

天北地方のペレニアルライグラス (Lolium perenne L.) とシロクロバ (Trifolium repens L.) を混播した兼用草地における窒素施肥適量

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者名	岡元,英樹 奥村,正敏 古館,明洋
発行元	日本草地学会
巻/号	55巻1号
掲載ページ	p. 40-47
発行年月	2009年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



天北地方のペレニアルライグラス (*Lolium perenne* L.) と シロクローバ (*Trifolium repens* L.) を混播した 兼用草地における窒素施肥適量

岡元英樹*・奥村正敏¹・古館明洋

北海道立天北農業試験場 (現在: 北海道立上川農業試験場天北支場) (098-5738 北海道枝幸郡浜頓別町緑ヶ丘 8-2)

¹ 現在: 北海道立上川農業試験場 (078-0397 北海道上川郡比布町南 1 線 5 号)

Hokkaido Prefectural Tenpoku Agricultural Experiment Station, (currently Tenpoku Branch, Hokkaido Prefectural Kamikawa Agricultural Experiment Station) Hamatombetsu, Hokkaido 098-5738, Japan

¹ Present address: Hokkaido Prefectural Kamikawa Agricultural Experiment Station, Pippu, Hokkaido 078-0397, Japan

受付日: 2008 年 8 月 5 日/受理日: 2008 年 12 月 11 日

Synopsis

Hideki Okamoto, Masatoshi Okumura, Akihiro Furudate (2009) Suitable Rates of Nitrogen Fertilizer Application for Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.)/White Clover (*Trifolium repens* L.) Swards for Integrated Cutting and Grazing in the Tenpoku Region of Hokkaido. *Jpn J Grassl Sci* 55 : 40-47

We conducted field experiments to determine suitable application rates of nitrogen fertilizer for integrated cutting and grazing of perennial ryegrass/white clover swards in the Tenpoku region, Hokkaido. Before the first cutting in mid-June the swards were managed as a meadow. Following the first cut, they were cut five or six times (approximately once every 3 weeks) to simulate grazed pasture. Annual nitrogen fertilizer rates were 0, 30, 60 and 90 kg N · ha⁻¹, half of which was applied in early spring in the meadow period, and half of which was given at the beginning of the pasture period. Among treatments, 30 kg N · ha⁻¹ gave the highest annual total dry matter yield, except in 2002 when drought occurred. Coefficients of variation for DM yield and legume ratio during the pasture period were lower at 30 kg N · ha⁻¹ than at the other two rates. Average legume ratio was higher (26%), and annual yields of total digestible nutrients, total nitrogen uptake and increase in DM yield per unit nitrogen applied were highest at 30 kg N · ha⁻¹. Compared with 30 kg N · ha⁻¹, 0 kg N · ha⁻¹ gave low DM yields, and 60 and 90 kg N · ha⁻¹ gave a low legume ratio. Therefore, a suitable application rate is 30 kg N · ha⁻¹.

Key words : Integrated cutting and grazing, Legume ratio, Nitrogen fertilizer, Perennial ryegrass, White clover.

緒 言

ペレニアルライグラス (*Lolium perenne* L., 以下 PR) は、消化性と放牧耐性の高さから世界的に最も重要な多年生牧草の一つとして扱われている (Wilkins 1991)。この草種の栽培研究が盛んな西ヨーロッパでは、草地生産性 (Frame 1990) や他感作用 (Newman・Rovira 1975)、飼料価値 (Schilsら 1999) からみた混播相性とその有利性を考慮して、PR はシロクローバ (*Trifolium repens* L., 以下 WC) と混播される事例が多い。また、PR には水溶性糖類 (以下 WSC) が多く含まれる (Jonesら 1965; 増子ら 1994) ことから、チモシー (以下 TY) やオーチャードグラス (以下 OG) よりも優れたサイレージが調製可能とされている (Wilson・Collins 1980)。

北海道北部に位置する天北地方は、夏期冷涼で冬期は降雪量が多く土壌凍結が無いため、気象条件からみて上述のような特徴を有する PR の栽培適地である。PR は日本では主として放牧に利用されているが、これは北海道、とりわけ PR の普及面積が比較的広い天北地方でも同様である。すなわち、当地方の PR を導入している酪農家の多くも PR の利用は放牧地のみ止まり、採草地には OG や TY など他草種を用いている。このような背景から、これまで PR の研究は放牧利用 (中村ら 1988; 石田ら 1995) を中心に行われてきた。また放牧利用の際は、西ヨーロッパと同様に栄養価や草地生産性等から WC との混播が推奨されており (石田 1993)、実際、酪農家の放牧地でもほとんどが PR と WC が混播されている。

一方、PR は放牧のみならず採草利用でも、OG や TY を上回る乾物生産と高 WSC などの良好な飼料品質を示すことが明らかになっている (岡元・古館 2007)。そのため、近年では PR の採草専用利用、さらに同じ草地で 1 年の間に採草と放牧の両方を行う兼用草地としての利用も注目されており、今後、両利用法の拡大が期待されている。

* 連絡著者 (corresponding author) : okamothd@agri.pref.hokkaido.jp

大要は日本草地学会第 63 回発表会 (2007 年 3 月) において発表。

表 1. 供試草地の土壌化学性¹.

pH (H ₂ O)	熱水抽出性窒素 (mg/100 g 乾土)	可給態リン酸(ブレイ第二法) (mg/100 g 乾土)	リン酸吸収係数	交換性塩基 (mg/100 g 乾土)		
				K ₂ O	CaO	MgO
5.5	5.7	24.2	1435	16.1	112	9.2

¹土壌の採取深は熱水抽出性窒素が 0-20 cm, それ以外が 0-5 cm.

