

I 緒 言

1 本研究の背景と目的

北海道東部の根釧地方は、標高 80～150 m の緩波状性台地からなる約 30 万 ha の根釧原野が中心である。本地方では、冷涼多湿な気象条件のため、一般の畑作農業が成立せず、牧草を中心とした草地型酪農として発展し、この十数年間に広大な草地が造成され、乳肉牛飼養頭数も著しく増加した（第 1 表）。さらに、近年農業構造の近代化に伴って、農業所得の拡大と労働生産性向上を図るため、その経営規模は益々大型化を指向している。

第 1 表 北海道および根釧地方の草地面積と乳肉牛飼養頭数

年 次	草 地 面 積				乳 肉 牛 飼 養 頭 数			
	北 海 道		根 釧		北 海 道		根 釧	
	千 ha	比	千 ha	比	千頭	比	千頭	比
1961	175	100	41	100	218	100	47	100
1965	264	151	64	156	337	155	77	164
1970	328	187	99	241	524	240	134	285
1975	365	208	134	326	684	314	205	435

注）北海道農業のうごき（北海道農林統計協会）より抜すい。

大型酪農経営では、飼養家畜頭数が多いため、直接牛乳生産に関与しない後継育成牛の飼養は、労力や経費の面で大きな負担となる。そこで、このような育成部門の省力化を図るため、個別経営から切離して、育成牛を集中管理する牧場が各地に設けられた。しかも、これらの牧場のほとんどは、当該地域の酪農振興の見地から、市町村などの公共団体によって運営され、牧場が管理する草地は、個別経営内草地に対して、公共草地と呼ばれている。根釧地方でも 1965 年以降、このような牧場が急増し、公共草地の面積は約 3 万 ha に及んでいる。

公共草地では、個別経営内草地とは異なり、つぎのような特徴をもっている。

- 1) 一般に広い面積を有し、地理的、地形的に恵まれていない。
- 2) 育成費用を安くするため、草地は省力かつ低コストで管理される。
- 3) 多額の経費を伴う草地更新が困難である。
- 4) 育成牛の預託は、春から秋にかけて多く、主として放牧利用される。

すなわち、公共草地は、省力かつ低コストで管理される永年放牧草地¹⁴⁾ (Permanent pasture) であって、従来の個別経営内草地とは異なった管理が必要となる。

永年放牧草地については、欧米では古くから研究されてきたが¹⁴⁾、わが国では 1965 年以降、公共草地が出現するに及んでようやく注目された^{56-61), 78)}。根釧地方でも、公共草地の造成法と関連して、その維持管理法について若干検討されたが、なお不明な点が多く、永年放牧草地の体系的管理法は確立されていなかった。

永年放牧草地では、上述のように草地更新が困難なことから、草生の永年維持を最重点とした草地管理法が必要である。したがって、地形が良好で、機械作業が容易な個別経営内の草地では、草地更新が可能なため、維持年限より、多収性を重点とした草地管理法とは明らかに異なってくる。

根釧地方における草地生産性の経年的衰退は、一般に造成時に播種した生産性の高い牧草が減少し、代って生産性の低い牧草や雑草が侵入し、植生構造が悪化¹¹⁷⁾ するために起っている。とくに、混播草地では、まずクローバが減少して、グラスが優占となり、ついで施肥窒素が不足となり、グラスの生育が衰退し、ついには草地表面に牧草根が厚く集積して^{116), 124), 155)}、荒廃に至ることが多い。したがって、草地生産性の永年維持のためには、生産性の高い牧草の密度を高くし、かつ牧草生育に必要な養分分に供給することが必要である。

根釧地方における永年放牧草地の管理法を検討

第2表 根釧地方の気象

(1) 中標津における月平均気温、降水量および日照時間

項目		月												平均(計)
気 温 (℃)	平	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	均	-8.7	-8.2	-3.6	3.8	9.4	12.8	16.6	18.1	15.1	9.3	2.3	-4.1	5.2
	最 高	-2.1	-1.5	2.0	9.1	14.8	18.0	21.2	22.4	20.0	15.1	7.5	1.4	10.6
	最 低	-15.2	-14.9	-9.1	-1.5	4.0	7.5	12.0	13.8	10.2	3.5	-2.9	-9.6	-0.2
	降 水 量 (mm)	61	61	76	71	127	124	118	142	193	149	73	55	1250
	日 照 時 間 (時)	148	166	182	182	181	154	122	122	143	155	144	146	1845

(2) 中標津(根釧地方)、浜頓別(天北地方)および札幌(道央地方)の気象比較

項 目	平 均 気 温 (℃)			降 水 量 (mm)			日 照 時 間 (時)		
	5~10月	11~4月	年 間	5~10月	11~4月	年 間	5~10月	11~4月	年 間
中 標 津	13.6	- 3.1	5.2	853	397	1250	877	968	1845
浜 頓 別	13.9	- 2.8	5.6	687	531	1218	942	440	1382
札 幌	16.1	- 0.4	7.8	588	555	1143	1159	794	1953

項目	初 霜	晩 霜	無霜期間	根 雪	融 雪期	最深積雪	土壤結凍
	(月・日)	(月・日)	(日)	(月・日)	(月・日)	(cm)	(cm)
中 標 津	10.6	5.25	134	12.20	4.7	77	29
浜 頓 別	10.11	5.17	142	11.26	4.16	113	—
札 幌	10.7	5.7	151	11.27	3.29	81	—

注) 中標津、浜頓別は20年平均(1954~1973)、札幌は30年平均(1941~1970)の値

するためには、当地方の気象条件、土壌条件および放牧草地の特徴などに十分配慮する必要がある。

根釧地方の気象条件(第2表)からみると、一般に春には、土壌凍結の融解が遅いため、牧草の再生が遅れ、放牧開始は5月下旬となり、北海道の他地域より10日以上遅れる。夏は、日照が少なく、冷涼多湿な天候が続くため、牧草生育が停滞する。秋には気温低下に伴う牧草生育の鈍化が早く、10月上旬には初霜がある。したがって放牧可能期間は北海道内の他地域より約20日間以上短い。このような夏から秋にかけての草量不足は放牧草地の利用を過度にし、草生悪化の原因となる。さらに、冬期間には、積雪が少なく、気温が極端に低いため、牧草の冬枯れが多く、冬枯れ跡の裸

地には不良雑草が侵入し、生産性を大きく低下させる。以上のことから、とくに混播草地では、クローバは夏期間に、グラスは冬枯れによって減少しやすい特徴がある。

根釧地方の土壌(第3、4表)は、摩周統火山灰層の累積からなる火山性土である。全般に腐植が多く、保水力が強いため、夏期は湿性と呈し、冬期は深くまで凍結する。腐植は多いが、大部分が耐久腐植で、経年草地では可給態窒素に乏しい。耕土のりん酸吸収力がやや強く、有効りん酸が少ない。土性が粗く、無機膠質物が少ないため、養肥分の保持力が弱く、カリ、石灰、苦土などの置換性塩基に乏しい。したがって、経年草地ではとくに窒素とカリの肥効が大きく、これらの不足は草地生産性を大きく低下させ、荒廃の原因となる。

