により11月上旬まで湛水したアルファルファ（以下 AL）草地の生育被害状況を調査した。

材料及び方法

調査は、北海道農業試験場畑作研究センター（芽室町）内に1998年5月から7月にかけて3回に分けて造成したAL単播草地で行った。この草地は、A（50a）、B（42a）、C（28a）、D（38a）、の4草地に分けており、A草地は5月に、B草地は7月に、CとD草地は6月に造成した。9月下旬にD草地内から湧水が発生し、A草地の12%、B草地の55%、C草地の65%、D草地の10%が湛水した。

A、B、Cの3草地において11月5日に調査を行った。調査地点は、各草地内で葉色や収量が明らかに違う点を直線的に4ヶ所ずつ設けた（A-1~4、B-1~4、C-1~4）。各地点に30cm×30cmの枠を置き、その中の全AL個体を採取し、個体数、地上部重、地下部重、根基部の太さを調査した。また、湛水部の水位を経時的に測定し、その水位と各地点の標高から湛水日数と地下水水位を推定した。なお、地表面からの水位が

5cm以上を湛水とした。湛水開始日は、降水量や観察から9月23日とした。

結果及び考察

A草地は、2回刈取りを行っており、2回目の刈取りから約2週間後に湛水が始まった。B草地は、造成後1回も刈取らずに湛水した。C草地は、1回目の刈取り後、51日目に湛水し、2回目の刈取りは行えなかった。

A-1、B-3は、湛水開始から調査日までの全期間の47日間、C-3はこれに次ぐ39日間湛水した。滞水位置が地表面から-20cm以上の期間が40日以上と長かった地点は、A草地の全調査地点、B草地のB-2、C草地のC-1を除く3地点であった（表1）。

A草地では、A-4の地上部、地下部重が最も高く、A-3から1に行くに従って両者とも低くなった（表1）。

B、C草地では、それぞれB-1、C-1の地下部重が最も高く、2から4に行くに従って低くなったが、地上部重量では明確な傾向は見られなかった。これは、A草地が、ALの再生が最も盛んな刈取り後約2週間目に湛水が始まったのに対し、B、C草地は、播種後あるいは刈取り後1ヶ月以上たってから湛水しており、生育がほとんど終了した段階で湛水したため、地上部重への影響が少なかったものと思われる。

各草地とも個体数は、4地点間の差は少なく、湛水期間の違いが個体数に及ぼす影響は少なかったと思われる。しかし、1個体当たりの地下部重は、湛水期間が長い地点ほど低くなる傾向にあった。また、A草地では湛水した地点で根基部が細くなる傾向にあったことから、根の栄養のほとんどが生存するために使われ、越冬に必要な栄養を貯蔵している個体は少ないと思われる。今後、越冬個体数等について調査検討する必要がある。

表1 各調査地点における滞水面の高低差とそれを維持した日数

(日)

滞水面水位	A-1	A-2	A-3	A-4	B-1	B-2	B-3	B-4	C-1	C-2	C-3	C-4
-5cm以上	47	0	0	0	0	0	47	0	0	5	39	1
-5~-20cm	-	47	47	40	0	47	-	0	0	37	7	41
-20~-35cm	-	-	-	7	0	-	-	47	39	5	1	5
-35cm以下	-	-	-	-	47	-	-	-	8	-	-	-

注：滞水面の水位は、各地点の地表面からの深さで表した。

表2 各調査地点におけるアルファルファの育成状況

調査項目	A-1	A-2	A-3	A-4	B-1	B-2	B-3	B-4	C-1	C-2	C-3	C-4
個体数(本/m ²)	300	311	367	367	211	222	200	233	289	278	289	211
地上部重(gDM/m ²)	9.4	18.1	36.8	56.2	40.4	44.1	39.7	31.7	48.7	36.8	54.2	20.6
地下部重(gDM/m ²)	2.7	9.5	16.2	32.1	24.1	17.4	7.6	13.0	24.9	17.7	12.8	11.0
地下部重(gDM/本)	0.1	0.3	0.5	1.0	1.3	0.9	0.4	0.6	1.0	0.7	0.5	0.6
根基部径(mm)	3.1	4.8	4.6	5.1	4.7	5.2	4.7	5.2	6.1	5.0	5.1	4.7

湿性植物「ヨシ」の採種と育苗技術の確立

入山義久・室示戸貞雄・高山光男

Establishment of seed growing and seedling of *Phragmites communis* Trin.

Yoshihisa IRIYAMA, Sadao HOJITO, Mitsuo TAKAYAMA

緒言

近年、各種緑化工事において、在来野草の導入による自然景観復元への関心が高まっている。河川敷、ダム工事などにおいては、ヨシ、ガマなどで、水質浄化機能も期待できるため注目されている。従来の現地への導入方法は、植物体や地下茎の移植が一般的であるが、作業効率が低く、最適な導入方法ではない。そこで、種子から育苗して現地に導入する方法が適すと考え、当社では水湿生植物及び在来野草の研究を行ってきた。今回は、ヨシの採種、精選、育苗技術について報告する。

材料及び方法

1) 採種関連特性と採種方法

ヨシの採種は表1に示す複数の地域から、数回に分け採種を行った。採取した穂は、風乾し、小型脱粒機で脱粒後、篩と箕によって選別した。発芽試験は昼間25℃10時間（明処理と暗処理とした）、夜間15℃14時間（暗処理で共通）として行った。

2) 発芽定着条件の解明

晩秋における水辺への直播を想定し、播種面が水面下5cm、水面0cm、水面上5cmとなるように播種した。

3) 育苗方法の検討

屋外に作ったビニール湛水プールで播種育苗し、ヨシの育苗に適当な配合土、及びビニールトンネルによる発芽初期生育の促進効果等を検討した。

4) 育苗2年苗の環境耐性試験

断水試験は、40日、48日、62日間の断水を行った。冠水試験は、完全水没区（水深110cm）及び半水没区（水深30cm）に約3ヶ月間冠水させた。それぞれの試験処理後は温室内で養生し、再生状況を調査した。

結果及び考察

1) 採種関連特性と採種方法（表1）

1994年の長沼町近郊のヨシは8月上旬に出穂が始まり、採種は10月中～下旬が適期であった。

種子精選の結果、1穂当たりの採種量は、0.11～0.25gであり、採種量は10a当たり2kg前後と試算した。種子純度は95.1～99.2%、夾雑物の多くは、麦角と黒穂粒であった。純種子100粒重は、19.6～26.8mg、1g粒数は4,000粒前後となった。

14日目の発芽率は明処理（59.0～74.0%）でやや高い傾向があり、10月18日採種の早採りの種子では、発芽勢が低く、発芽揃いが遅い傾向が見られた。

2) 発芽定着条件の解明

播種翌年の調査の結果、生育個体の総数は水面上5cm区が多かった。一方、大苗の個体数は水面下5cm区が多く、これから湛水条件下では早く発芽した種子が多いことが考えられた。ヨシの発芽は乾燥に弱く、播種床は高い含水率を保つ必要があることが推測された。実際には、水辺現地への導入は流水による種子流亡や雑草との競合が懸念されるため、育苗した株を現地に植え付ける方法がより有利で実用であると考えられた。

3) 育苗方法の検討

用土の差は発芽の時点では認められなかったが、その後の生育ではかなり顕著に認められ、肥料成分に富む用土では、トンネルの有無に関わらず初期生育から10月まで良好な生育を示し、施肥の効果がよく見られた。

また、発芽と初期生育におけるトンネル効果が明らかに見られ、ハウス内での初期育苗が夏までの健苗育成に有効であると考えられた。

4) 育苗2年苗の環境耐性試験

断水試験では、62日間の断水で、地上部は完全に枯死したように見えたが、灌水を再開すると、僅かに見えた地下茎より再生した。

冠水試験では、半水没区は秋まで良好な生育を示した。完全水没区では9月以降地上部が枯死状態になったが、冠水処理を終え温室内で養生すると再生した。

表1. ヨシの採種量、種子検査および発芽試験結果

採種地点	採種月日	精選種子量 (g)	1穂当り種子量 (g)	種子純度 (%)	麦角黒穂粒 (%)	発芽試験結果*				備考 (採種地点)	
						100粒重 (mg)	発芽勢明 (%)	発芽勢暗 (%)	発芽率明 (%)		発芽率暗 (%)
Na	1994年										
①	10/18	200	43.9	96.4	3.2	26.8	36.0	33.0	63.5	54.5	北広島市 南の里
②	10/18	1,000	74.1	98.2	0.0	17.0	11.5	11.5	48.0	31.0	北広島市 音江別川**
③	10/18	500	124.7	97.6	0.6	31.7	12.0	12.0	74.0	46.5	千歳市 泉郷***
④	10/20	1,300	230.8	98.8	0.3	20.0	17.0	17.0	72.0	37.0	恵庭市 下島松
⑤	10/20	500	58.5	95.1	2.0	23.5	40.0	40.0	69.5	62.0	恵庭市 漁太
⑥	10/24	800	119.2	98.0	0.2	19.9	29.5	29.5	65.0	48.5	千歳市 ③の西1km
⑦	10/24	300	34.6	95.4	2.3	24.9	17.5	17.5	59.0	40.5	長沼町 南12号
⑧	10/24	600	71.1	97.0	0.2	21.2	22.0	22.0	61.0	34.5	長沼町 南12号
⑨	10/31	300	34.0	99.2	0.8	21.7	35.5	35.5	63.5	45.5	長沼町 ⑧付近
	平均					23.0	39.9	24.2	62.8	44.4	
	LSD (5%)					0.99	6.5		11.3		
	CV (%)					3.0	9.7		10.0		

注) *発芽勢は7日間、発芽率は14日間
***③はツルヨシ

**②は痩せ地から採種した
****⑨は採種時期が遅かった

雪印種苗株式会社 北海道研究農場 (069-0464 北海道夕張郡長沼町幌内1066)