一方、天北地方の放牧方式として、PR を短草利用する集約放牧を導入している酪農家が多いが、放牧草は季節により生産性の変動が大きい。そのため、放牧シーズンを通じて放牧地面積を固定して利用すると、放牧草地からの供給草量に過不足が生じ、採草地を含めた草地全体からの供給草量を適切に維持することも困難になる。これを回避する一つの方法として、放牧専用草地と兼用草地とを適正に配置し、放牧地と採草地の面積割合を季節に応じて変えることが有効である。例えば、北海道で推奨されている集約放牧の天北地方モデルを見ると、牧草生産の低下する夏以降は草量の多い春から初夏よりも約 1.5 倍の放牧地を必要とする (石田ら 1995)。したがって、当地方における兼用草地は春から初夏にかけて採草利用し、夏から秋は放牧地として利用するのが一般的である。近年、夏から秋にかけての草量が比較的高く安定している兼用草地向けの PR の新品種も育成されている (吉田・藤井 2008)。

PR の集約放牧技術における放牧あるいは採草専用草地の管理技術について言えば、放牧回数 (石田ら 1995) や刈取管理 (岡元ら 2003) と同様に、PR と WC を混播した集約放牧草地、同混播採草地および PR 単播採草地の窒素 (N) 施肥法 (北海道立天北農業試験場 1996; 岡元ら 2005, 2007a, 2007b) は既に確立されている。しかし、兼用草地の栽培管理に関しては佐竹ら (1998) の生産性、持続性から見た採草の刈取時期・回数の研究例がある程度で、牧草生産に大きな影響を及ぼす施肥技術を検討した報告は見当たらない。前述したように、集約放牧では放牧や採草専用地的みならず、兼用草地の重要性が増していることも考慮すると、採草・放牧の両時期において良好な飼料品質と乾物生産を示す兼用草地を維持、管理するための施肥技術の確立は急務である。特に PR の飼料成分やマメ科率変動に大きな影響を与える (岡元ら 2007a, 2007b) N の検討は不可欠である。

そこで本報では、PR を用いた集約放牧に関する体系的な施肥管理技術の確立に資するため、PR と WC を混播した採草・放牧兼用草地を対象として、収量、マメ科率、N 吸収および品質等からみた適切な N 施肥量を検討した。

材料と方法

1. 供試草地と刈取管理

供試品種は PR が晩生の「フレンド」、WC が中葉型「ラモーナ」である。播種量は PR が 27 kg/ha, WC が 3 kg/ha で、1997 年 7 月に、天北農業試験場内の暗色表層酸性褐色森林土に分類される (北海道立中央農業試験場 1993) 圃場に混播した。この PR と WC の混播草地を 1998-2001 年は年 8-9 回の多回刈り条件で N, リン酸, カリウムをそれぞれ年間 60,

表 2. 刈取期 (月/日).

利用方式名 ¹	番草	年次		
		2002	2003 ²	2004
採草期	1	6/13	6/18	6/18
放牧期	2	7/ 4	7/ 7	7/ 5
	3	7/25	7/30	7/22
	4	8/13	8/21	8/11
	5	9/ 5	9/17	9/ 8
	6	9/26	10/15	9/21
	7	10/21	—	10/20

¹採草期は採草地として扱い、出穂期に刈取った。放牧期は放牧地として扱い、約 3 週間隔で年 5-6 回刈取る模擬放牧である。

²2003 年の放牧期は 5 回刈取り。

80, 150 kg/ha 施肥し管理した。本試験には播種後 6 年目の 2002 年から 3 年間用いた。混播草地のマメ科率は毎年約 25% であったが、試験開始前年の 2001 年は 10% と低かった。

試験開始時における供試土壌の化学性は、常法 (北海道立中央農業試験場 1992) により測定し、表 1 に示した。pH, 可給態リン酸, 交換性カリウムは北海道の土壌診断基準値 (木曾ら 2002) 内であった。ただし、交換性カルシウムは同基準値を下回っていたため、試験開始時に炭酸カルシウムを ha あたり 2.1 t 施用した。熱水抽出性 N は風乾土 100 g 当たり 5.7 mg で、当地方では N 肥沃度が中程度の土壌であった。

この混播草地を 2002 年以降、春は採草地として扱い、出穂期である 6 月中旬に刈取った (採草期)。その後、7 月から 10 月までは放牧地として扱い、約 3 週間の再生期間において、年 5-6 回の刈取りによる模擬放牧を行った (放牧期)。採草期、放牧期とも牧草は地際 5 cm で刈取った。3 年間の刈取月日は表 2 に示した。

2. N 施肥処理

N 処理として 4 水準を設け、各区の年間 N 施肥量は 0, 30, 60, 90 kg/ha とし、N 肥料は尿素を用いた。N を施肥しない 0N 区を、施肥した N の吸収量等を解析するために設置した。一区面積 5.0 m² (2.0 m × 2.5 m) で、6 反復の乱塊法で設置した。リン酸とカリウムの年間合計施肥量は、各区共通でそれぞれ 80 および 110 kg/ha とした。リン酸肥料は過リン酸石灰を、カリウム肥料は硫酸カリウムを用いた。

施肥は早春 (4 月下旬) および採草期の 1 番草刈取後 (6 月中旬) の年間 2 回行った。N, リン酸, カリウムの施肥配分はいずれも早春、1 番草刈取後に年間施肥量の半分ずつを施用