第3表 根釧地方の火山性土壌の代表的土壌断面

第 1 層	0～11cm, 黒褐色, 腐植に頗る富む砂壤土・粉状構造・膨軟(雄阿寒岳a 火山灰層A層)
第 2 層	11～17cm・暗黄褐色・腐植を含む砂壤土・単粒構造・膨軟(雄阿寒岳a 火山灰C層)
第 3 層	17～31cm・黒褐色・腐植に頗る富む砂壤土・板状構造(カムイサブリ岳2a 火山灰, AC層)
第 4 層	31～43cm, 黒褐色・腐植に頗る富み浮石礫を含む砂壤土・塊状構造・やや堅密(カムイサブリ岳 f 火山灰, A層)

注) 中標津町, 根釧農試圃場。火山灰層名は, 瀬尾らの報告¹⁶⁰⁾(1963)によった。

第4表 根釧地方の火山性土壌の主なる理化学性(風乾細土当たり)

層 序	粘 土 (%)	全炭素 (%)	全窒素 (%)	pH (H ₂ O)	置 換 容 量 (me/100g)	N/5 塩 酸 可 溶 (mg/100g)			燐酸 吸収 係数	土壌水分** (Vol. %)	
						P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO		pF0	pF3
第1層(0～11cm)	1.9	7.3	0.53	5.8	26.5	8.5	24.2	139	1850	70.3	35.7
第2層(11～17cm)	1.6	2.6	0.24	6.0	6.2	4.8	12.5	103	1625		
第3層(17～31cm)	2.7	6.5	0.52	5.7	24.3	7.2	20.2	93	2018	65.3	39.6
第4層(31～43cm)	4.8	6.3	0.58	5.5	27.6	4.5	18.5	85	2585	73.4	41.5

注) 第3表と同・土壌。*国際法による粘土, **土壌水分は木下の報告⁸⁹⁾を引用した。

放牧草地の生産性は, 放牧家畜が関与するため, 刈取りを主体とし, かつ多収性を重点とする採草地とは明らかに異なった管理法が必要である。このような放牧草地の特徴はつぎのとおりである。

1) 草地の利用条件: 採草地の牧草は, 収量確保の面から年間2～3回, 一定の刈取り高さで均一に収穫される。しかし, 放牧地では, 家畜の採食特性から短草利用⁵⁶⁾となり, 年間数回以上利用され, しかも牧草の採食部位も不規則である。したがって, 放牧草地の牧草は, 個体の生育量よりも再生力の強い草種が望ましく, かつ面積当たりの個体密度が高いことが必要である。

2) 季節生産性: 育成生対象の放牧草地では, 家畜の育成に伴って採食量が増大する。しかし, 牧草の生産量は春から初夏に多く, 夏以降は急激に減少し, 家畜の採食要求量との間に不均衡を生じる。とくに放牧期間中, 頭数を加減しない公共草地では生産量の増大よりも, 季節生産性をできる限り平均化する必要がある。

3) 放牧家畜によるふん尿還元: 牧草によって吸収された養分は, 採草地ではすべて草地外に持ち出されるが, 放牧草地では家畜の排泄ふん尿によって大部分が還元される。しかし, ふん尿は土壤に不規則に集中還元され, かつ排泄地点が不食過繁地となるため, 草地生産への寄与は比較的少ない。したがって, 放牧草地においても十分な施肥が必要であるが, 公共草地では省力かつ低コストの施肥法が要求される。

上述の理由から, 放牧草地の生産性は, 最終的には家畜生産によって評価する必要がある。しかし, 家畜を用いた放牧試験は, 多大の労力と経費を要するばかりでなく, その研究手法にも問題が多い。したがって, 草地生産性の維持管理という立場から, まず放牧草地に導入される牧草類の生育特性について, 刈取り条件下で基礎的に解明し, その知見に基づいて実際の放牧条件下での草地管理法を実証してゆくのが効率的である。

以上のことから, 本研究においては, 根釧地方

における永年放牧草地の管理法を確立するため、つぎの諸点について検討を行うこととした。

1) 混播草地におけるマメ科率の維持管理法：省力かつ低コストで管理される永年放牧草地では、生産性の高いグラスと空中窒素を固定するクローバの割合を適正に保ち、窒素施肥を節減しつつ生産性の維持を図ることが望ましい。しかし、根釧地方では、経年的にクローバが衰退しやすいので、マメ科率維持のための草地管理法を明らかにしようとした。

2) 晩秋利用草地の管理と牧草の越冬性：無霜期間の短い根釧地方では、放牧期間を延長することが望ましい。そこで、冬期間の牧草の冬枯れを考慮しつつ秋の放牧期間を延長するため、晩秋利用牧草の生産性と越冬性について究明しようとした。

3) 施肥の省力化：省力管理が必要な永年放牧草地では、施肥労力がもっとも大きい。そこで施肥回数を減少するため、施肥労力、季節生産性の平均化およびマメ科率の維持などに対して、もっとも効果的な施肥時期を明らかにしようとした。

4) 放牧条件下における草地の利用および施肥管理：最後に、刈取り条件下で検討した上記の諸点について実際の放牧条件下にある草地で再検討を加え、放牧家畜の影響を明らかにしようとした。

2 従来の研究

永年放牧草地に関する研究

永年放牧草地については、欧米では古くから研究されてきた¹⁴⁾が、わが国では最近牧草主体の永年放牧草地について、道央地方を対象とした早川ら⁵⁶⁾⁻⁶¹⁾や伊藤⁷⁸⁾の報告があるに過ぎない。

早川ら⁵²⁾は、永年草地の生産性低下の原因として、植生の衰退と土壌環境の悪化をあげている。植生の衰退は村上ら¹¹⁷⁾によると、不良気象、不適正な利用、施肥の不足および病虫害などによって起り、広瀬⁷⁰⁾は、混播草地のクローバの減少によって衰退するとしている。経年草地の土壌環境は、牧草根の集積によるルートマットあるいはソツドマットの生成⁵²⁾⁽¹²⁴⁾⁽¹³³⁾⁽¹⁵⁵⁾、土壌の物理性悪化³⁹⁾⁽⁵²⁾⁽¹⁵⁵⁾、土壌養分分の欠乏⁵²⁾⁽¹¹⁷⁾⁽¹²⁴⁾および施肥

効果の減少¹²⁴⁾⁽¹⁵⁵⁾などによって悪化する。小原¹³¹⁾は牧草生産量が天然養分供給量の範囲内であれば、維持年限が永く、多収になるほど低収えの転位が早いとしている。根釧地方の永年草地の実態については、植生面から村上ら¹¹⁶⁾が、土壌面から早川ら⁵²⁾、野村ら¹²⁴⁾の報告がある。しかし、その維持管理法については、ほとんど検討されていなかった。