Snow Brand Co., Ltd., Hokkaido Research Stn. 1066, Horonai, Naganuma-cho, Hokkaido 069-1464

ネパール王国ソル・クンブー地方における
畑地雑草の利用に関する研究

藤倉雄司・本江昭夫*

Study on the utilization of arable weeds
in the solu-khumbu district in nepal
Yuji TOKURA and Akio HONGO

緒 論

ネパール中間山地帯における農業システムは、作物栽培、家畜飼育、林業が強い結びつきを持ちながら構成されている。ソル・クンブー地方に居住する山岳民族であるシェルバ族は、集落周辺において日帰り放牧を中心に家畜飼養を行っている。飼料の不足する冬期間には、農産副産物のムギワラを中心に、トウモロコシの稈葉、作物栽培の畑地から生産される雑草、集落周辺から刈取られる野草、飼料木の葉を与えている。一般的に、畑地雑草は作物生産に害を与えるため、防除の対象として考えられているが、いくつかの発展途上国では、伝統的に畑地雑草を家畜の飼料として利用している。

本研究では、ネパールソルクンブー地方における雑草利用に関し、その実態を調査するとともに、雑草の生産量と生態を調査し、さらに栄養成分を分析して、雑草の家畜飼料としての可能性を検討した。

材料および方法

ネパール王国サガルマータ県ソル・クンブー郡、ジュンベシ谷 (Junbesi Khola) 沿いの、標高2200mから3000mの間に位置するパフル (2300m)、ジュンベシ (2650m)、パンカルマ (2960m) の3村を中心に調査を行った。期間は、1996年3月2日から3月13日、同年6月26日から11月18日、1997年6月13日から9月26日の3回に分け、雑草利用の実態調査、コドラー法 (25cm×25cm) による雑草生産量の調査、および冬期間に貯蔵されている飼料の種類に関する調査を行った。また、ネパール農業技術会議に依頼し、雑草の同定および栄養成分の分析を行った。

結果および考察

調査地域では、コムギ畑、オオムギ畑、トウモロコシとジャガイモの混作畑において、作物収穫後に雑草を生育させ、9月から10月に雑草の収穫を行い、乾燥後に越冬用飼料として貯えていた。コムギ、オオムギは10月に散播され、翌年の収穫までの間目立った農作業は行われない。一方、混作畑では、数回の中耕作業とジャガイモの時に、雑草は土壌中にすき込まれる。このため、混作畑において利用されている雑草は、ジャガイモ収穫後に発芽するもので、トウモロコシ子実が収穫される10月まで生育させた後に、収穫されていた。こうした農作業の違いから草種に違いが見られ、コムギ、オオムギ畑ではメヒシバ (*Digitaria sanguinalis*)、混作畑ではハキダメギク (*Galinsoga*

parviflora) とヤンバルハコベ (*Drymaria cordata*) が主要雑草となっている。

コムギ畑における雑草乾物収量は、標高が低くなるにしたがい増加し、1997年のパフル地区では448 g/m²に達した (図1)。1997年のパフル地区における、メヒシバの茎数密度は、2000本/m²以上の値を示し、この高い茎数密度が雑草収量を支えていた。ジュンベシ地区において、生産された雑草種子を調べたところ、コムギ畑のメヒシバは約19万粒/m²、混作畑のヤンバルハコベは、14万粒/m²に達した。これらの種子は、埋土種子として畑地生態系の雑草植生を支えていると考えられる。

1996年11月時点での、ジュンベシ、パンカルマ地区における越冬用飼料の割合は、農産副産物であるムギワラが60%を占め、雑草の乾草は30~15%を占めた。また、テーマル (*Iris sp.*) やチュウ (*Carex spp.*) と呼ばれている野草も利用されていた。ジュンベシ谷において利用されている主な家畜飼料の栄養価を表1に示した。粗タンパクは、マメ科雑草16.6%、広葉雑草12.0%、飼料木の葉12.0%となり、冬の越冬用飼料の60%を占めている穀類副産物の4.8%にくらべ明らかに高い値を示した。灰分は、広葉雑草で11.1%となり、他の飼料にくらべ高い値を示した。これらの結果より、雑草の乾草は山間地域の家畜飼養において、タンパク源、ミネラル源として重要な役割を果たしていると推察された。

経済的制約から牧草等の導入が困難な発展途上国において、雑草のもつ多様な環境適応性を生かしながら、それを家畜飼料として利用することは、有意義な方法と考えられる。今後、雑草の消化率や嗜好性について検討を加え、家畜の飼料として積極的な雑草の利用が行われることを期待したい。

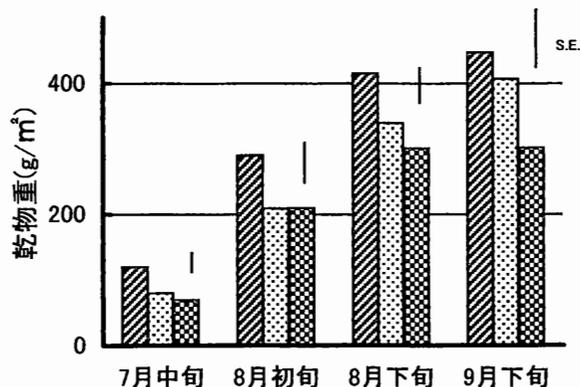


図1. 1997年のコムギ畑の雑草生産量の推移

表1. ジュンベシ谷における越冬用貯蔵飼料の栄養価 (乾物中%)

	広葉型 雑草	マメ科 雑草	イネ科 雑草	イネ科 野草	飼料木 の葉	農産 副産物	LSD 0.05
粗蛋白質	12.0	16.6	7.5	6.1	12.0	4.8	1.6
粗脂肪	3.3	1.6	2.3	2.3	2.9	1.9	1.1
粗繊維	19.2	21.3	28.6	30.3	17.8	32.2	4.6
粗灰分	11.1	8.8	8.8	5.8	5.2	7.2	1.6

*帯広畜産大学 草地学講座 (080-8555 北海道帯広市稲田町)

Laboratory of Grassland Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine (Inada, Obihiro, Hokkaido 080-8555.)

チモシー・アカローバ・アルファルファにおける
乾物収量と窒素・NDF収量の相関関係

小林創平・出口健三郎*・中嶋 博

Relationship between dry matter yield and
nitrogen, NDF yield of Timothy, Red Clover and
Alfalfa

Sohei KOBAYASHI, Kenzaburo DEGUCHI,
Hiroshi NAKASHIMA

緒 言

植物の窒素含量と全乾物重の間には高い相関がある。このことは、各飼料成分収量と乾物収量の間にも、高い正負の相関がある可能性を示している。そこで本研究では、チモシー2品種・アカローバ・アルファルファの単播草地を1年間にわたり刈取り調査し、乾物収量と各飼料成分収量の相関関係について検討した。

材料および方法

実験材料は、新得畜試にて1993年に造成したチモシー2品種「ノサップ」と「キリタツプ」・アカローバ「ホクセキ」・アルファルファ「5444」の単播草地（1区面積3m×2で種子150g/aを散播）とした。1994年6月12日に2番草を、9月21日と10月11日に3番草を、それぞれ断続的に刈取った。年間施肥量（N・P₂O₅・K₂O）は、チモシーで17・10・22kg/10a、アカローバで4・11.3・24kg/10a、アルファルファで

2・13・27kg/10aとし、これらを早春と刈取り後に分肥した。全番草を通じて得られたサンプル数（刈取数）は、ノサップとホクセキで44、キリタツプと5444で47だった。刈取った植物体は乾物重を測定後、NDFを常法によって測定した。

結果と考察

乾物収量と窒素収量の相関（図1）：チモシー2品種では、1番草で弱い負の相関が、2・3番草では高い正の相関が認められた。一番草では、有穂茎が多く、かつ出穂も始まっていたことから、チモシーの窒素の回帰は出穂・未出穂によって著しく異なると推測された。もしくは、出穂にともなう倒伏が原因かも知れない。アカローバとアルファルファでは番草に関わらず高い正の相関が認められた。また、アカローバの窒素含量が高い傾向にあった。このことから、マメ科牧草では、番草間で窒素の回帰が常に一定であると推測された。

乾物収量とNDF収量の相関（図2）：チモシー2品種では、番草にかかわらず高い正の相関が認められた。このことから、チモシーのNDFの回帰は、窒素と異なり、各番草間で変化しないと考えられた。また、品種間における回帰のずれはほとんど認められなかった。アカローバとアルファルファでも、各番草で高い正の相関が認められた。しかし、アカローバでは1番草の回帰と2・3番草の回帰間に若干のずれが認められた。このことから、マメ科牧草の乾物収量とNDF収量の相関は常に正であるが、回帰が番草間で変化する可能性も示唆された。

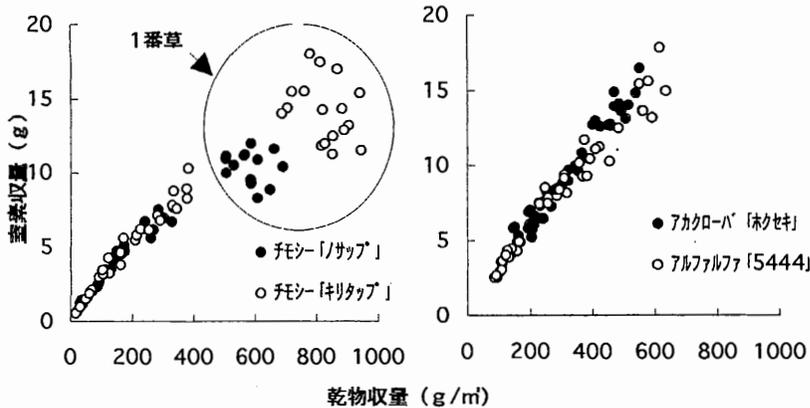


図1. チモシー・アカローバ・アルファルファにおける乾物収量と窒素収量の相関関係

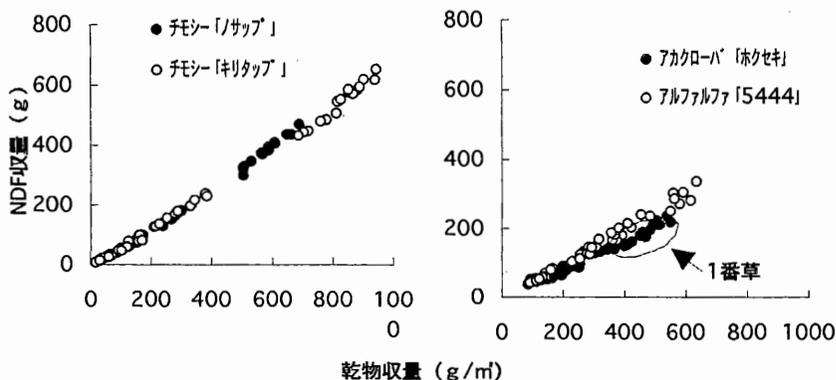


図2. チモシー・アカローバ・アルファルファにおける乾物重量とNDF収量の相関関係

北海道大学農学部 (060 札幌市北区)

*北海道立新得畜産試験場 (081-0038 上川郡新得町西4線40)

Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060 Japan.