した。これは、放牧地の施肥回数が年間1回(6月)であるとの既往の知見(北海道立天北農業試験場1996)を参考にして決めた。

また、放牧期には家畜の排泄物が還元されることを想定して、2002年と2003年の最終番草刈取後に25 t/haの堆肥を表面施用した。この量は、乳牛のふん尿排泄量(農林水産省農林水産技術会議事務局1999)と標準的な放牧形態(加納・落合1995)から推定し求めた。堆肥の養分は新鮮重当たりNが0.65-0.70%,リン酸が0.60-0.65%,カリウムが0.50-0.55%であった。なお、本試験では堆肥施用に伴う化学肥料の減肥は行わなかった。

3. 収量調査と牧草分析

収量調査はいずれの処理区も1 m²のコドラート内を刈取り、生草重を測定して行った。そのうちの一定量を採取してPRとWC、その他の草種に選別した。Smith (1971)の方法に従い、その一部をただちに90°Cで1時間乾熱し、呼吸関連酵素を失活させた。次いで、70°Cで48時間以上通風乾燥させて乾物率を求め、ha当たりの収量を乾物重で示した。草種構成割合はいずれの処理区においてもPRとWCが新鮮重当たり98%以上であったことから、収量はPRとWCの合計のみで表示した。

飼料成分の分析には、乾燥後粉砕した植物体を供試した。Nは2002-2004年の3年分、それ以外の飼料成分は2003、2004年の2年分の採草期(NDFは放牧期も)の試料を分析した。なお、一般にPR放牧利用時の飼料成分については、高品質であることが既に多くの知見(川崎1992;須藤ら2001;中野2003)により示されていることから、本試験では測定の対象としなかった。全窒素(TN)は、硫酸と過酸化水素を用いて分解(水野・南1980)した後、フローインジェクション法(中島1987)により定量した。粗蛋白質(CP)はTN含量に6.25を乗じて求めた。WSCはアンスロン法(Yemm・Willis1954)により、中性デタージェント繊維(NDF)、酸性デタージェント繊維(ADF)および粗灰分(CA)は藤田(2001)の方法により測定した。

2003、2004年2年分の可消化養分総量(TDN)とTDN収

量は、NDFを用いた推定式(牧草・飼料作物栄養価問題検討委員会1991)から算出した。

$$\text{TDN}(\% \text{DM}) = 100.8 - 0.72 \times \text{NDF}(\% \text{DM})$$

$$\text{TDN 収量}(\text{kg}/\text{ha}) = \text{TDN}(\% \text{DM}) \times \text{収量}(\text{kg}/\text{haDM})$$

また、0および60 kgN/ha区のそれぞれにおけるWCによる大気Nの固定量および固定NのPRへの移譲量は、本試験と同じ刈取り施肥条件である隣接したPR単播草地のN吸収量を用いて、差引法(Simpson 1976)から算出した。

$$\text{N 固定量}(\text{kg}/\text{ha}) = (\text{混播草地におけるPRとWCの合計N吸収量}) - (\text{単播草地におけるPRのN吸収量})$$

$$\text{N 移譲量}(\text{kg}/\text{ha}) = (\text{混播草地におけるPRのN吸収量}) - (\text{単播草地におけるPRのN吸収量})$$

4. 試験地点の気象

気象データは、天北支場内にある稚内地方気象台浜頓別地域気象観測地点(アメダス)から得た。平均気温は2002、2003年の6月中旬-7月下旬が平年に比べ2-5°C低い期間が多く、2004年の7月下旬-8月上旬が同じく3°C近く高かった。降水量は年合計で見れば3年とも概ね平年並みであったが、2002年は5月前半-6月前半にかけては61 mmと少なく干ばつ傾向で、2003年の5-10月も少ない期間があった。

5. 統計処理

乾物収量、年間N吸収量、単位施肥N当たりの乾物増加量、およびTDN収量は、年間N施肥量を要因とした一元配置による分散分析で解析し、平均値の差の検定はTukeyの方法で行った。放牧期の番草間における収量、マメ科率のばらつきの評価には、各区の変動係数を用いた。

結 果

1. 乾物収量

PR・WC混播兼用草地の年次、草種別の乾物収量を図1に示す。合計収量は、2002年の0N区以外では4,500 kg/haを上回った。同一年次内で各区を比較すると、2002年ではN施肥量が増えると主として採草期や放牧期のPRが増収し、合計収量も増加した。これに対して、2003、2004年の合計収量は、PRとWCともに高収であった30N区が最も高かつ

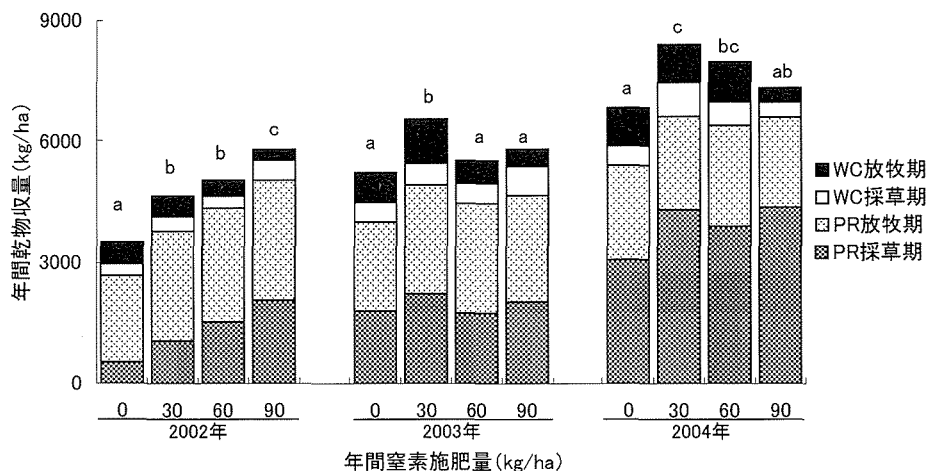


図1. ペレニアルライグラス(PR)・シロクローバ(WC)混播兼用草地における年次・草種別の乾物収量。各年次において同一文字を付した年間収量に有意差なし(p < 0.05, Tukey法)。

表 3. ペレニアルライグラス・シロクロバ混播兼用草地の3年平均の乾物収量.