混播草地に関する研究

グラスとクローバの混播は、17世紀初期にWESTONにより紹介された²⁸⁾が、広く普及したのは、今世紀に入ってからである¹⁶⁹⁾。わが国では、明治以降にクローバが導入されたが、ラジノクローバは1938年(昭和13年)に野幌で試作され、1940年代後半から急速に普及し¹⁵³⁾、根釧地方では、1953年に放牧試験¹⁷⁵⁾に用いられた。

グラスとクローバの混播は、収量性¹⁴²⁾⁽¹⁸⁵⁾⁽¹⁹⁴⁾、永続性⁷⁰⁾⁽⁹²⁾⁽¹⁹³⁾および家畜生産性¹⁶⁾⁽¹⁰⁶⁾⁽¹⁷⁶⁾などから多くの利点があげられてきた。しかし、適正なマメ科率の維持が困難であり、かつ収量に限界がある⁹⁸⁾⁽¹⁴²⁾ことから、グラス主体草地とし、窒素を多用すべきだという報告⁵¹⁾⁽⁷²⁾⁽⁹⁸⁾もある。

混播草地では、クローバの根粒菌が空中窒素を固定するため、窒素施肥が節減できる⁵⁵⁾⁽¹¹⁵⁾⁽¹⁴²⁾⁽¹⁸⁵⁾ことから、混播草地の窒素経済について、多くの報告²⁴⁾⁽¹³⁹⁾⁽¹⁶⁶⁾⁽¹⁷⁷⁾がある。WALKERら¹⁷⁷⁾は、クローバの固定窒素の一部は、混播したグラスに移譲、吸収されるとし、その移譲機作¹⁷⁾⁽³¹⁾⁽⁹⁰⁾⁽¹⁴⁷⁾や移譲量²⁴⁾⁽²⁵⁾についての報告が多い。しかし、グラスに対するクローバの窒素供給能は、気象¹¹⁴⁾⁽¹⁵⁸⁾や土壌条件¹¹⁵⁾、草種組み合わせ²⁵⁾⁽¹⁴⁰⁾⁽¹⁴¹⁾、利用方法¹¹⁾などによって異なり、その評価は一定していない。

混播草地のマメ科率が経時的に変化するのは、グラスとクローバの間には光、温度、養水分などに対する生育反応³³⁾、再生力¹²⁶⁾および繁殖様式³³⁾⁽¹³⁰⁾などに差があり、両草種間に生育競合が起るため³³⁾⁽¹¹³⁾⁽¹⁶⁵⁾とされてきた。

牧草に対する光の影響は生育競合の面から多数の報告⁶⁴⁾⁽⁸⁸⁾⁽¹¹³⁾⁽¹²⁶⁾⁽¹⁴⁴⁾がある。BLACKMANら¹⁰⁾、STERNら¹⁶⁵⁾は、混播草地に対する窒素施肥により、グラスの生育が促進され、クローバは遮光さ

れて衰退し、マメ科率が低下するとし、WILSON¹⁸⁴⁾は、地表相対照度を目安として、マメ科率維持のための刈取り時期を提案している。クローバは遮光に弱いという報告⁶⁴⁾⁷⁴⁾が多く、SEARS¹⁵⁸⁾、MUNRO¹¹⁴⁾は、日照条件とクローバの生育について報じ、さらに野村ら¹²³⁾は当地方のマメ科率と日照時間との間に関係があることを認めた。

牧草の生育適温については、多数の研究²²⁾³⁸⁾¹¹⁹⁾があるが、わが国では牧草の貯蔵養分³⁸⁾¹⁰⁴⁾¹³⁸⁾や夏枯れ³⁷⁾⁸⁴⁾と関連した研究がある。牧草の地上部生育に対する適温は、MICHELL¹⁰⁹⁾によると、グラスは18~21°C、シロクローバは24°Cとし、武田ら¹⁷²⁾はラジノクローバの出葉速度や葉面積拡大には、20~25°Cが良いとしている。しかし、村田ら¹¹⁸⁾、川鍋ら⁸⁴⁾は、北方型牧草の光合成の適温は、10~15°Cとし、SMITH¹⁶³⁾は、チモシーは昼間21°C、夜間15°Cが適温としている。また、高温の場合は刈取り後の貯蔵養分の回復が遅れて、再生不良になるという¹³⁸⁾。しかし、温度条件とマメ科率との関連についての報告は、ほとんど見当たらない。

草地の利用条件は、生産性⁴⁹⁾⁶²⁾⁶³⁾¹⁸⁰⁾や永続性⁷⁰⁾¹¹⁷⁾に影響を与え、また混播草地のマメ科率も変化させることが指摘されてきた⁴¹⁾⁵⁶⁾⁷⁹⁾¹³⁴⁾¹⁶⁴⁾。刈取りまたは放牧の頻度が少ない場合には、グラスによってクローバが遮光され、マメ科率を低下させ、頻度が多いとクローバが優占するという報告が多い⁷⁶⁾⁸⁸⁾¹³⁴⁾¹⁶⁴⁾。輪換放牧はマメ科率維持に好影響を及ぼし¹⁸⁾、SPRAGUE¹⁶⁴⁾は入牧時の草高が20~25 cmのときに好結果を得ている。利用直後の再生力の強弱は植生割合に強く影響し¹³⁾³³⁾¹²⁶⁾、再生力は草種¹⁴¹⁾、貯蔵養分¹⁰⁸⁾¹¹²⁾¹⁸¹⁾、再生茎数¹²⁰⁾¹⁴³⁾、利用後の残葉¹⁷⁹⁾および施肥⁹⁷⁾¹¹²⁾などによって支配される。早川ら⁵¹⁾や越智ら¹³⁶⁾によると、ラジノクローバは刈取り後、完全に草生が回復するためには、20~25日間を要するとし、WARD¹⁷⁹⁾は、この期間の生育量は、貯蔵養分の多少に影響されることを報告した。低刈り⁷⁶⁾⁸⁶⁾¹³⁴⁾や強い放牧⁷⁹⁾¹³⁵⁾¹⁷⁴⁾では、グラスの再生を抑制し、地表への光透過を良好にして、クローバの生

育を促進し、マメ科率を高めるといふ。しかし、放牧家畜はクローバを選採採食¹⁷³⁾¹⁷⁴⁾して、マメ科率を低下させるという報告もある。

混播草地では、グラスとクローバの養分要求が異なる⁴⁸⁾⁵⁰⁾⁹¹⁾¹³¹⁾ため、施肥によってマメ科率が変動することは古くから知られており、とくに窒素施用はマメ科率を低下させる。牧草は難溶性りん酸を吸収できるが、その吸収力はクローバよりグラスで強く⁵⁰⁾、その差によってマメ科率が変化し⁷⁷⁾、最近りん酸の吸収競合についての報告⁸⁰⁾がある。カリの吸収競合は、古くから根の置換容量の大小によって説明され¹²⁾³⁴⁾¹¹³⁾、カリの不足によってマメ科率が低下することが多数報告¹²⁾³⁴⁾⁹¹⁾されている。クローバは、グラスより土壤酸性に弱く¹⁹⁰⁾、石灰や苦土の施用がマメ科率維持によいという報告¹³¹⁾¹⁵⁷⁾¹⁹¹⁾も多い。根刈り地方の火山灰土壤においても、牧草に対する施肥法の研究で検討された⁵⁰⁾が、放牧草地のマメ科率維持という観点からは、なお不十分である。また、放牧家畜のふん尿還元は窒素やカリの給源⁴⁷⁾¹⁵⁹⁾とされているが、集中還元されて⁵⁴⁾⁷¹⁾¹⁰⁷⁾、不食過繁地となり、草種構成に影響¹⁸²⁾する。