*Shintoku Anim. Husb. Exp., Sintoku-cho Hokkaido 080 Japan.

オゾン処理がリグニン含量の異なる飼料の
繊維質分画に及ぼす影響

金 理 嬋・花田正明・岡本明治

Effect of ozone treatment on fiber fractions of
forages including different lignin content
KIM, Li Hwa, Masaaki HANADA
and Meiji OKAMOTO

緒 言

オゾンはその強い酸化力により、リグニン中の炭素間の二重結合を一重結合にさせたり、ヘミセルロース側鎖から糖を解離させ、これまでにオゾン処理によりリグニン含量やヘミセルロース含量が減少することが綿稈や麦稈で報告されている。しかし、オゾン処理によるリグニン含量やヘミセルロースの減少効果は飼料によって異なる。この原因の一つとして、飼料中のリグニン含量やヘミセルロース含量の違いが考えられる。しかし、低品質粗飼料に対するオゾン処理の研究は、主に綿稈や小麦稈において行われており、それ以外の飼料についての研究例は少ない。そこで本試験では、リグニン含量の異なる飼料を用いて、飼料の繊維質分画と*in vitro*乾物消化率に対するオゾン処理の効果を比較検討した。

材料及び方法

供試飼料は、オガクズ、ソバ稈、小豆稈、ミヤコザサ茎部、大豆稈、小麦稈、チモシー乾草、アルファルファ乾草、イタリアンライグラス乾草および稲ワラとした。オゾン処理は、1mmに粉碎した試料20gを水分含量が30%になるよう蒸留水を加え、一晚放置した後、オゾン発生装置（東芝WOR-1.5）を用いて行った。オゾン発生装置のオゾン発生量は、1.5g/時間とした。分析項目は、オゾン処理前後の飼料のNDF、ADF、ADL、*in vitro*乾物消化率とした。なお、ヘミセルロースはNDFからADFを差し引いて、セルロースはADFからADLを差し引いて求めた。

結果及び考察

各飼料のADL含量は稲ワラの4.3%からオガクズの28.3%の範囲であり、ヘミセルロース含量は大豆稈の7.1%から小麦稈の25.8%の範囲であった（表1）。

オゾン処理によって飼料のADL含量は減少する傾向がみられた（表1）。しかし、ADLの減少量は飼料によって異なり、オガクズ、ソバ稈、小豆稈などは5%単位以上ADL含量が減少したのに対し、小麦稈、アルファルファ乾草およびイタリア

ンライグラス乾草ではADLの減少量はわずかであった。オゾン処理によるADLの減少量と処理前の飼料のADL含量との間には正の相関がみられ（図1）、リグニン含量の高い飼料ほどオゾン処理によるリグニンの減少量が大きかった。

ヘミセルロース含量もオゾン処理によって減少する傾向がみられ、オガクズ、小麦稈、イタリアンライグラス乾草および稲ワラなどではオゾン処理により4%単位以上ヘミセルロース含量が減少した（表1）。しかし、ミヤコザサやチモシー乾草はヘミセルロース含量が高いにもかかわらずオゾン処理によるヘミセルロースの減少量は小さかった。また、小豆稈と大豆稈ではヘミセルロースの減少は認められなかった。これらのことからヘミセルロース含量に対するオゾン処理の効果は一定でなく、その原因については今後の検討課題となった。

ソバ稈、小豆稈、チモシー乾草のセルロース含量は、オゾン処理によって減少する傾向がみられたが、それ以外の飼料ではオゾン処理によるセルロース含量の変化は認められなかった（表1）。

*In vitro*乾物消化率は、オゾン処理によってすべての飼料で消化率が増加する傾向がみられ、オガクズ、ソバ稈、小豆稈および小麦稈ではオゾン処理により乾物消化率が20%単位以上改善された（表1）。飼料のADL含量と*in vitro*乾物消化率の間には正の相関（ $r=0.72$ ）がみられ、ADL含量の高い飼料ほどオゾン処理による栄養価の改善効果が大きいと考えられた。一方、小麦稈のようにADL含量が少ない飼料でも大幅に乾物消化率が改善されたことから、オゾン処理によるヘミセルロースの分解も低品質粗飼料の栄養価改善に寄与することが示唆された。

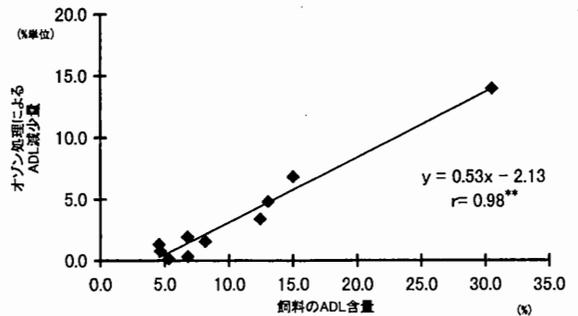


図1. 飼料のADL含量とオゾン処理によるADL減少量の関係

表1. オゾン処理前後の飼料のADL、ヘミセルロース、セルロースおよび*in vitro*乾物消化率

	ADL		ヘミセルロース		セルロース		In vitro乾物消化率	
	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後
	乾物中%				%			
オガクズ	28.3	16.6	11.2	7.7	53.7	51.3	11.6	42.4
ソバ稈	15.0	8.2	9.1	8.2	50.1	45.8	51.0	76.0
小豆稈	13.0	8.2	8.5	8.7	46.5	42.4	58.7	83.3
ミヤコザサ	12.4	9.0	24.9	23.3	37.1	37.0	33.7	44.8
大豆稈	8.1	6.6	7.1	8.7	25.3	24.1	69.2	86.6
小麦稈	6.8	6.4	25.8	18.2	42.8	41.9	40.8	64.8
チモシー乾草	6.7	4.8	26.8	24.8	35.2	30.1	67.9	71.2
アルファルファ乾草	5.3	5.1	11.7	8.3	18.5	18.0	76.9	82.5
イタリアンライグラス乾草	4.6	3.8	23.8	19.5	32.5	31.5	70.3	75.4
稲ワラ	4.5	3.2	19.6	12.9	39.7	38.8	50.3	67.1

サイレージ調製用セルラーゼ入り乳酸菌
「スノーラクトール アクレモ」が牧草サイレージの
発酵品質に与える影響と利用者アンケート結果について

三浦俊治*・龍前直紀**・山下太郎**

Influence of SNOW LACT-L acremo, inoculum
including cellulase, on the quality of grass silage
fermentation and results of user questionnaire

Toshiharu MIURA*, Naoki RYUMAE
and Taro YAMASHITA

緒 言

本道では様々な条件下で牧草サイレージが調製され、特に高水分条件では品質改善の為になんらかの資材が利用される場合が多いが、必ずしも良い結果が得られているとは限らない。そこで、本実験及び調査では、本道の過酷な条件下における牧草サイレージの品質改善に対する弊社製品「アクレモ」の効果を検討した。

材料及び方法

1996年に2つの方法(A: 窒素8 kg/10 a、B: 窒素8 + 9 kg/10 a)で追肥した出穂期のチモシー(ホクオウ)単播1番草を予乾せずに切断し、無添加区、従来区(原料草1 g当たり *Lactobacillus rhamnosus* 10⁵ cfu、*Trichoderma viride*由来セルラーゼをアビセラゼ活性で2.65×10⁻² U添加)、従来酵素倍量区(前区のセルラーゼを倍量化)、アクレモ区(原料草1 g当たり *L. rhamnosus* 10⁵ cfu、*T. viride*と *Acremonium cellulolyticus*由来セルラーゼ合剤を2.12×10⁻² U添加)の4つの処理区を設定し、各3点ずつ1 ℓポリ瓶に600 g詰め込み、1ヶ月間室温で貯蔵後開封して発酵品質等を分析した。

又、1997年にアクレモを使用した農家のサイレージ92点を給与期間中に採取し、pHを調査した。給与した感想については後日アンケートで集約した。

表1. 原料草の処理方法と成分

	A	B
窒素施肥量 (kg/10 a)	8	8+9.2
密封遅延 (3時間)	無	有
水分(%)	82.96	86.00
WSC (%DM)	0.87	0.34
(%DM)	5.11	2.43
TDN (%DM)	67.02	65.52
NDF (%DM)	60.34	63.36
ADF (%DM)	37.27	33.84
粗蛋白 (%DM)	11.52	18.64
乳酸緩衝能 (mg/g DM)	32.51	42.20

WSCはアンスロン法で、乳酸緩衝能はMcDonald and Hendersonの方法で、揮発性塩基態窒素(VBN)は減圧蒸留法で、全窒素はケルダール法で、NDFはVan Soest and Wineの方法で、ADFはVan Soestの方法でそれぞれ定量した。又、pHはガラス電極pHメーターで測定し、有機酸はガスクロマトグラフィーで定量した。