窒素施肥量 (kg/ha)	乾物収量 (kg/ha) ¹								年間合計
	採草期	放牧期							
	1 番草	2 番草	3 番草	4 番草	5 番草	6 番草	7 番草	放牧期合計	
0	2291a	357a	456a	691a	603ab	565ab	616b	2974a (0.22) ²	5265a
30	3112b	461ab	611a	712a	660b	646b	476ab	3425a (0.17)	6536b
60	2932ab	543b	685a	679a	632b	589ab	558ab	3332a (0.10)	6264b
90	3336b	626b	716a	594a	500a	467a	324a	2965a (0.26)	6301b

¹2002-2004年の平均値。ただし、7番草は2002、2004年の平均値。同一列で同一文字を付した乾物収量に有意差なし (p<0.05, Tukey法)。

²カッコ内は放牧期の各区における番草別収量の変動係数。

た。なお、2002年のWC収量は放牧期および採草期ともに2003、2004年より低い値を示した。

3年間の平均合計収量は、0N区が5,265 kg/haと他の区に比べ有意に低かった(表3)。30N, 60N, 90N区の収量は、6,264-6,536 kg/haであり、年次・草種別推移(図1)とは異なりN施肥量の影響は認められなかった。この傾向は採草期や放牧期の合計収量も同様であった。ただし図1から明らかのように、後述する干ばつ害があったと考えられる2002年を除いた2年間の平均収量では、30N区が7,489 kg/haと多収であった(p<0.05で有意差あり)。

3年間平均の番草別収量を見ると、年間合計に対する1番草収量(採草期)の占める割合は44-53%の範囲であった。放牧期においては、7月の2、3番草ではN施肥量の増加により増収傾向を示したのに対し、4番草以降ではこの関係が判然としなかった。放牧期における各番草収量の変動係数は0.10-0.26で、30N区と60N区が小さかった。

2. マメ科率

番草別のマメ科率は、採草期では0N区が27%と高かったが、N施肥により減少し、60N区と90N区は20%前後となった(図2)。一方、放牧期のマメ科率は10-32%の範囲で変動し、採草期と同様に、N施肥量が増えると低下する傾向であった。0N区と30N区は各番草とも高く、特に放牧期の2、3番草では約30%もあった。両区とも番草が進むにつれ低下したが、それでも22%以上を保っていた。放牧期間の平均マメ科率は0N区が27%、30N区が26%と良好であった。これに対して、90N区は各処理区の中で常に低く推移し、2-5番草では約10%、最も高かった7番草においても16%程度であった。60N区は両区の間で、放牧期を通して15-20%であった。なお、各番草におけるマメ科率の変動係数は0.10-0.21で、30N区と60N区が比較的小さかった。

3. N吸収量

各処理区における年次・草種別のN吸収量の傾向は、収量の場合と類似していた(図3)。すなわち、2002年ではN施肥量が増えると主としてPRのN吸収量が高まり、全体のN吸収量も増加した。これに対し、2003、2004年では30N区が最も高く、特にWCのN吸収量は著しく高かった。単位施肥N当たりの乾物増加量は、採草期、放牧期とも30N区がそれぞれ55、30 kg/kgNと最も多かった(表4)。

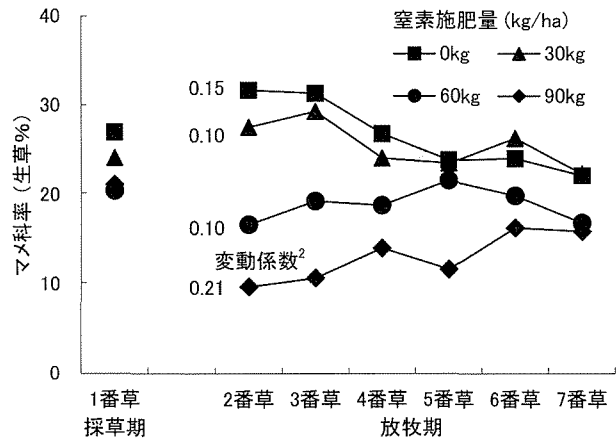


図 2. ペレニアルライグラス・シロクロバ兼用草地における番草別マメ科率の推移¹.

¹2002-2004年の平均値、ただし7番草は2002、2004年の平均値。

²図中の数字は放牧期の各区における番草別マメ科率の変動係数。

WCによる大気Nの固定量(表5)は多く、0N区、60N区でそれぞれ80、79 kg/haと多く、全N吸収量に占める割合は63、50%と高かった。N移譲量(表5)は、年次により変動が大きかったものの、採草期と放牧期を合わせた3年間平均では0N区、60N区ともに26-28 kg/haであった。

4. TDN収量と飼料成分含有率

年間平均のTDN含量およびTDN収量は、それぞれ67.0-69.2%および3,565-5,576 kg/haの範囲であった(図4)。N施肥量とTDN収量との関係を見ると、両年の合計TDN収量は他の区に比べて0N区が低く、30N区が最も高かった。この傾向は乾物収量の場合と類似していた。