秋の草地管理と牧草の越冬性に関する研究

晩秋放牧用草地は1950年代にスコットランドで提唱¹⁵⁶⁾され、その後英国⁷⁾⁹⁾²³⁾やニュージーランド⁷⁰⁾で検討されてきた。わが国では、最近早川ら⁵⁷⁾⁶¹⁾や伊藤⁷⁸⁾の報告があり、道央地方では8月に窒素施肥したオーチャードグラスやベレニアルライグラスの草地では、晩秋に十分な草量が確保され、放牧牛の増体が良好であったとし、鈴木ら¹⁶⁸⁾は、その飼料価値について報告している。

秋の牧草に対する施肥や、晩秋利用が翌春の牧草の再生に悪影響があるという意見⁸¹⁾⁸²⁾¹²²⁾¹⁵⁰⁾と影響が少ないという意見²³⁾⁶⁰⁾⁷⁸⁾¹⁷⁰⁾がある。秋の牧草は株、根の肥大⁵⁾⁴³⁾、貯蔵炭水化物の蓄積³⁶⁾⁹⁶⁾¹⁰⁸⁾が行なわれ、分けつの発生が多い⁴⁴⁾⁷³⁾が、このような秋の牧草生育特性と、利用⁵⁾¹⁵⁾⁸²⁾¹²²⁾¹⁵⁰⁾あるいは施肥⁶⁾⁹³⁾⁹⁴⁾¹⁵¹⁾との関連について検討されてきた。

早春の牧草の再生を促進するための秋施肥は、欧米で検討されてきた^{6)32)100)~102)}が、その効果は

牧草の越冬性⁴¹⁾¹⁰³⁾¹⁸³⁾や施肥養分の流亡¹⁰¹⁾¹¹¹⁾などによって異なることが報告され、秋施肥肥料の種類²⁹⁾⁹⁵⁾についても検討されてきた。北海道では、最近天北地方¹⁵⁰⁾¹⁵¹⁾および道央地方⁹³⁾⁹⁴⁾において、オーチャードグラスに対する秋施肥の効果が報告されているが、当地方では未検討であった。

牧草の耐寒性は、1930年代から研究されてきた³⁰⁾が、その後は米国における報告¹⁶²⁾が多い。すなわち、耐凍性の増大過程⁷⁵⁾¹⁴⁶⁾、細胞液の電導度³⁰⁾⁷⁵⁾、貯蔵炭水化物の蓄積⁸⁾との関係などに関して多数の報告があり、さらに雪が少ない地方における土壤凍結⁵³⁾¹²¹⁾¹⁸⁸⁾や、凹地に生ずる永層 (Ice sheet) による牧草の窒息⁴²⁾などについて報告されている。しかし、北海道の東部以外は多雪地帯のため、牧草の耐寒性については、ほとんど注目されていなかった。土壤凍結による牧草根の物理的障害についても若干の検討¹²¹⁾¹⁸⁸⁾があり、根釧地方では早川ら⁵³⁾の報告がある。一方、根釧地方における牧草の冬枯れは大粒菌核病によって

直接枯死する場合¹⁵²⁾が多いが、これに関連する生理的条件と施肥の関係については、早川ら⁵³⁾が報告している。

草地の施肥管理の省力化と季節生産性に関する研究

草地に対する施肥の省力化については、寒冷なアラスカでの秋施肥効果¹⁰⁰⁾や、時期別の施肥効果¹⁸⁶⁾などの報告以外は、ほとんど検討されていない。一方、草地の季節生産性平均化と施肥に関連して、早川ら⁵⁹⁾は、スプリングフラッシュの回避について検討し、坂本ら¹⁴⁹⁾は、季節別の気象条件と窒素施肥反応について報告している。また、牧草類の季節別生産性の検討から、混播草地が季節生産性平均化の面から有利であるという報告¹⁹²⁾がある。さらに早川ら⁵⁸⁾は、季節生産性の平均化と利用時期について報告している。しかし、これら従来の報告は、個別的なものが多く、施肥の省力化と季節生産性の平均化を結びつけた体系的な見解は示されていない。

II 供試材料および試験条件

1 供試材料

本研究で供試した牧草はグラス6種およびクローバ3種で、これらの特性¹²⁵⁾はつぎのとおりである。

1) チモシー, Timothy *Phleum pratense* L. (以下 Ti と略記、他の草種についても同様)

冷涼、湿潤気候に適し、根釧地方でもっとも適応性が高いが、再生力はやや弱い。家畜の嗜好性が高く、粗放管理にも耐える。

2) オーチャードグラス, Orchardgrass, *Dactylis glomerata* L. (Or)

やや温暖な地方に適し、再生力が強く、多収性で、秋の低温時における生育も良い。根釧地方ではしばしば冬枯れの被害があり、不安定な草種である。

3) メドウフェスク, Meadow fescue, *Festuca pratensis* Muds. (Mf)

やや温暖な地方に適し、耐湿性で秋の生育も良

い。根釧地方では Or 同様、冬枯れの被害を受けやすい。

4) トールフェクス, Tall fescue, *Festuca arudinacea* Schreb. (Tf)

耐寒性の強い品種として Kentucky 31 fescue を用いた。低温生長性が大きく、放牧用に適するが、やや粗剛で、嗜好性が劣る。

5) ケンタッキーブルーグラス, Kentucky bluegrass *Poa pratensis* L. (Kb)

冷涼、湿潤な気候に適し、短草型で、放牧に利用される。地下茎で増殖し、永続性がある。本地方によく適応し、他草種の衰退した草地にも良く侵入するが、生産性はやや低い。

6) レッドトップ, Redtop, *Agrostis alba* L. (Rt)

寒冷、湿潤気候に適し、Kb と同様に地下茎で増殖し、永続性がある。粗放管理に耐え、本地方では荒廃草地に多く侵入し、生産性は低い。

第5表 試験期間中の主なる気象条件と牧草作況（根釧農試調査）

年次	12 ～ 2 月（冬）			5 ～ 9 月（牧草生育期間）				10 ～ 11 月（秋）			牧草 作況 指数
	平均 気温 (℃)	最深 積雪 (cm)	土凍 結 (cm)	平均 気温 (℃)	降水量 (mm)	日照 時間 (時)	無霜 期 (日)	平均 気温 (℃)	降水量 (mm)	日照 時間 (時)	
平年	-7.0	77	29	14.4	704	722	132	5.8	222	299	100
1968	-6.4	58	43	14.5	648	701	160	5.7	198	282	-
1969	-7.4	66	18	14.1	775	802	136	5.2	188	294	99
1970	-8.2	130	13	15.3	528	880	144	6.4	117	328	108
1971	-7.8	98	25	13.5	694	1003	152	6.1	201	380	106
1972	-5.9	82	50	15.3	774	762	155	6.3	507	264	82
1973	-5.7	41	35	14.8	634	814	124	5.5	249	283	99
1974	-4.6	22	48	14.0	673	577	141	5.0	184	263	68