結果及び考察

無添加区の発酵品質は、方法Aでは比較的良好と判断されたが方法Bでは劣質だった。アクレモ区はいずれの条件でも従来酵素倍量区と同等かそれ以上の良好な品質で、全処理区の中で最も優れ、無処理に対し有意な品質改善も認められた。

アクレモを使用した酪農家の細切サイレージは80%以上の頻度でpHが4.2以下だった。アンケートの結果も利用者の95%が「出来ばえに満足」、更に75%が「食い込みが良い」と回答した。

以上の結果から、高水分低糖に代表される本道の過酷な調製条件下においても、アクレモの使用はイネ科牧草サイレージの発酵品質改善に対して有効と考えられる。

表2. チモシーサイレージの発酵品質と繊維含量

	無添加区	従来区	従来酵素倍量区	アクレモ区
〈方法A〉				
pH	4.09±0.02 ^c	4.05±0.00 ^{b,c}	3.98±0.01 ^{a,b}	3.97±0.03 ^{a*}
VBN/全N(%)	5.8 ±0.3	6.0 ±0.8	7.1 ±1.4	6.0 ±0.2
乳酸 (%FM)	2.27±0.39 ^a	2.41±0.15 ^a	2.92±0.04 ^b	2.98±0.04 ^{b*}
酢酸 (%FM)	0.31±0.03	0.30±0.04	0.28±0.02	0.27±0.02
酪酸 (%FM)	0.12±0.05 ^b	0.06±0.02 ^{a,b}	0.04±0.02 ^{a,b}	0.03±0.00 ^{a*}
総酸 (%FM)	2.70±0.38 ^a	2.76±0.19 ^{a,b}	3.24±0.07 ^{b,c}	3.28±0.06 ^{c*}
ツリカ評点	68±9 ^a	83±13 ^{a,b}	93±9 ^b	100±0 ^{b*}
NDF (%DM)	64.8±0.95	64.8±1.57	64.4±0.07	65.2±0.06
ADF (%DM)	41.3±0.76	42.7±0.76	41.2±0.68	42.7±0.54 ^{b*}
〈方法B〉				
pH	4.56±0.03 ^c	4.36±0.04 ^b	4.28±0.02 ^a	4.28±0.04 ^{a**}
VBN/全N(%)	13.9±0.6	13.1±1.0	12.8±0.1	12.2±0.9
乳酸 (%FM)	1.84±0.11	1.94±0.06	1.81±0.17	1.70±0.04
酢酸 (%FM)	0.78±0.11	0.67±0.05	0.58±0.02	0.63±0.02
酪酸 (%FM)	0.11±0.04 ^{a,b}	0.14±0.03 ^b	0.09±0.04 ^{a,b}	0.04±0.04 ^{a*}
総酸 (%FM)	2.73±0.38 ^b	2.75±0.09 ^b	2.48±0.07 ^a	2.37±0.06 ^{a*}
ツリカ評点	54±6 ^a	56±4 ^a	64±4 ^{a,b}	80±15 ^{b*}
NDF (%DM)	60.1±1.65	58.6±0.47	57.3±0.58	56.9±0.75
ADF (%DM)	39.9±1.10	37.6±0.47	36.2±0.32	38.3±1.33

異文字間でDUNCAN多重検定による優位差あり (* p<0.05, ** p<0.01)

*雪印種苗(株)技術研究所 (〒069-0832 西野幌36-1)

**雪印種苗(株)北海道研究農場 (〒069-1464 幌内1066-5)

*Tech. Ren. Ins., SNOW BRAND SEED CD., LTD. (36-1 Nishinopporo 069-0832), **Hokkaido Res. Station, SNOW BRAND SEED CO., LTD. (1066-5 Horonai 069-1464)

北海道和種馬の夏季林間放牧が
非ササ型林床植生に及ぼす影響

稲葉弘之*・新宮裕子*・河合正人**・植村 滋*・
秦 寛*・近藤誠司*・大久保正彦*

Effect of forest grazing hokkaido native horse
in summer on non-sasa vegetation
Hiroyuki INABA*, Yuko SHINGU*,
Masahito KAWAI**, Shigeru UEMURA*,
Hiroshi HATA*, Seiji KONDO*
and Masahiko OKUBO*

緒 言

ササ類を利用した北海道和種馬の林間放牧に関する研究についてはいくらか報告があるが、非ササ型林床植生における和種馬放牧については不明な点が多い。

前報(日草53会大会1998年)では非ササ型林床植生における北海道和種馬の放牧により、植物の栄養価の高かった6月で8月放牧に比べ放牧時の植物減少量が多かったと報告したが、こうした放牧時の植物減少量の違いが翌年までの植生の回復に影響することが示唆された。そこで本報告では林床植生の生育段階が異なる6月と8月に北海道和種馬を林間放牧したときの非ササ型植生への影響を検討した。

材料および方法

試験は本学附属苫小牧演習林で行った。林床にササ類がほとんどない非ササ型林床植生を持つ落葉広葉樹林に100×400mの供試牧区を2牧区設置した。それぞれの牧区に、1997年の6月下旬(以下6月区)と1996年8月下旬(以下8月区)に北海道和種馬8頭を10日間放牧した。

植生調査は各区の放牧前後および翌年の同時期に行った。供試牧区を64個のブロックに分け、各ブロックに1×1mの定点コドラートを4個ずつ、計256個設置した。各コドラートについて、和種馬が採食可能な高さ2mまでの範囲に存在するすべての植物種名を記録し、各種の葉部合計面積を1㎡に占める葉面積割合として測定した。また、各区とも放牧前と翌年に1×1mのコドラート8ヵ所について、シダ植物を除いた草本および樹葉の刈り取りを行い、乾物重量を測定した。

結果及び考察

和種馬を放牧した結果、6月区、8月区ともに林床植物の種数はほとんど変化しなかった。シダ植物を除いた現存量は放牧前と放牧翌年で、6月区がそれぞれ32.5、19.3g DM/㎡、8月区が26.6、18.5g DM/㎡と減少した。また、6月区の現存量の減少率が8月区に比べ大きかった。

葉面積割合が0.5%以上の採食植物および非採食種の放牧前後と放牧翌年の葉面積割合の変化を表1に示した。放牧時には両区とも非採食種よりも採食種の葉面積割合の減少が多く、いずれにおいても8月区より6月区の放牧時の減少量が多かった。放牧翌年も同様に非採食種よりも採食種の葉面積割合の減少が多く、8月区より6月区の減少量が多かった。このような放牧による採食および非採食植物の葉面積割合の変化は林間放牧を続けた場合の非ササ型植生の植物構成を変化させる可能性を示唆している。

主要な6種について葉面積割合の放牧時変化率と翌年変化率の関係を図1に示した。いずれの種においても放牧時の葉面積割合の減少が大きいくほど、翌年の減少が大きくなる傾向にあり、種によってその変化の程度が異なった。また、6月区と8月区で比較した場合、チゴユリとオシダで若干の違いがあるものの、他の4種はいずれにおいても両区でほとんど差がなかった。このことから、放牧前から翌年までの葉面積割合が6月区で8月区より多く減少したことは放牧時期による影響ではなく、放牧時の葉面積減少率が大きかったことが大きな要因であったことが示唆された。

以上より放牧時の葉面積の減少量は非ササ型植生に対する放牧圧の影響を推測する有効な指標となる可能性があり、今後、さらに種別の回復力や長期間の林床植生の変化について詳細な検討が必要である。

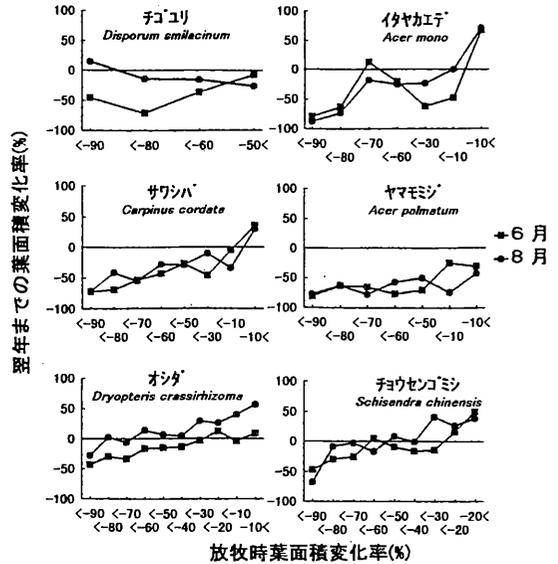


図1. 葉面積の放牧時変化率と翌年変化率の関係

表1. 放牧前後と放牧翌年の採食種および非採食種の葉面積割合の変化

	採食草本		採食木本		非採食種	
	6月	8月	6月	8月	6月	8月
葉面積割合	%					
放牧前	29.6	17.3	38.7	31.4	55.6	44.4
放牧後	2.6	5.7	9.6	10.7	33.3	31.2
放牧翌年	12.6	10.1	15.5	19.5	49.4	48.8
相対葉面積割合*						
放牧後	8.9	33.1	24.8	33.9	59.9	70.2
放牧翌年	42.7	58.6	40.1	62.1	88.8	109.8

*放牧前の葉面積割合を100にした時の相対値

*北海道大学農学部 (060-0810 札幌市北区)
Faculty of Agriculture Hokkaido University, Sapporo Hokkaido 060-0810 Japan

**帯広畜産大学 (080-8555 帯広市稲田町)
Obihiro Univ. of Agr. & Vet. Med. Obihiro Hokkaido 080-8555 Japan

軽種馬の放牧地における牧草採食量 (第2報)