PRとWCの1番草(採草期)の飼料成分を表6に示したが、いずれの成分でも草種間差が認められた。すなわち、PRはWCに比べて、WSC(21.2-23.3%)、NDF(52.2-54.6%)、ADF(27.4-28.5%)含量が高く、逆にCP(8.1-9.1%)とCA(7.5-8.3%)含量が低かった。同一草種内でN処理の影響を見ると、PRでは60N区と90N区においてWSCが約21%とやや低く、CPが約9%とやや高い程度であった。WCでは60N区と90N区のCPが27-28%と高かった。しかし、その

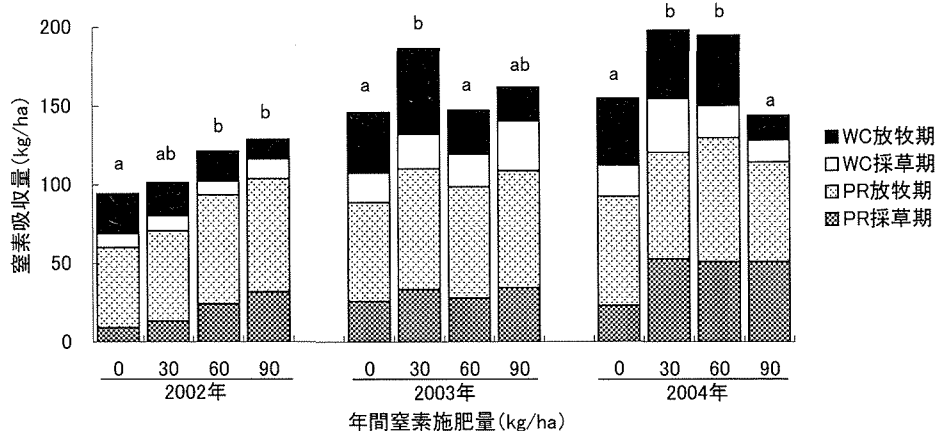


図 3. ペレニアルライグラス (PR)・シロクロバ (WC) 混播兼用草地における年次・草種別の窒素吸収量。各年次において同一文字を付した年間窒素吸収量に有意差なし ($p < 0.05$, Tukey 法)。

表 4. ペレニアルライグラス・シロクロバ兼用草地の単位施肥窒素当たりの乾物増加量¹。

窒素施肥量 (kg/ha)	単位施肥窒素当たりの 乾物増加量 (kg/kgN)		
	採草期	放牧期	年間合計
30	55b ²	30b	42b
60	21a	26ab	23a
90	23a	11a	17a

¹ 2002-2004 年の平均値。単位施肥窒素当たりの乾物増加量は以下の式により算出。

単位施肥窒素当たりの乾物増加量 (kg/kgN) = (処理区の乾物収量 - 無窒素区の乾物収量) / 窒素施肥量。

² 同一列で同一文字を付した単位施肥窒素当たりの乾物増加量に有意差なし ($p < 0.05$, Tukey 法)。

他の成分では PR, WC ともに N 施肥処理間の差は判然としなかった。PR と WC を加重平均した収穫物全体での飼料成分含量で比較しても、60N 区と 90N 区の WSC が他に比べ若干低い以外は、N 処理による明確な差はほとんど示されなかった。

考 察

放牧を行う酪農家が放牧計画を立てる上で、放牧地の草地生産性は、季節を通して一定であることが望ましい。さらに、WSC が高いが CP の低いネ科牧草とその逆であるマメ科牧草との混播草地では、飼料の品質や栄養面からみると、適切なマメ科率を安定して維持することが重要であると指摘されている (湯藤 1999)。

今回調査した採草期の牧草における各種の飼料成分含量は、いずれも飼料としては概ね良好なものであった (表 6)。特にサイレージの良質発酵に重要な WSC の収穫物全体の含量は、良質発酵に必要な乾物中含量 10% (増子 1999) を大きく上回るものであった。また、単播草地の場合 (岡元ら 2007a) とは異なり、N 施肥処理による飼料成分の明確な差は一部の成分を除いて認め難かったが、この傾向は PR・WC 混播採

草地の結果 (岡元ら 2007b) とほぼ一致していた。N 施肥の飼料成分への影響が混播草地で小さい理由としては、後述するように、同草地では WC の大気 N の固定と PR への移譲があることが考えられる。すなわち、このような施肥以外から加わる N の全 N 吸収量に占める割合が高かったために、施肥 N そのものの影響が飼料成分へ反映されなかったものと推察される。

以上のように、PR と WC 混播草地の飼料成分へ及ぼす N 施肥の影響は小さかったため、同兼用草地での適切な N 施肥量については各 N 処理区のマメ科率、乾物収量、TDN 収量および N 吸収量等から検討することとする。

まず、N を施用していない 0N 区は、収量、N 吸収量、TDN 収量が他の処理区に比べ低い、平均的に見るとマメ科率が約 30% と高い点が注目される。ただし、天北地方は一般に 5, 6 月の降水量が少なく干ばつ害が発生しやすく、さらに当地方の草地基盤の主体である酸性褐色森林土をはじめとする重粘土は保水性も低い (東田 1993) ので、PR に比べ乾燥ストレスが弱いとされる WC (Lewis 1991; McEwen ら 1989) の生育が不安定であることに留意する必要がある。例えば、今回の試験期間中で 2002 年の WC 収量が少なかったのは (図 1)、前年である 2001 年のマメ科率そのものが低かったことも一因かもしれないが、5, 6 月に少雨状態が続いたことが大きく影響したものと理解される。なお、WC が固定した大気 N の PR への移譲量は年次変動が大きいものの、今回 N 移譲量の算出を行った 0N 区と 60N 区の移譲量に差はなく、いずれも 3 年間平均で 30 kg/ha 弱であり、これは、TY あるいは OG と WC の混播草地 (東田 1986, 1993) と同程度であった (表 5)。このことは、今回設定した N 施肥量の範囲では N 移譲量の差は小さく、N 移譲量の草種間差も小さいことを示唆する。

以上から、N 反応性の大きい PR の N 供給源を乾燥ストレスに弱く生育が不安定な WC からの移譲 N のみに依存するのは、安定的に収量を確保する上でリスクが大きいと推察される。北海道天北地方の施肥基準では、マメ科率が 15-50% の PR 集約放牧草地で 30 kg/ha の N 施肥量が設定されてい

表 5. ペレニアルライグラス・シロクロバ混播兼用草地における窒素固定量と窒素移譲量¹.