7) ラジノクローバ, Ladino clover, *Trifolium repense* L., race *giganteum* (Lc)

シロクローバのうち、ラジノ型の品種を指す。適応性が広く、本地方では1955年以降、放牧用に広く用いられている。耐寒性は大きくないが、ランナーで増殖し、回復力が大きい。

8) シロクローバ, White clover, *Trifolium repense* L. var. *hollandicum* (Wc)

シロクローバのうち、コモン型の品種を指す。適地性が広く粗放管理にも耐え、本地方の永年草地に永く残っている。

9) アカクローバ, Red clover, *Trifolium pratense* L., (Rc)

直立型のクローバで、寒冷気候に適する。短年性のため、根釧地方では採草または採草放牧兼用草地における初期収量確保のための補助草種として用いられている。

2 試験期間中の気候と牧草作況

本研究が行なわれた1968～1974年の7年間の気象条件を第5表に示した。

1970年は高温、多照、1971年は低温、多照で、いずれも秋の天候が良く、牧草の作況は良好であった。1974年は、低温、寡照で、牧草生育がやや劣ったが、その他の年次は平年作況であった。土壌凍結は、1968、1972、1974年はいずれも深かったが、雪の多かった1969、1970年では浅かった。

3 供試土壌および試験方法

供試土壌：本研究は、主として北海道立根釧農業試験場の試験圃場で行なわれたが、一部は実際の公共草地の放牧草地も使用した。供試土壌は摩周統火山灰からなる火山性土であるが、その特性は前述のとおりである。

ポット試験：供試ポットは、合成樹脂製の5000分の1アールポット、角型Aポット（縦35 cm、横65 cm、高さ20 cm）および角型Bポット（縦35 cm、横30 cm、高さ20 cm）の3種で、角型A、Bポットは主として混播試験に用いた。充填土壌は、本地方の雌阿寒岳a火山灰土壌を用い、乾土相当で、5000分の1アールポットは1.5 kg、角型Aポットは17.6 kg、角型Bポットは8.0 kgをそれぞれ充填した。原則として表層5 cmを炭カルでpH 6.5に調製し、表層2 cm程度に基肥を施用し、牧草種子を点播し、発芽後、2～3回間引して必要個体数とした。施肥はとくに断わらない限り硫酸、過石、硫加を用いた。栽培期間中は、ファイロンハウス（透明樹脂製板で作ったハウス）または人工気象箱（面積4 m²）の中で生育させ、土壌水分は最大圃場容水量の60%前後に維持した。牧草は地表約5 cmで刈取り、収穫した牧草は生草重を秤量後、70℃で48時間以上通風乾燥し、乾草収量とした。乾草試料は粉碎後、分析に供した。

圃場試験：試験目的に応じて乱塊法または分割

試験区法（2～3反復）により試験を実施した。また、試験処理の多い場合には多因子要因試験とし、直交表を用いた。1区面積は原則として9 m²（3 m×3 m）とした。牧草は散播したが、草種特性などを取扱う場合は条播（畦巾40 cm、播巾10 cm）とした。播種量は草種や発芽率によって異なるが、一般に10 a当たりグラスは1.0 kg、クローバーは0.3 kgとした。標準施肥量は第6表に示した。

基肥は播種時に全量を表層に散布した。2年目以降の追肥は、りん酸は全量を早春の萌芽時に、窒素とカリは早春および刈取り直後（ただし、最終刈取り後を除く）に等分に分施した。肥料は、とくに断わらない限り硫酸、過石、硫酸を用いた。

収量調査は、放牧利用を前提とし、年間3～7回刈取った。各試験区より、2～4 m²づつ刈取り、生草重を秤量し、混播草地では、草種別に選別した。各牧草は70°C、48時間以上通風乾燥し、乾草収量を求めた。乾草試料は粉碎後、分析に供した。

放牧試験：ほとんどの場合、経年草地を用いたが、供試家畜および放牧方法はその都度記述する。草量調査は試験牧区内から3～5箇所、2 m²づつ刈取って秤量した。採食量は滞牧期間が1～2日間のため、放牧前後の現存量の差から推定した。刈取った牧草は圃場試験の場合と同様に処理した。

4 牧草および土壌分析法

牧草分析法

無機成分含有率：全窒素はケルダール法によって分解後、セミクロ法で蒸留、滴定した。窒素以外の成分は、湿式分解後、りん酸は硫酸モリブデン法による比色、カリ、石灰および苦土は原子吸光法により測定した。

有機成分含有率：粗蛋白は全窒素より推定し、粗せんいは、稀酸一稀アルカリによる加水分解後、秤量した。可消化養分総量（TDN）および可消化粗蛋白（DCP）は、ADAMSの方法²⁾によって求め

た。

貯蔵炭水化物含有率：貯蔵器官としては、グラスでは株部、根、地下茎、クローバーではランナー、根を採取した。株部は、予備調査の結果（第7表）から、炭水化物含有率の高かった4 cm部位までを採取した。各器官は採取後、水洗し、直ちに100°Cで30分間、ついで70°Cで48時間以上通風乾燥し、乾物重を秤量し、その後粉碎して分析に供した。

貯蔵炭水化物の定量は、グラスでは80%エタノール可溶部分とフラクトサンに分けて測定した。80%エタノール可溶部分は還元糖にまで分解し、フラクトサンは80%エタノール抽出残液を、0.25%硫酸で分解し、いずれも中和、除蛋白後、NELSON・SOMOGYI法¹⁾で比色した。測定値は、フラクトースに換算し、両者の合計をTAC（Total available carbohydrates）とした。また、クローバーでは、0.7 N塩酸を加えて、加水分解し、中和、除蛋白後、同様に比色定量し、これから全糖を差引いてデンプン含有率を求めた。

第6表 各種草地に対する標準施肥量（kg/10a）

草 地	基 肥			2年目以降の年間追肥量*		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
グ ラ ス 単 播	5	20	7	10～15	5	10～20
ク ロ ー バ 単 播	2	20	7	2～4	5	10～20
グラス・クローバ混播	2	20	7	2～4	5	10～20

注）*草地の生産性に応じて、N、K₂Oは加減した。

第7表 グラスの株部の部位別TAC含有率*
（風乾物中 %）

草 種	根際よりの距離（cm）別の部位					
	0～1	1～2	2～3	3～4	4～5	5～6
オーチャードグラス	40.5	40.5	40.0	37.3	31.9	29.4
メドウフェスク	34.8	33.8	32.8	32.4	30.5	28.6