太田浩太郎*・戸田秀雄*・長澤 滋**・小沢幸司**・
阿部勝夫***・出村忠章***・佐藤分洋***・
木戸口友美子***・吉川正明***・新名正勝****

The amounts of herbage which light-horse ate
at pasture

Hirotarō OTA*, Hideo TODA*,
Sigeru NAGASAWA**, Koji KOZAWA**,
Katsuo ABE***, Tadaaki DEMURA***,
Fumihiro SATO***, Yumiko KIDOGUCHI***,
Masaaki KIKKAWA***, Masakatsu NIINA****

緒 言

近年、軽種馬の適切な栄養管理を行う上で、飼料計算による給与设计がなされているが、放牧地における牧草採食量が不明確なことから、適切な飼料設計が難しい現状にあった。今回は、第1報よりも調査回数を増やし、軽種馬が実際に放牧地で摂取する放牧草量を、より正確に把握するとともに、放牧期間中の行動についても観察調査を行った。

材料及び方法

放牧地における採食量を求める方法として、農家所有の馬と放牧地を利用し、特別な測定器具を用いずに比較的簡単にできる方法として、「バイティング法」を採用し調査を行った。

採食量は、1時間おきに10分間ずつ、馬が採食している牧草とほぼ同量の牧草を手で摘んで集め、単位時間当たりの採食量と、1日の放牧期間中の採食時間を測定して総採食量を求めた。

調査は、分娩時期と採食量の関係を探るため、6月と8月～9月の2回行った。調査場所は、日高管内門別町、静内町、浦河町で、調査対象は子馬哺乳中の繁殖雌サラブレッド種3頭である。

表1. 調査対象馬の概要

調査馬 (年齢)	A(13)		B(11)		C(7)	
調査月日	6.16	8.26	6.25	9.2	6.19	9.5
体重 (kg)	550	550	570	570	576	560
分娩後日数	86	158	111	180	86	144
調査場所	紋別町		静内町		浦河町	

表2. 放牧中の馬の採食以外の行動 (単位:分)

調査項目/馬	A		B		C	
調査月	6月	8月	6月	9月	6月	9月
立位休息	6	5	0	1	54	0
横臥休息	0	0	0	0	0	0
排糞	2	1	1	1	3	1
哺乳	12	4	6	8	11	5
遊歩	20	27	21	10	137	103
走る	0	0	0	0	0	149
合計	40	37	28	20	205	258

結果及び考察

馬が放牧期間中に行った採食以外の行動は、立位休息・横臥休息・排糞尿・哺乳・遊歩・走る、である。遊歩、走る、休息の時間は個体によって大きな差が見られた。哺乳時間は、分娩後日数が短く哺乳量が多いと思われる6月の調査時の方が8～9月の調査時より長い傾向にあった。

単位時間当たりの採食量とバイト数(採食回数)は牧草の草丈によって左右され、草丈が短い場合はバイト数が多く、草丈が長い場合はバイト数が少ない傾向が見られた。

単位時間当たりの採食量に総採食時間を乗じて、総採食放牧草量を求めると、12.4kg～39.8kgと個体差が非常に大きく、体重当たり比率に換算しても、ばらつきの大きい結果となった。

放牧草と厩舎内での飼料給与量を合計し1日当たり総飼料摂取量を調査した結果、総乾物摂取量は11.3kg～13.9kgまた、乾物量体重比では、2.0%～2.5%となり個体差の少ない結果となった。さらに、乾物摂取量は、分娩後日数が短く養分要求量が多いと思われる6月の調査時の方が、8～9月の調査時より多い傾向にあった。

以上のことから、次のことが考察される。

1. 放牧草の草丈が長いほど、1回の採食量は多くなり、単位時間当たりのバイト数が少なくなる。
2. 放牧地における牧草採食量は厩舎内で給与される飼料の量によってかなり左右されるが、1日の総乾物摂取量は体重の2.0%～2.5%となる。
3. 乾物摂取量は、泌乳量の多い分娩後日数の短い馬の方が多い。
4. 軽種馬の放牧地における乾物摂取量は個体差が大きいが、厩舎内での飼料摂取量、分娩後日数などによって、おおよその推測ができる。

表3. 放牧中のバイト数と採食量

調査項目/馬	A		B		C	
調査月	6月	8月	6月	9月	6月	9月
10分当バイト数	455	394	327	543	417	578
10分当採食量	242 g	230 g	455 g	489 g	529 g	1,114 g
総採食時間	540分	523分	562分	560分	383分	332分
総バイト数	24,710	20,518	17,918	31,522	15,742	19,039
総採食量	12.9 kg	12.4 kg	29.5 kg	27.3 kg	21.3 kg	39.8 kg

表4. 放牧地と厩舎内における総飼料摂取量 (単位/乾物重/kg)

調査項目/馬	A		B		C	
調査月	6月	8月	6月	9月	6月	9月
放牧草	2.5	2.3	6.2	4.9	6.0	6.7
舎内乾草	6.0	6.5	2.6	2.6	4.9	4.9
穀類	3.3	2.4	3.9	3.9	1.2	0.9
配合飼料	0	0	0	0	1.8	1.3
ミネラル	0.1	0.1	0	0	0	0
合計	11.9	11.3	12.7	11.4	13.9	13.8
乾物/体重比	2.2%	2.1%	2.2%	2.0%	2.5%	2.5%

*日高西部地区農業改良普及センター (055-0107 沙流郡平取町本町)
**日高中部地区農業改良普及センター (056 静内郡静内町こうせい町)
***日高東部地区農業改良普及センター (057 浦河郡浦河町栄丘)
****花・野菜技術センター (073 滝川市東滝川735)
*Hidaka-seibu Agric. Ext. C., Biratori, Hokkaido, 055-0107 Japan
**Hidaka-tyubu Agric. Ext. C., Sizunai, Hokkaido, 056 Japan
***Hidaka-tobu Agric. Ext. C., Urakawa, Hokkaido, 057 Japan
****Hokkaido Orn. Pla. and Veg. Res. C., Takikawa, Hokkaido, 073 Japan

持続型放牧草地としてのケンタッキーブルーグラス
草地の再評価

1. 放牧方法の異なるケンタッキーブルーグラス草地
とチモシー草地の草種構成と家畜生産性

三枝俊哉・手島茂樹・小川恭男*1

Evaluation of kentucky bluegrass
(*Poa pratensis* L.) as main grass for
sustainable grazing pasture in Hokkaido
1. Botanical composition and animal performance
in the kentucky bluegrass and the timothy
(*Phleum pratense* L.) pastures used
by set and rotational grazing system
Toshiya SAIGUSA, Shigeki TEJIMA
and Yasuo OGAWA

緒 言

将来の北海道における農村の労働力不足は少子高齢化によつて深刻化し、農地の余剰が予想される。土地利用型草地畜産経営において耕作放棄地の増大を防止するには、離農跡地を取り込んで規模を拡大し、単位面積当たりの生産性は最大でなくとも、省力的かつ安定的に草地を維持する技術が必要である。本研究では、省力的家畜生産を放牧によって達成するため、北海道で安定性が期待されるケンタッキーブルーグラス (KB) に注目し、これを省力的かつ安定的に維持できる放牧草地の管理法およびその時の生産水準を明らかにすることを目的とした。本報では、高い嗜好性と生産性を有するチモシー (TY) を対照として、定置放牧と輪換放牧の条件で草種構成と家畜生産を比較した。

材料および方法

KB「トロイ」とTY「ホクシュウ」のそれぞれを基幹とするシロクロバ (WC、「ソーニヤ」) との混播草地に1区62.5 aの定置放牧区と輪換放牧区を設け、ホルスタイン去勢牛を放牧して草種構成と家畜生産性を比較した。放牧開始時の平均月齢は6ヶ月齢、平均体重は212kgであった。輪換放牧区は1区あたり10牧区に仕切り、毎日転牧した。試験開始時における放牧頭数は1区当たり6頭とし、その後、各区の現存草量に応じて6月から7月までの間に3頭に減じた。また、TY定置区では8月から2頭とした。

結果及び考察

放牧の概況を表1に示した。放牧開始はKB草地で4月30日、TY草地で5月6日であった。放牧日数はKB草地で168日であったが、TY草地では以下に述べる経緯で鼓張症が発生し、その時点で試験を中止したので、定置区160日、輪換区95日となった。その結果、延べ入牧頭数はKB輪換区で最も多く、KB定置区、TY定置区の順に減少し、TY輪換区で最も少なかった。しかし、KB定置区における供試牛の増体が他の区よりも劣ったため、ヘクタール当たりの増体量ではKB輪換区が最も多く、TY定置区、TY輪換区の順に減少し、KB定置区が最低となった。定置区における草種構成の変化を図1に示した。KB草地におけるKB構成割合は安定していたが、TY草地では7月以降WCが急激に優占化した。輪換区における草種構成の変化も定置区とおおむね同様であった。これにともない、TY輪換区では8月、TY定置区では10月に鼓張症が発生した。

以上のように、KB草地ではTY草地よりも草種構成が秋まで良好に維持され、延べ放牧頭数は多かったが、定置区における供試牛の増体が明らかに劣っていた。今後はKB草地における増体の改善について検討する。