	年間窒素施肥量 (kg/ha)	採草期		放牧期		年間合計
		(kg/ha)				
窒素固定量	0	22 (12-28)	58 (40-67)	80 (52-95)		
	60	35 (19-58)	44 (32-56)	79 (59-114)		
窒素移譲量	0	6 (3-9)	22 (15-29)	28 (17-38)		
	60	13 (6-24)	13 (4-24)	26 (10-36)		

¹2002-2004年の平均値。カッコ内は(最大値-最小値)。

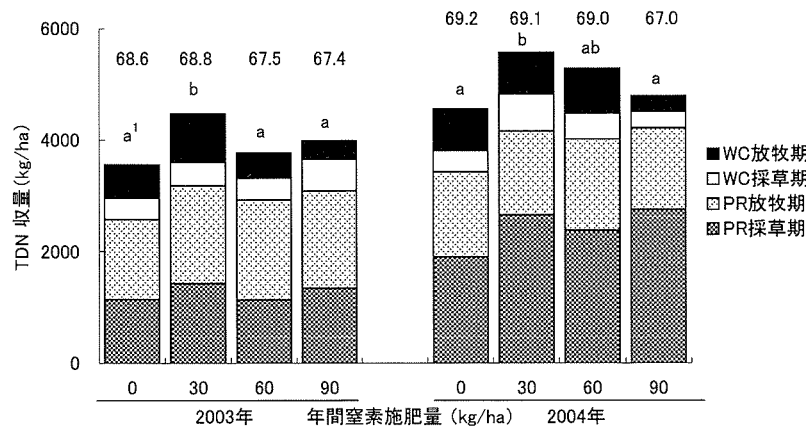


図 4. ペレニアルライグラス (PR)・シロクロバ (WC) 混播兼用草地の可消化養分総量 (TDN) とその収量。

¹各年次において同一文字を付した年間 TDN 収量に有意差なし (p<0.05, Tukey 法)。

²棒グラフ上の数字は年間の平均 TDN (%)。

表 6. 1 番草 (採草期) のペレニアルライグラスとシロクロバの各種飼料成分含有量¹.

草種	窒素施肥量 (kg/ha)	飼料成分含有量 (%DM)				
		WSC	NDF	ADF	CP	CA
ペレニアル ライグラス	0	23.3	54.2	27.9	8.1	7.5
	30	22.5	53.3	27.6	8.5	8.1
	60	21.2	52.2	27.4	9.1	8.3
	90	21.4	54.6	28.5	9.0	8.0
シロクロバ	0	6.1	29.0	24.0	23.6	11.2
	30	5.9	30.0	24.5	24.5	10.6
	60	5.5	30.5	27.2	27.2	11.0
	90	6.4	28.9	28.6	28.6	11.0
全体 ²	0	20.2	49.9	27.2	10.8	8.1
	30	19.5	49.1	27.0	11.4	8.5
	60	18.3	48.5	26.8	12.2	8.8
	90	18.6	50.2	27.8	12.1	8.5

¹2003 および 2004 年の平均値。WSC: 水溶性糖類, NDF: 中性デタージェント繊維, ADF: 酸性デタージェント繊維, CP: 粗蛋白質, CA: 粗灰分。

²加重平均により算出。

る (北海道立天北農業試験場 1996) ことも考え併せると, PR・WC 混播兼用草地においても, 一定量の N を施肥することが望ましい。

次に, N を施用した 30N, 60N, 90N 区を見ると, マメ科率や収量の番草間のばらつきは 30N 区と 60N 区が小さく, しかもマメ科率は 15% を上回り比較的安定していた (年平均で各々 26, 19%)。これに対して, 90N 区は収量の番草間のばらつきが大きい上に, マメ科率が著しく低い難点があった。

N 施肥量とマメ科率や収量との関係では (図 1, 2), TY とマメ科草混播草地での例 (木曾・菊地 1988) と同様に, N 施肥量が増えるとマメ科率が低下し, N 施肥に対する収量の反応もマメ科草が多いと鈍いことが本試験でも認められた。すなわち, 収量への N 施肥の影響は, WC の少ない 2002 年では強く現れ, 収量増に顕著に反映した。しかし, WC が多かった 2003 年と 2004 年では, N 施肥量が増えても必ずしも増収には結びつかなかった。これは, WC による大気 N の固定やその移譲に起因して施肥 N の収量に対する反応性が低かった (嶋田 1990) ためと思われる。

なお, 施肥 N の増大によりマメ科率の低下や WC 収量が減る傾向にあったが, これらが減少するメカニズムとしては, 従来からイネ科とマメ科牧草の混播草地において指摘されているように (嶋田 1990, 吉田 1988), N 施肥により PR の生育が促進し, 草丈の低く受光態勢が悪い WC が PR により抑圧されること, さらに N 施肥量の増加は根粒菌の N 固定を減少させること等から, 施肥 N が PR の生産に有利に働いたことによると理解される。