注）*熱2% H₂SO₄抽出

土壌分析法

ポット試験では、上層5 cmの土壌、圃場試験では試験区の数箇所から深さ5 cmまでの土壌を採取し、いずれも風乾後、常法によって分析に供した。

III 混播草地におけるマメ科率の維持管理法

グラスとクローバの混播草地は、草地生産性や家畜栄養の面から好ましいとされ、永年放牧草地も混播草地として造成される。このような混播草地のグラスとクローバの混生割合、すなわちマメ科率は、草地の利用方法や家畜の種類によって異なるが、放牧草地では30~50%が適当とされ、搾乳牛ではやや高く、肉牛や育成牛ではやや低くてよいといわれている。ところが、根釧地方の混播草地では経年的にクローバが消失しやすく、マメ科率の低下が草地荒廃の原因となっている。

早川ら⁵⁰⁾はクローバが消失し、グラスが主体となった草地では、窒素重点の施肥に転換すべきだとしているが、低コスト管理が必要な公共草地では増肥することは困難である。したがって、混播草地のマメ科率を適正に維持することによって、窒素施肥を削減しつつ永年維持を図り、栄養価値の高い草を供給することが必要である。

マメ科率の調節については、従来施肥面からの研究⁵¹⁾⁷⁷⁾⁹¹⁾¹³²⁾¹⁹⁰⁾が多かったが、気象条件や利用管理と関連した報告が少なかった。そこで、本章では、根釧地方の気象および土壌条件の下で、混播草地のマメ科率を適正に維持するための利用方法および施肥法について考究した。

1 窒素供給源としてのシロクローバの役割

牧草生育に対する窒素供給源は、クローバは根粒菌の固定窒素で保証され、グラスは土壌または施肥窒素に依存する。しかし、混播草地のグラスが、混播クローバの固定窒素の一部を利用できれば、少ない窒素施肥で草地生産が維持されることになる。そこで、本節では、グラスの生産性および窒素吸収量などに対するクローバの混播効果を検討するため、(1)シロクローバとアカクローバの比較、(2)シロクローバ類の品種比較を行い、それらの結果から、クローバの固定窒素がグラスによってどの程度利用されるかについて論じた。

(1) シロクローバとアカクローバの混播効果の比較

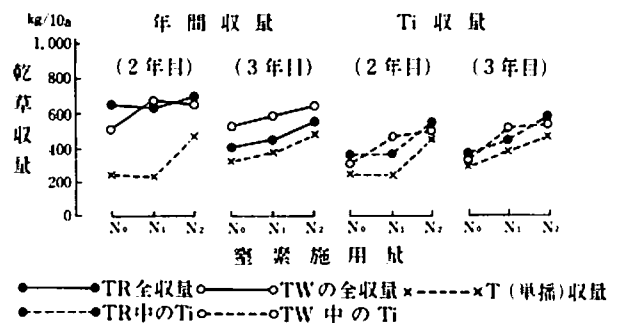
試験方法

Ti 単播 (T)、Ti と Rc の混播 (TR) および Ti と Wc の混播 (TW) の3種の草種組み合わせを作り、早春および刈取りごとの窒素追肥量を0, 1, 2 kgN/10 a (N_0, N_1, N_2 と略記)の3段階を組み合わせた。10 a 当たりの播種量は、いずれも Ti 1.0 kg, Rc 0.5 kg, Wc 0.3 kg とした。各区の共通施肥として、りん酸は早春に5 kg P_2O_5 /10 a, カリは早春と刈取りごとに5 kg K_2O /10 a づつ施用した。刈取り調査は2年目3回、3年目2回行った。

試験結果

年間収量：Ti と Rc または Wc を混播すると、同一窒素水準では、単播の Ti より明らかに高収となり、とくに2年目の N_0, N_1 でこの傾向が大きかった(第1図)。3年目はTやTRにもWcが自然侵入したため(第2図)、区間の収量差が縮まった。混播組み合わせ別には、TR, TWの収量差は小さかったが、3年目には、TRではRcが消失して、自然侵入のWcがおきかわり、TWより低収となった。TWでは、 N_1, N_2 がやや高収で、年次変動が小さかった。

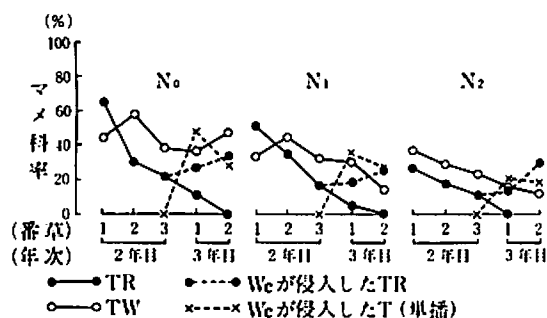
Ti 収量(第1図)：2年目の N_0, N_1 では、明らかに混播区のTi収量が勝り、TWの N_1 では、Tの N_2 に匹敵した。3年目には、TにもWcが侵入



第1図 年間の全収量およびTi収量

したため、差は縮まったがやはり混播区で勝った。以上のことから、混播区における金収量の優位性は、単にクローバ収量の附加ばかりでなく、Ti 収量の増収も寄与しており、とくに窒素施肥水準の低い場合にこの傾向が大きかった。

マメ科率(第2図): TR では初期に高く、刈取りが進むと低下し、3年目には Rc が衰退し、Wc が侵入した。これに対して、TW の N_0 , N_1 のマメ科率は 30~60% であり、経時的に安定していた。T や TR では、3年目に Wc が侵入し、とくに窒素水準が低いほどこの傾向が大きく、むしろ TW



第2図 マメ科率の推移

より高いマメ科率となった。これは供試圃場の前歴が草地であったため、残っていた Wc のランナーが、低窒素水準で再生したためと思われる。以上のことから、永続性やマメ科率の面からは、Rc より Wc が有利と考えられた。