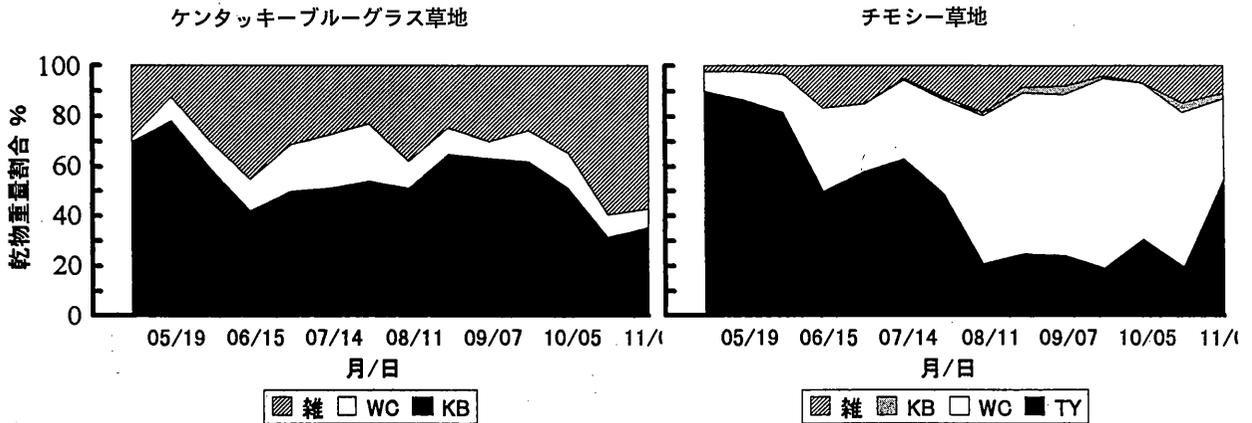


図1. 定置放牧区における草種構成の推移

表1. 放牧の概況

	放牧期間			延べ放牧頭数		増 体	
	開始	終了	日数	頭/ha (A)	C D	kg/ha (B)	kg/頭・日 (A/B)
KB定置	4/30	10/15	168	1018	527	555	0.5
KB輪換	4/30	10/15	168	1070	561	803	0.8
TY定置	5/6	10/13	160	952	491	735	0.8
TY輪換	5/6	8/9	95	720	357	689	1.0

*1 北海道農業試験場 (062-8555 札幌市豊平区羊ヶ丘1番地)

Hokkaido National Agricultural Experiment Station (Hitsuzigaoka, Sapporo, Hokkaido, 062-8555 Japan.)

放牧飼養時における泌乳牛の乳中尿素態窒素とアラントイン濃度

川島千帆・杉田美幸・花田正明・岡本明治

The relationship between milk urea nitrogen and urinary allantoin of grazing dairy cows.

Chiho KAWASHIMA, Miyuki SUGITA, Masaaki HANADA and Meiji OKAMOTO

緒言

放牧地における牧草は採草地の牧草に比べ早い生育段階で利用されるため、粗タンパク質含量はサイレージや乾草調製された牧草に比べ高い。しかし、放牧草中のタンパク質は反芻胃内での分解性が高く、反芻胃内へのタンパク質と微生物のエネルギー供給の不均衡により、反芻胃内微生物タンパク質に合成されず、体外に排泄されてしまう窒素が多く利用効率が低いといわれている。近年、乳中尿素態窒素 (MUN) と乳タンパク質を用い、反芻胃内へのタンパク質とエネルギー供給のバランスを判断する方法が提案されている。しかし、放牧飼養されている乳牛において、微生物タンパク質合成量とMUNや乳タンパク質との関係について検討した研究はほとんどない。そこで本試験では、反芻胃内微生物タンパク質合成量の指標として微生物の核酸の最終分解物質であるアラントインを用い、微生物タンパク質合成量とMUNと乳タンパク質との関係について調べるとともに、MUNとアラントイン濃度に対する泌乳ステージや放牧条件の影響について検討した。

材料および方法

1998年7月22日から10月6日まで、帯広畜産大学附属農場のオーチャード主体混播草地に6.5頭/haの放牧庄でホルスタイン種泌乳牛を放牧飼養した。分娩後日数により泌乳ステージを3群に区分し、分娩から50日目までを前期、51から150日目までを中期、151日目以降を後期とした。試験期間は併給飼料の給与条件の違いにより2期に分け、それぞれ1998年7月22日から9月2日までをI期、9月3日から10月6日までをII期とした。I期では放牧時間を17時間、サイレージ採食可能時間を4時間とした。サイレージは、牧草サイレージとコーンサイレージを混合したものを自由採食させた。II期では放牧時間は17時間であったが、このうち夜間の12時間は牛舎から放牧地までの出入りを自由にし、サイレージ採食可能時間を16時間とした。濃厚飼料は乳量に応じて給与量を設定し、I期では前期・中期

・後期でそれぞれ9, 7, 4 kg/日、II期では9, 7, 5 kg/日とした。I・II期ともに各泌乳ステージの群に3頭ずつ乳牛を割り当て、10日間隔で3回、乳・血液および尿のサンプリングを実施した。測定項目は血中尿素態窒素 (BUN)、尿中アラントイン濃度、乳量、乳中尿素態窒素 (MUN)、乳脂肪、無脂固形分、乳タンパク質、乳糖とした。

結果および考察

乳量は、13.2~48.3kg/日の範囲でI期よりII期で多く、乳期の進行に伴い減少した。乳タンパク質及びSNF含量は乳期の進行に伴い増加したが、飼養条件の違いによる差はみられなかった。MUNは、5.82~20.33mg/dlの範囲で泌乳ステージや飼養条件の違いによる差はみられなかった。尿中アラントイン濃度は8.11~36.83mmol/lの範囲で泌乳ステージや飼養条件の違いによる差はみられなかった。尿中アラントイン濃度は8.11~36.83mmol/lの範囲で、泌乳ステージで差がみられなかったが、I期に比べII期で高くなった。これは、サイレージの採食時間が長かったII期では、採食量が増え、反芻胃内での微生物タンパク質合成量が増加したことによるものと考えられた。しかし、I期とII期のMUNに差がみられなかったことから、反芻胃内への窒素とエネルギー供給のバランスは変わらなかったと推定された。これらのことから、尿中アラントイン濃度の変化はMUNに反映されないことが明らかになった。また、尿中アラントイン濃度とMUNおよび乳タンパク質の間にも明らかな関係がみられなかったことから、MUNや乳タンパク質から微生物タンパク質合成量を判断することは難しいと考えられた。

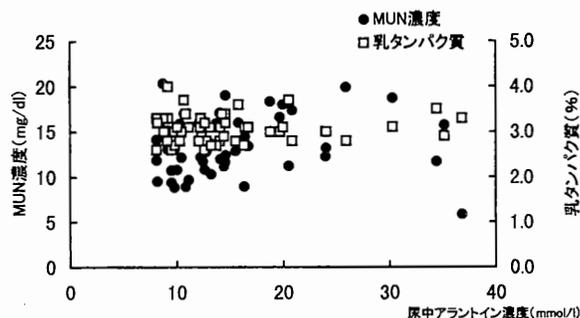


図1. 尿中アラントイン濃度とMUN・乳タンパク質の関係

表1. 乳量・乳成分・MUN・BUNおよび尿中アラントイン濃度

	泌乳ステージ			飼養条件		有意差	
	前期	中期	後期	I	II	ステージ	飼養条
乳量	33.1	28.5	20.6	25.4	29.4	**	**
FCM	32.1	26.3	20.5	24.9	27.7	**	NS
乳タンパク質	2.84	2.98	3.34	3.04	30.7	**	NS
乳脂肪	3.78	3.50	4.05	3.90	3.66	NS	NS
SNF	8.45	8.55	8.87	8.61	8.63	**	NS
乳糖	4.62	4.53	4.55	4.57	4.57	NS	NS
MUN	13.8	13.7	13.5	13.4	13.9	NS	NS
BUN	13.1	13.1	10.5	11.7	12.7	NS	NS
尿中アラントイン	16.0	14.5	14.7	10.9	19.2	NS	**

** : P < 0.01, NS : 有意差なし (P > 0.05)

帯広畜産大学草地学講座 (080-8555)

Laboratory of Grassland Science, Obihiro University of Agriculture & Veterinary Medicine Obihiro Hokkaido, 080-8555

天北地方の採草地に対するきゅう肥施肥効果の長期実証

中辻敏朗・大塚省吾・木曾誠二

Effects of farmyard manure application on grasslands performance in a long-term experiment in northern Hokkaido

Toshiro NAKATSUJI, Shogo OHTSUKA and Seiji KISO

1. 緒言

近年の家畜ふん尿に関わる環境問題に対する有力な解決策の一つとして、ふん尿の適正な草地還元が重要視されている。すなわち、ふん尿には肥料としての効果もあるため、これを適切に利用することは環境問題に対してだけでなく、草地生産性の向上にも有効である。しかし、ふん尿を効率的に利用している例は依然として少ない実状にある。この理由の一つとして、ふん尿の施用効果を長期的視点から実証した例が少ないことが考えられる。

そこで本試験では、きゅう肥の有効利用促進に資するため、天北地方の採草または放牧用として重要な4草種、5草地を対象に、更新時と維持管理時に施用したきゅう肥が草地生産性や土壌の理化学性におよぼす効果を10年間にわたり実証した。

2. 材料及び方法

オーチャードグラス、パレニアルライグラス、チモシー、アルファルファの各単播およびアルファルファ・オーチャードグラス混播の5草地を、天北農試圃場の酸性褐色森林土に1987年6月更新し、10年間供試した。チモシー草地は年2回刈り、その他は3回刈りとした。

各草地に対し、化学肥料施与量2水準（1987年当時の北海道施肥標準量、同半量）ときゅう肥施用の有無を組み合わせた4処理を設定した（1区面積300㎡、反復なし）。きゅう肥施用区には、きゅう肥を更新時に10a当たり5t、更新後6～10年目には毎年秋に同じく2tを表面施用した。施用したきゅう肥の成分（1994年の分析値、原物中）は、水分が74%、窒素（N）が0.89%、リン（ P_2O_5 ）が0.51%、カリ（ K_2O ）が0.67%であった。

3. 結果及び考察

1) 草地生産性に対する効果

導入草種（播種した牧草）の割合は、きゅう肥施用、無施用のいずれの草地でも経年的に低下した。低下程度には草種間差が認められ、チモシー草地での低下が大きく更新後8年目には10%以下となったが、それ以外の草地では緩やかであった。導入草種割合の推移がきゅう肥施用区と無施用区の間で大差がなかったことから、本試験程度の施用量では、導入草種割合の低下ときゅう肥施用の関連性は小さいと考えられた。