一方, 乾物収量と TDN 収量は, 前述した干ばつ害が発生

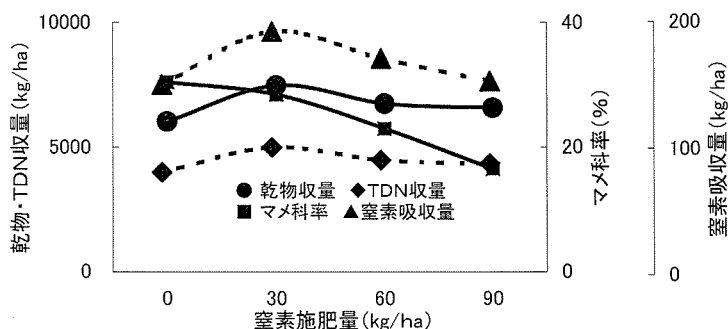


図 5. 干ばつ年を除いたペレニアルライグラス・シロクロバ兼用草地における乾物収量, TDN 収量, マメ科率および窒素吸収量の関係。

したと推定される 2002 年以外の 2 カ年では 30N 区が最も高かった。これは、リン酸やカリウム等が十分施用されている条件では、収量に大きな影響を与える N の吸収量が同区で多かったことが主因と考えられる。さらに、前報 (岡元ら 2007b) に従って、単位施肥 N 当たりの乾物増加量を算出して施肥 N の増収効率を評価すると、乾物増加量は 30N 区が高く (表 4)、施肥 N の効率の面でも 30N 区が優れていた。

以上から、各 N 処理区のマメ科率、乾物収量、TDN 収量および N 吸収量等に基づき (図 5) 総括的に考察すると、PR と WC 混播兼用草地の適切な N 施肥量は、本試験で設定した N 量の範囲では、30 kg/ha と判断される。この条件下では、WC から PR へ年間約 30 kg/ha 程度の N 移譲も期待できる。

謝 辞

本稿をご校閲頂いた北海道立上川農業試験場天北支場長木曾誠二博士、同技術普及部長宮崎 元氏、同技術普及部次長吉澤 晃氏、北海道立根釧農業試験場長扇 勉博士、北海道立畜産試験場長竹田芳彦博士に深甚の謝意を表します。また本試験の遂行に当たり、ご助言を頂いた前北海道立天北農業試験場牧草飼料科長堤 光昭氏、前研究主査佐竹芳世氏 (故人) に深く感謝します。

引 用 文 献

- 牧草・飼料作物栄養価問題検討委員会 (1991) 牧草・飼料作物の栄養価評価の手引. 北農会, 札幌, p44-46
- Frame J (1990) Herbage productivity of a range of grass species in association with white clover. *Grass Forage Sci* 45: 57-64
- 藤田泰仁 (2001) 一般成分分析法, デタージェント分析法, 改訂粗飼料の品質評価ガイドブック (自給飼料品質評価研究会編), 日本草地畜産種子協会, 東京, p7-13
- 東田修司 (1986) 混播草地における N 循環とマメ科草の維持技術. *北草研報* 20: 30-36
- 東田修司 (1993) 天北地方における重粘土草地の土壤微生物活性と牧草生産. *道立農試報告* 80: 1-110
- 北海道立中央農業試験場 (1992) 土壌および作物栄養の診断基準—分析法 (改訂版)—. 北海道立中央農業試験場, 長沼, p51-103
- 北海道立中央農業試験場 (1993) 宗谷支庁. 北海道土壌図一覽, 北海道立農試資料 21: 54-55
- 北海道立天北農業試験場 (1996) ペレニアルライグラス集約放牧草地

のシロクロ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編, 札幌, p202-203

- 石田 亨 (1993) 放牧地における合理的草種・品種の組合せ. *北草研報* 27: 27-32
- 石田 亨・寒河江洋一郎・川崎 勉・坂東 健・裏 悦次 (1995) ペレニアルライグラス放牧草地の集約利用技術. *北海道立農試集報* 68: 51-60
- Jones DIH, ap Griffith G, Walkers JK (1965) The effect of nitrogen fertilizers on the water-soluble carbohydrate content of grasses. *J Agric Sci* 64: 323-328
- 川崎 勉 (1992) 6. ペレニアルライグラスと放牧技術. *ぐらーす* 36 (3): 24-29
- 加納春平・落合一彦 (1995) 放牧計画および方法. *集約放牧マニュアル* (集約放牧マニュアル策定委員会編), 北海道農業改良普及協会, 札幌, p61-73
- 木曾誠二・菊地晃二 (1988) チモン草 (*phleum pratense* L.) を基幹とする採草地におけるマメ科草混生割合に基づいた窒素施肥量. *日草誌* 34: 169-177
- 木曾誠二・高橋市一郎・三枝俊哉・早川嘉彦・奥村正敏 (2002) 牧草・飼料作物. *北海道施肥ガイド* (北海道農政道産食品安全室編), 北海道農政部, 札幌, p202-229
- Lewis GC (1991) Interactions between pesticide treatment, cutting frequency and rate of N fertilizer on white clover grown in mixture with perennial ryegrass. *Grass Forage Sci* 46: 399-403
- 増子孝義・小野淳史・古川信明・大谷 忠 (1994) 北海道で栽培した寒地型イネ科牧草における粗蛋白質, ADF および可溶性糖類 (WSC) 含量の生育ステージ別,刈取り回次別変化. *日草誌* 40: 227-229
- 増子孝義 (1999) サイレージの発酵. *サイレージ科学の進歩* (内田仙二編), デーリィ・ジャパン社, 東京, p86-131
- McEwen J, Day W, Henderson IF, Johnston AE, Plumb RT, Poulton PR, Spaul AM, Stribley DP, Todd AD, Yeoman DP (1989) Effects of irrigation, N fertilizer, cutting frequency and pesticides on ryegrass, ryegrass-clover mixtures, clover and Lucerne grown on heavy and light land. *J Agric Sci Camb* 112: 227-247
- 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
- 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
- 中村克己・下小路英男・吉沢 晃・筒井佐喜雄・大槌勝彦 (1988) ペ