(2) 固定窒素のグラスによる利用からみたシロクローバ類の品種比較

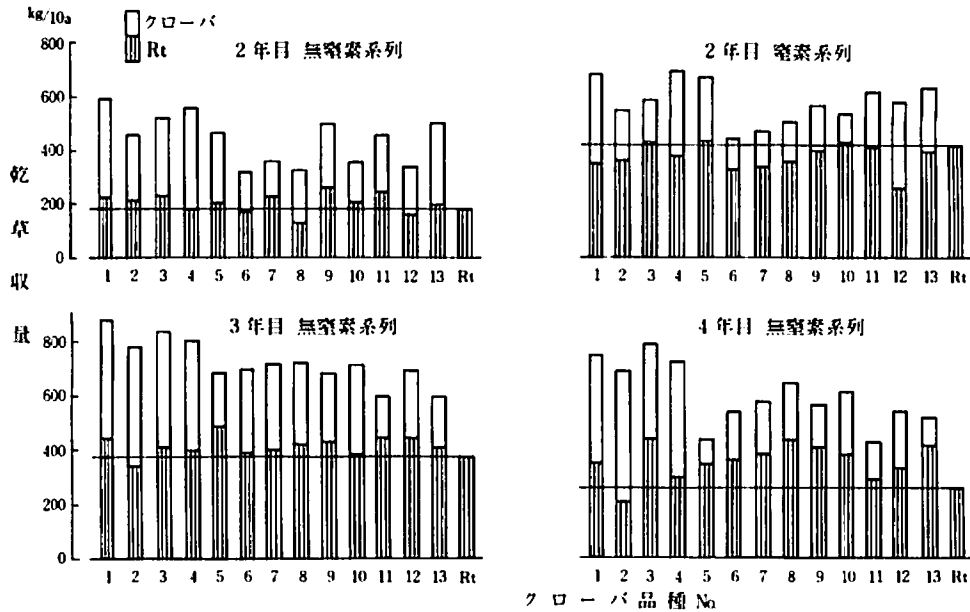
試験方法

Lc (ラジノ型) 4 品種, Wc (コモン型) 9 品種の合計 13 品種のシロクローバ(第8表)を供試し、各クローバの単播 13 区、各クローバと Rt の混播 13 区および Rt 単播 1 区を作った(早川ら⁵⁵⁾によると、当地方では Rt や Kb は、クローバの固定窒素の利用効率が高い草種とされているため、Rt を供試)。これらの各区は、さらに無窒素系列と窒素施用系列(刈取りごとに $2\text{ kgN}/10\text{ a}$ を追肥)に 2 分した。施肥は窒素以外を共通とし、りん酸は春に $5\text{ kgP}_2\text{O}_5/10\text{ a}$ 、カリは刈取りごとに分施し、草生状態により施用量を加減し、初年目 7、2 年目 15、3~4 年目 28 $\text{kgK}_2\text{O}/10\text{ a}$ とした。収量調査は、2 年目 3 回、3~4 年目各 4 回

第8表 シロクローバの供試品種と収量性

品 種 型	No.	供 試 品 種 名	育 成 地	乾草収量 ($\text{kg}/10\text{a}$) *	
				無 窒 素	窒 素 施 用
ラ ジ ノ 型	1	Ladino clover	U. S. A	136	149
	2	Oregon certified ladino clover	U. S. A	142	169
	3	California certified ladino clover	U. S. A	111	140
	4	Ladino clover	市 販	116	161
コ モ ン 型	5	White clover	U. S. A	67	64
	6	Certified pedigree white clover	New Zealand	83	69
	7	Certified mother white clover	New Zealand	99	84
	8	Permanent pasture white clover	New Zealand	98	85
	9	Pajbjerg Milka II. K&V white clover	Denmark	103	81
	10	Lodi 8 tofte white clover	Denmark	95	58
	11	Deutsch I white clover	Germany	66	89
	12	Dutch white clover	Netherland	60	44
	13	White clover	市 販	85	96
Std (5%)				NS	59

注) * 乾草収量は、各クローバ単播区の 2 年目、3 番草収量



第3図 供試クローバとRtの混播区収量

行った。

試験結果

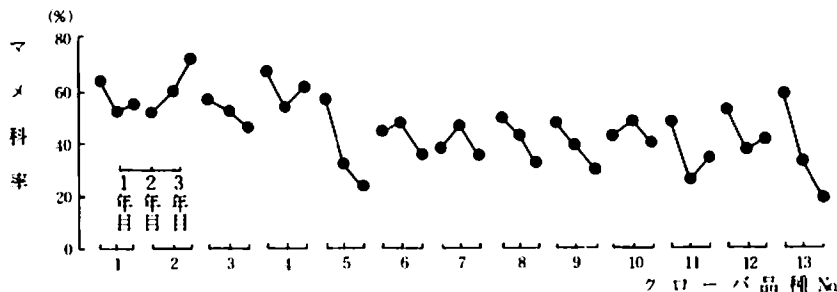
供試クローバ品種の収量性(第8表)：クローバ単播区の2年目、3番草(クローバの被度が80%以上になった時点で、3年目以降はイネ科雑草が侵入した)について比較すると、ラジノ型品種がコモン型品種より高収であり、窒素の施用はラジノ型品種を増収させたが、コモン型品種の生育を抑制した。

混播区およびRt単播区収量(第3図)：混播区はすべての場合、Rt単播区より明らかに高収であった。無窒素系列では、各年次ともラジノ型混播の収量がコモン型混播の収量より勝っていた。窒素施用系列では、無窒素系列に比べ、クローバ

収量は減少したが、Rtの大幅な増加によって、各混播区とも高収となった。しかし、3年目以降はいずれもクローバが消失し、混播の意味が失われたので、以降の試験は中止した。

混播区のマメ科率(第4図)：ラジノ型混播では一般に高く、Rtの生育旺盛な1番草以外は、ほとんどが50%以上となった。コモン型混播では、経年的に低下し、4年目には30%前後になるものもあった。

混播Rtの窒素吸収量：無窒素系列では、混播区のRt収量(第3図)は、一、二を除いては、いずれも単播区のRt収量より高く、しかも年次とともにその差が大きくなった。また、混播区のRtは、単播Rtより常に高い窒素含有率(第9表)を



第4図 無窒素系列の年次別平均マメ科率

第9表 無窒素系列の混播区におけるRtの平均窒素含有率*

年次	区別*	1番草	2番草	3番草	4番草
2年目	L	2.17 ± 0.02	2.73 ± 0.09	2.81 ± 0.10	
	C	2.09 ± 0.01	2.59 ± 0.04	2.41 ± 0.01	
	Rt単	1.91	2.39	2.35	
3年目	L	1.83 ± 0.00	2.41 ± 0.01	2.55 ± 0.14	2.53 ± 0.23
	C	1.65 ± 0.01	2.25 ± 0.02	2.49 ± 0.03	2.31 ± 0.03
	Rt単	1.36	1.63	1.99	1.98

注) *Lはラジノ型混播 (No.1～No.4), Cはコモン型混播 (No.5～No.13) のそれぞれRtの平均窒素含有率, Rt単はRt単播区の窒素含有率

示し、混播区のRtの窒素吸収量は明らかに多くなった。しかし、窒素施用系列では、単播区のRtが大きく増殖し、窒素吸収量も混播区のRtより多くなる場合が多かった。

そこで、クローバ混播によるRtの窒素吸収量増加を求めるため、「混播区のRtの窒素吸収量」から「単播Rtの窒素吸収量」を差引いた(第10表)。その結果によると、窒素吸収量増加は、播種2年目では全般に少なく、中にはマイナスを示す場合もあったが、多いものでは、無窒素系列では1.72 kgN/10a (No.9)、窒素施用系列では、3.66 kgN/10 a (No.5)が最高であった。3年目では、草生が確立したため、無窒素系列では、混播区のRtの窒素吸収量が増加し、すべての混播で