全乾物収量（導入草種+侵入草種）は、化学肥料にきゅう肥を併用すると、いずれの草地でも10～39%増加した。また、各草地とも、施肥標準量の半量にきゅう肥を併用すれば、化学肥料を施肥標準量与えた場合と同等の収量が得られた（図1）。このような収量の傾向は、牧草の養分吸収量と密接に関係していた。

2) きゅう肥からの養分供給量

更新時に基肥として施用したきゅう肥からの養分供給量は、施用後3年目をピークに減少しながら6年間にわたり認められた。きゅう肥1t当たりの年間供給量は、Nが1.0～0.4kg、 P_2O_5 が0.4～0.2kg、 K_2O が1.2～0.4kgであった。一方、表面

連年施用した場合の養分供給量は、施与年次とともに増大する傾向を示し、同供給量は、Nが1.5～3.5kg、 P_2O_5 が0.5～1.5kg、 K_2O が1.5～6.0であった（図2）。これらの値は、きゅう肥からの養分供給量に関する既往の知見とおおよそ合致していた。

3) 土壌理化学性に対する効果

きゅう肥の施用により、土壌の全窒素含量は経年的に微増し、有効態 P_2O_5 は著しく増加した。これに対し、交換性 K_2O 含量の年次変動は大きく、北海道土壌診断基準値以下になることもあった。

土壌の物理性についてみると、きゅう肥施用区では固相率や仮比重の経年的な増加が小さかったことから、きゅう肥の施用は経年的な草地土壌の堅密化を緩和する可能性が示唆された。

以上のように、きゅう肥の施用により、牧草収量の増加、土壌化学性の改善、および土壌の経年的な堅密化の緩和が、10年間にわたり認められた。また、きゅう肥から供給される養分量などに関する既往の知見の妥当性も長期にわたって実証された。

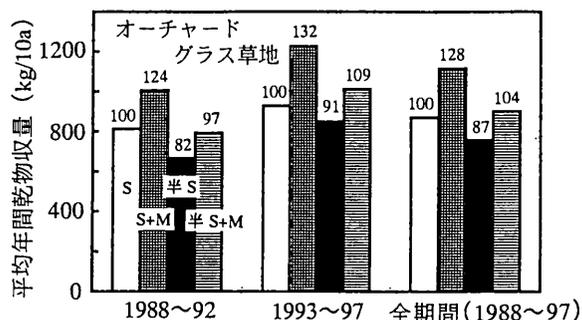


図1. 全乾物収量（導入草種+侵入草種）に対するきゅう肥の施用効果

S区：化学肥料を道施肥標準量（1987年当時）施与、S+M区：化学肥料を施肥標準量施与し、きゅう肥を更新時に5t/10a、更新後6/10年目に毎年2t/10a施用、半S区：化学肥料を施肥標準量の半量施与、半S+M区：化学肥料を施肥標準量の半量施与し、前記のようにきゅう肥を併用。図中の数字はS区を100とした指数。

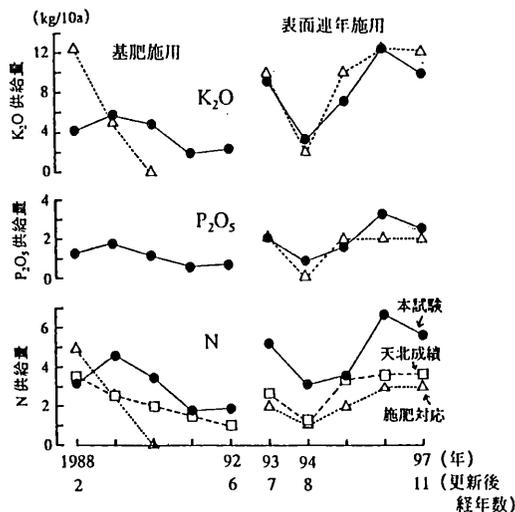


図2. きゅう肥からの養分供給量の経年変化

5草地の平均値。養分供給量は施用きゅう肥当たり（基肥では5t、表面連年では2t）の量。94年はきゅう肥を施用していない。施肥対応は「土壌診断に基づく施肥対応（北海道）」より、天北成績は昭和62年度北海道農業試験会議資料「鉬質土壌における施用堆肥の窒素評価」より算出した値。

天北地域におけるきゅう肥の養分含量の実態と
その簡易推定法

太田成俊*・中辻敏朗**・大塚省吾**・木曾誠二**

Nutrient contents of farmyard manure in
northern Hokkaido and simple methods
for measuring them

Naritoshi OHTA, Toshiro NAKATSUJI,
Shogo OHTSUKA and Seiji KISO

1. 緒言

現在、北海道内で産出される家畜ふん尿は年間1800万トン程度であるが、「北海道酪農・肉用牛生産近代化計画」の目標飼養頭数を達成した場合、2005年には2200万トンにも達すると試算される。家畜ふん尿に起因する環境問題が深刻化しつつある今日、この多量のふん尿を有効活用することが強く求められている。

実際にふん尿を自給肥料として利用する場合、養分含量の変動の大きいことが施肥管理上の重要な問題点である。したがって、ふん尿の養分含量を現場で簡易に把握できれば、過不足のない適切な施肥の実現に結びつく。

そこで本試験では、天北地域におけるきゅう肥の養分含量の実態を明らかにするとともに、養分含量をpH計、電気伝導率(EC)計、小型反射式光度計(以下、光度計)などの簡易な機器を用いて推定する方法を検討した。

2. 材料及び方法

宗谷管内の酪農家や堆肥センターから収集した105点のきゅう肥を供試した。きゅう肥は堆肥盤や草地に半年～3年程度堆積されたもので、牧草、おがくず、バークなどの敷料が混入している。

きゅう肥を外観色、臭いなどから4つの腐熟度に分類し(生:22点、未熟:37点、中熟:28点、完熟:18点)、未風乾および風乾サンプルについて常法により、pH、EC、無機態窒素(N_{E4}-N、NO₃-N)、全窒素(T-N)、リン(P₂O₅)、カリウム(K₂O)などの成分を測定した。

3. 結果及び考察

1) 養分含量の実態

各測定項目の全サンプルの平均値は、水分が72.3%、かさ密度が0.5kg/L、ECが253mS/m、pHが7.76でpH以外の項目では変動係数が高かった。

同じく養分含有量(乾物中%)は、T-Nが2.21%(うちNH₄-Nは0.122%、NO₃-Nは0.023%)、P₂O₅が1.60%、K₂Oが2.07%、CaOが1.82%、MgOが0.91%であった(表1)。しかし、いずれの養分も上記のECなどと同様にばらつきが大きかった。なかでも肥料成分として重要なT-Nの最小値から最大値の範囲は0.55～3.43%(NH₄-Nでは0.001～0.622%、NO₃-Nでは0～0.258%)、K₂Oは0.47～7.54%と著しく広がった。

腐熟度と各項目との関係を見ると、腐熟が進むにつれて、水分、pH、NH₄-N、K₂Oは低下し、逆にNO₃-NとCaOは増加する傾向にあった。

2) pHおよびECによる養分含量の推定

きゅう肥サンプルの水抽出液のECからは、NH₄-N、無機態N(NH₄-N+NO₃-N)およびK₂O含量を60%程度の精度で推定することができた(図1)。しかし、pHから各種養分含量を推定することは困難であった。

3) 小型反射式光度計による無機態Nの測定

蒸留法と光度計により求めた水抽出液中の無機態N含量間には、有意な正の相関が認められた。このことは、きゅう肥の無機態N含量を光度計を用いて測定できることを示している。ただし、これは主に中熟きゅう肥に限定され、また精度も高くはなかった。この原因として、水抽出液が着色(黒～褐)していたので、用いた試験紙の発色や測定光度が妨害されたためと考えられた。

そこで、同じ水抽出液を10倍に希釈し、色を希薄させて光度を測定した結果、NH₄-N含量の測定精度は明らかに高まった(r²=0.932、図2)。しかし、NO₃-Nではこのような効果が明瞭ではなく、むしろ希釈すると精度は低下した。

以上のように、天北地域のきゅう肥の養分含量の実態が明らかとなった。また、きゅう肥のK₂Oおよび無機態N含量は水抽出液のEC値から、NH₄-Nは適宜希釈した水抽出液を供試して小型反射式光度計から求めることができた。

表1 天北地域のきゅう肥の腐熟度別養分含有量(105点の平均値・乾物中%)

外観による 腐熟度	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
生	2.24	0.198	0.020	1.64	2.27	1.62	0.90
未熟	2.20	0.145	0.014	1.63	2.47	1.75	0.91
中熟	2.22	0.047	0.028	1.53	1.70	1.89	0.91
完熟	2.20	0.097	0.037	1.58	1.54	2.12	0.91
全サンプル	2.21	0.122	0.023	1.60	2.07	1.82	0.91
範囲	0.55	0.001	0.000	0.34	0.47	0.52	0.51
(最高～最低)	～3.43	～0.622	～0.258	～2.96	～7.54	～6.30	～1.53

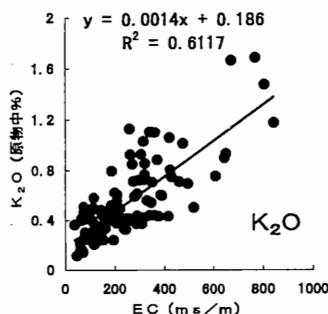


図1. 水抽出液のECとK₂O含量の関係(未風乾きゅう肥)

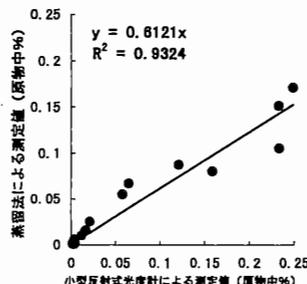


図2. 小型反射式光度計と蒸留法で測定したNH₄-N含量の比較(未風乾きゅう肥の水抽出液を10倍希釈)