- レニアルライグラス草地における秋および春の刈取管理が永続性に及ぼす影響. 北草研報 22 : 131-134
- 中野長三郎 (2003) 北海道天北地域の放牧利用の実体と今後の課題. 牧草と園芸 51 (3) : 1-4
- Newman EI, Rovira AD (1975) Allelopathy among some British grassland species. *J Ecol* 63 : 727-737
- 農林水産省農林水産技術会議事務局 (編) (1999) 日本飼養標準. 乳牛 (1999年版). 中央畜産会, 東京, p81-86
- 岡元英樹・堤 光昭・奥村正敏・中村克巳・木曾誠二・佐藤尚親・二門 世・葛岡修二・高品 純・山上良明 (2003) 採草用ペレニアルライグラス単播草地の栽培・利用技術. 2001年度新しい研究成果—北海道地域—, 北海道農業研究センター, 札幌, p103-107
- 岡元英樹・奥村正敏・木曾誠二・二門 世 (2005) 天北地方における採草用ペレニアルライグラス単播草地の窒素施肥配分. 日草誌 51 : 296-302
- 岡元英樹・奥村正敏・古館明洋 (2007a) 天北地方の採草用ペレニアルライグラス単播草地における最適窒素施肥量. 日草誌 52 : 243-249
- 岡元英樹・奥村正敏・古館明洋 (2007b) 天北地方の採草用ペレニアルライグラス (*Lolium perenne* L.)・シロクロローバ (*Trifolium repens* L.) 混播草地における窒素施肥量. 日草誌 53 : 152-158
- 岡元英樹・古館明洋 (2007) 天北地方における主要イネ科3草種の採草利用時の生育・飼料特性. 道立農試集報 91 : 31-40
- 佐竹芳世・石田 亨・中村克巳・坂東 健 (1998) 天北地域におけるペレニアルライグラス主体草地の兼用利用. 道立農試集報 75 : 41-46
- Schils RLM, Vellinga ThV, Kraak K (1999) Dry-matter yield and herbage quality of a perennial ryegrass/white clover sward in a rotational grazing and cutting system. *Grass Forage Sci* 54 : 19-29
- 嶋田 徹 (1990) 2. 草地の生産管理. 草地学 (大久保忠旦, 広田秀憲, 高崎康夫, 上野昌彦, 雑賀 優, 安宅一夫, 小林裕志, 嶋田 徹, 村山三郎, 菊池正武, 中西五十著), 文永堂出版, 東京, p195-207
- Simpson JR (1976) Transfer of nitrogen from three pasture legumes under periodic defoliation in a filed environment. *Aust J Exp Agric Animal Husb* 16 : 863-870
- Smith D (1971) 植物組織からの全非構造性炭水化物 (TNC) の抽出および分析法 (上野昌彦訳, 原題名 Removing and analyzing total non-structural carbohydrates from plant tissue). 日草誌 17 : 75-82
- 須藤賢司・落合一彦・池田哲也 (2001) メドウフェスク (*Festuca pratensis* Huds.) およびペレニアルライグラス (*Lolium perenne* L.) 草地の集約放牧利用による産乳性とその比較. 日草誌 47 : 386-392
- Wilkins PW (1991) Breeding perennial ryegrass for agriculture. *Euphytica* 52 : 201-204
- Wilson RK, Collins DP (1980) Chemical composition of silages made from different grass genera. *Ir J Agric Res* 19 : 75-84
- Yemm EW, Willis AJ (1954) The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochem J* 57 : 508-514
- 吉田昌幸・藤井弘毅 (2008) ペレニアルライグラス新品種「天北5号」. 北農 75 (2) : 48
- 吉田重方 (1988) 草地における生物窒素固定. 日草誌 34 : 20-28
- 湯藤健治 (1999) 素晴らしい草地. 自給飼料シリーズ NO. 3 目で見る牧草と草地 (山下太郎編), 酪農総合研究所, 札幌, p56-57

要 旨

岡元英樹・奥村正敏・古館明洋 (2009) 天北地方のペレニアルライグラス (*Lolium perenne* L.) とシロクロローバ (*Trifolium repens* L.) を混播した兼用草地における窒素施肥適量. 日草誌 55 : 40-47

1 番草を採草し, その後約3週間毎 (年間5-6回) に模擬放牧を行った北海道天北地方のペレニアルライグラス (PR)・シロクロローバ (WC) 混播兼用草地を対象に年間窒素 (N) 施肥量を4処理設け (0, 30, 60, 90 kgN/ha), 適正なN施肥量を検討した。年間の平均乾物収量は, 干ばつ年を除くと30N区が7,489 kg/haと最大であった。同区はマメ科率も年間平均で26%と良好であり, TDN収量やN吸収量, 単位施肥Nあたりの乾物増加量も高かった。また, 放牧期の番草ごとの収量, マメ科率のばらつきも小さかった。これに対して0N区ではマメ科率は高いが低収であり, 60N区と90N区はともにマメ科率が低かった。以上から, PR・WC混播兼用草地の適正なN施肥量は30 kgN/haと判断した。

キーワード：兼用草地, シロクロローバ, 窒素施肥, ペレニアルライグラス, マメ科率.