*宗谷北部地区農業改良普及センター(098-4111 北海道天塩郡豊富町大通り1丁目)
Soya-hokubu Agricultural Extension Center, Toyotomi, Hokkaido, 098-4111 Japan

**北海道立天北農業試験場(098-5736 北海道枝幸郡浜頓別町緑ヶ丘)
Hokkaido Tenpoku Agricultural Experiment Station, Hamatonbetsu, Hokkaido, 098-5736 Japan

乳牛液状きゅう肥の希釈に伴う アンモニア揮散量の変化

松中照夫・原 義幸・佐藤創一

Change in ammonia emission from cow slurry
with different dilution levels

Teruo MATSUNAKA, Yoshiyuki HARA
and Souich SATOH

緒 言

家畜ふん尿に由来する苦情件数のうち60%程度は悪臭問題である。悪臭原因物質の一つであるアンモニアは単に悪臭だけでなく、大気に揮散した後、湿性降下物として土壌環境への負荷となり、その後、硝化作用を受けて土壌を酸性化させる。その他、大気中にあるアンモニアは葉から吸収され、その代償にカリウムやマグネシウムが分泌されるため、結果的にこれらの要素欠乏をもたらす。とくにこの現象は常緑の針葉樹で多く見られ、針葉樹林と衰退原因との指摘もある。それゆえ、家畜ふん尿施用後のアンモニア揮散の防止は、ふん尿の肥効を維持するだけでなく、環境保全の面からも重要である。

アンモニア揮散の防止策として、様々な方法が提案されている。液状きゅう肥の希釈もその一つである。北海道で実施されている肥培かんがいシステムでも、液状きゅう肥の3倍希釈を原則としている。しかし、希釈することによって液状きゅう肥からのアンモニア揮散がどのように変化するかは、明確でない。

そこで、液状きゅう肥の希釈によってアンモニア揮散が軽減されるかどうかを明らかにするために、本実験を実施した。

材料および方法

1) 実験は1/5000 a のワグネルポットを供試したポットで、オーチャードグラスを栽植した。掃除刈り後4日目に液状きゅう肥を表面施与した。

2) 実験には2種類の液状きゅう肥を用いた。すなわち、曝気処理をした曝気液状きゅう肥と、無曝気の液状きゅう肥である。希釈倍率は4水準で、1(現物)、2、3、7倍とした。施与量は、すべての液状きゅう肥とも120 g/potである。本実験は3反復で実施した。

3) 液状きゅう肥の施与直後から96時間、揮散してくるアンモニアを経時的に回収した。具体的な回収方法は、以下のとおりである。ポットの上に吸気装置を設置し、真空ポンプで空気を常時吸引した。その吸引空気を4%ホウ酸に導入し、アンモニアをホウ酸に吸収させた。そのホウ酸に吸収されたアンモニアを定量した。

結果および考察

1) 液状きゅう肥の全窒素(N)およびアンモニア態N(NH₄-N)含有率は、曝気の有無にかかわらず、希釈倍率が増すに伴い、その倍率に対応して減少した。しかし、液状きゅう肥中の全NからNH₄-Nを差し引いて得た有機態N含有率は、希釈

倍率が同じなら、両液状きゅう肥で大差がなかった。したがって、曝気液状きゅう肥の全Nが、無曝気液状きゅう肥のそれより低いのは、曝気処理中に液状きゅう肥のNH₄-Nが揮散損失したことに起因していると考えられた。

2) 液状きゅう肥の曝気の有無、および、希釈倍率にかかわらず、施与直後からアンモニア揮散が明瞭に認められた。いずれの液状きゅう肥でも施与後1時間のアンモニア揮散速度が最高であった。最もアンモニア揮散速度が高かったのは、無曝気液状きゅう肥現場からの場合で、9.25 g/m²/hであった。最もアンモニア揮散速度が低かったのは、無曝気液状きゅう肥現物からの場合で、0.25 g/m²/hであった。一方、この時の曝気液状きゅう肥現物におけるアンモニア揮散速度は、0.14 g/m²/hであった。両液状きゅう肥とも、アンモニア揮散速度は希釈倍率が増加するほど低下した。

3) 施与後1時間目以降、急速にアンモニア揮散速度は低下した。無曝気液状きゅう肥では希釈倍率にかかわらず、施与後48時間目以降、アンモニア揮散速度が非常にわずかとなった。曝気液状きゅう肥の場合は、それが施与後24時間目以降であった。このような結果は、いずれも、施与されたNH₄-N量の差異を反映したものと考えられた。

4) 施与された液状きゅう肥からの積算アンモニア揮散量は、希釈倍率が大いほど少なく、希釈倍率が同じなら無曝気より曝気液状きゅう肥のほうが少なかった。しかし、これは、施与されたNH₄-Nが少ないほど、アンモニア揮散が少ないことを示唆しており、希釈することでアンモニア揮散量が減少したのは、希釈によって施与されたNH₄-Nが少なくなったためと思われる。

5) 施与後の時間経過に伴う積算アンモニア揮散量は、液状きゅう肥の曝気処理の有無、あるいは希釈倍率にかかわらず、一般式 $y = a + b \ln x$ (ここ y は積算アンモニア揮散量、 x は施与後の時間) で表現できた。また、その回帰分析によれば、いずれの場合も寄与率 (R^2) が0.9以上であった。上式の傾き b は、液状きゅう肥から施与されたNH₄-N量の関数として表現できた。このことに、曝気の有無や希釈程度は大きな影響を与えなかった。

6) 液状きゅう肥からの施与NH₄-N量が同程度なら、アンモニア揮散量は無曝気より曝気液状きゅう肥のほうが多くなった。これは、曝気液状きゅう肥のpHが多く無曝気液状きゅう肥より高いためであろう。

7) 以上の結果から、次のように結論づけられると思う。曝気の有無にかかわらず、希釈倍率を上げると、アンモニア揮散量は減少する。しかし、これは、希釈によって液状きゅう肥中のNH₄-N含有率が減少し、一定の施与量では、希釈倍率が大いほど液状きゅう肥由来のNH₄-N施与量が減少するためである。したがって、希釈によって液状きゅう肥からのアンモニア揮散が特別に軽減されるとは考えにくい。

無施肥放牧草地の草生維持に及ぼす排糞の影響

手島茂樹・小川恭男・三枝俊哉

Effect of cattle dungs on vegetation recovery
in the non-fertilized pasture
Shigeki TEJIMA, Yasuo OGAWA,
Toshiya SAIGUSA

末までの他の牧区と組み合わせて輪換放牧した。1990年～98年までの試験草地におけるha当たりの年間の延べ放牧頭数(体重500kg換算)は、250～156頭であった。調査は10月に実施し、採食地(1996年調査)と、排糞過繁地(1997年調査、同年の春の排糞により発生したもの)について、高さ5cmで刈取り後それぞれ5点ずつ、縦横50cm、深さ5cmで植生を掘り取った。各サンプルは土を落とし、草種ごとに茎数、地上部重及び地下部重を測定した。

緒言

北海道の傾斜草地において低コストな肉用繁殖牛放牧を行うために、草地造成後、無施肥で利用し続けた牧草地が、どの程度の牧養力で推移し、どのような植生変化を遂げるのかを長期間にわたって追跡調査している。本報告では、無施肥放牧草地内で、糞が落ちることによって生じる排糞過繁地とそれ以外の採食地を比較し、排糞過繁地が草地の草生維持に及ぼす影響について検討した。

材料及び方法

ワラビ・ススキ・チシマザサ及びクマイザサからなる平均傾斜度が約10度の野草地を対象として、1967年に簡易耕起(ディスクハローによる)法で牧草地を造成した。播種草種は、オーチャードグラス(OG)、ケンタッキーブルーグラス(KB)、トールフェスク(TF)、チモシー、レッドトップ(RT)、シロクロバの混播とし、播種時には所定の土壌改良資材、ならびに基肥としてN-P₂O₅-K₂Oを10a当たり2.2-4.2-4.2kg施用した。しかし、造成後は1990年(調査開始年)まではほぼ無施肥で、それ以降は完全に無施肥で、肉用繁殖牛の放牧を行ってきた。

放牧方法は、肉用繁殖牛4～20頭により、5月中旬から10月

結果及び考察

1997年の試験草地の被度は、ブタナが72%で最も高く、次いでハルガヤが25%であった。これに対して、播種草種の被度は低く、TFが8.8%、RTが8.8%、その他牧草種は5%以下であった。

表1には、採食地における1㎡当たりの茎数を示した。播種草種の茎数はTFで357本、OGで56本、KBで271本、RTで533本であった。このように、茎数としてみれば、播種草種は無施肥放牧条件下で約30年経過しても比較的よく残存していた。これに対して、播種草種以外では、ハルガヤが1093本、ブタナが181本、ヘラオオバコが392本であった。

次に、排糞過繁地についてみると表2に示したように、茎数、地上部重及び地下部重のすべてが採食地より増加した草種には、ブタナ、OG及びTFがあった。特に、OGとTFは地上部重における増加が多く、採食地と比較してOGで約4倍、TFで約3倍となった。一方、KBとRTは、茎数、地上部重及び地下部重のすべてが採食地より減少し、長草型イネ科牧草種のOG及びTFとは異なる動態を示した。しかし、今後排糞過繁地が家畜に採食され始めれば、これらも回復経過をたどることが考えられる。

表1. 採食地の茎数

草種	TF	OG	KB	RT	ハルガヤ	ブタナ	ヘラオオバコ
茎数(本/㎡)	357	56	271	533	1093	181	392

表2. 排糞過繁地における茎数と重量の変化
採食地を100とした時の排糞過繁地における比数

草種	茎数	地上部重	地下部重
ブタナ	145	163	122
OG	195	395	167
TF	144	267	115
ヘラオオバコ	50	146	76
ハルガヤ	62	139	74
KB	28	29	19
RT	66	93	54
全草種合計	76	198	80