単播Rtの吸収量を上廻った。刈取りごとの窒素吸収量増加は、全般に1～2番草で多く、3～4番草で少なかったが、とくにラジノ型混播でこの傾向が強く、コモン型混播では、刈取りごとの差がやや小さかった。年間合計量では、コモン型混播が平均に多く、最高は3.86 kgN/10 a (No.5)、ラジノ型混播の最高は3.51 kgN/10aであった。4年目には、3年目まで特徴的であった4品種の混播についてみたが、やや低い値を示した。

混播区的全窒素吸収量は、クローバとRtの窒素吸収量の合計であるため、当然Rt単播区の窒素吸収量より多いが、無窒素系列の場合には、その差はクローバによって固定された窒素と考えることができる。そこで、混播区的全窒素吸収量と

Rt単播区の窒素吸収量の差を求めると(第11表)、全般にラジノ型混播が、コモン型混播より多かった。しかし、この全窒素吸収量のうち、前述のRtによる窒素吸収量の増加の割合は、コモン型混播が、ラジノ型混播より高い値を示した。

土壌分析結果(第12表)：無機態窒素、易分解性窒素および全窒素は、いずれも混播区がRt単播区より多く、炭素率は低かった。全炭素はRt単播区が混播区より低かったが、これはRtの根の大部分

第10表 クローバ混播によるRtの平均窒素吸収量増加*

項 目		Rtの平均窒素吸収量増加* (kg/10a)		Rt単播の窒素吸収量 (kg/10a)
		ラジノ型混播	コモン型混播	
2年目合計	無窒素	1.16±0.39	0.50	4.39
	窒素施用	0.68±0.44	0.11	6.96
3年目	1番草	0.81±0.20	0.66±0.04	1.29
	2番草	1.14±0.09	1.07±0.03	1.09
	3番草	0.46±0.81	0.61±0.71	2.12
	4番草	0.38±0.19	0.65±0.04	1.23
	合計	2.79±1.41	2.99±0.18	5.73
** 4年目合計	無窒素	2.51	2.09	5.40

注) *「混播区のRtの窒素吸収量」-「Rt単播区の窒素吸収量」

** 2～3年目は全供試品種にて調査したが、4年目はラジノ型2品種コモン型2品種について調査した。

第11表 混播区の全窒素吸収量の増加^{*}およびその中のRtによる窒素吸収量増加^{**}の割合
(3年目、無窒素系列)

項 目	混播区の全窒素吸収量の増加 [*] (kg/10a)		同左中のRtによる増加の割合(%)	
	L	C	L	C
1 番 草	4.33±0.23	3.52±0.18	18.7	18.8
2 番 草	6.00±0.32	4.69±0.37	19.0	22.8
3 番 草	4.56±0.07	3.01±0.56	10.1	20.3
4 番 草	3.59±0.30	1.64±0.28	10.6	39.6
合 計	18.48±0.04	12.86±4.40	15.1	23.3

注) *「混播区のクローバとRtの合計窒素吸収量」—「単播Rtの窒素吸収量」

**第10表に掲げたRtの平均窒素吸収量増加

***Lはラジノ型混播, Cはコモン型混播

第12表 供試草地土壌の分析結果
(3年目、無窒素系列)

項 目	L ***	C	Rt単
無機態窒素 [*] (mg/100g)	10.8±1.39	9.4±0.26	7.9
易分解性窒素 ^{**} (mg/100g)	31.5±0.67	29.1±0.46	23.2
全 炭 素 (%)	7.09±0.03	7.30±0.12	6.93
全 窒 素 (%)	0.55±0.00	0.55±0.00	0.50
C / N	12.9± 0.3	13.3± 0.3	13.8

注) *無機態窒素は10% KCl 浸出、コンウエイ拡散分析法により測定、NO₃-NとNH₄-Nの含量

**供試土壌を最大容水量の60%に保ち、28℃で3週間培養後に増加した無機態窒素

***第10、11表と同じ表示、ただしRt単は単播のRt区

を除いたためと思われる。また、易分解性窒素(Y)と3年目のRtの窒素増加量(X)との間には、No.2, No.5などの特殊な品種を除くと、

$$Y = 4.03 X + 17.85 \quad (r = 0.735^*)$$

の関係があった。

(3) 考 察

混播草地では、クローバの根粒菌による窒素固定があるため、窒素施肥が節減できる⁵⁵⁾¹⁴²⁾¹⁸⁵⁾。本試験の結果では、年間6~8 kgN/10 aを施用したTiあるいはRtの単播よりも、無窒素の混播草地が多収となる場合が多かった。既往の試験結

果¹¹⁵⁾¹⁴²⁾¹⁸⁵⁾からみると、グラス単播で、本試験の混播区程度の収量をあげるためには、年間15 kgN/10 a以上の施肥が必要と思われる。

混播草地の全窒素吸収量は、グラスとクローバの窒素吸収量の合計であり、グラス単播草地に対して、クローバの吸収窒素量が附加されるのみでなく、混播グラスは単播グラスよりも高収、高窒素含有率で、窒素吸収量が多いため、その合計量はグラス単播草地を大きく上回る。

混播草地のグラスの窒素吸収量が増加するのは、クローバからの窒素移譲³¹⁾⁵⁵⁾⁶⁷⁾があるためである。WALKERら¹⁷⁷⁾は、混播中のグラスの吸収窒素の由来を、土壤窒素、施肥窒素およびクローバの固定窒素の3つに分けて論じており、その後もこの考え方によって混播草地の窒素経済が論じられている²⁴⁾¹³⁹⁾¹⁶⁶⁾。

クローバの固定窒素の移譲機作については、(1)クローバの根から窒素化合物(例えばアスパラギン酸やグルタミン酸など)が放出され、これらが直接グラスに吸収されるという意見⁹⁰⁾¹⁴⁷⁾と、(2)クローバの根や根粒の分解によって無機化される窒素が、グラスによって吸収されるという意見¹⁷⁾³¹⁾¹⁵⁸⁾の2つがあるが、前者は量的に少なく¹⁷⁾¹⁷⁸⁾、後者が主体であると考えられる。したがって、固定窒素を実際にグラスが吸収利用するまでには、時間を要する。本試験で、混播グラスの窒素吸収増加が2年目は少なく、3年目以降多くなったことは、前年に固定された窒素を吸収するというBLANDら¹¹⁾の報告を支持する。春から夏にかけてRtの窒素吸収量増加が多いことは、この時期には、地温上昇に伴って、脱落した根や根粒の窒素の無機化が促進され、また生育旺盛なグラスの窒素吸収力が強いためである。一方、秋には、グラスの窒素吸収力が低下し、かつ低温のため、土壌中の根や根粒がそのまま残存し、翌春以降に利用されるものと解される。3年目秋の混播草地上壤では、易分解性窒素が増加し、この増加量とグラスの窒素吸収量増加との間の密接な関係はこのことを裏付けている。

本試験では、「混播中のグラスの窒素吸収量」から「単播グラスの窒素吸収量」を差引いて、クロー

バ固定窒素のグラスへの「窒素移譲量」とした。この窒素移譲量は、3年目の草地で1.6~3.9 kgN/10 aであり、クローバの品種によって異なっていた。しかし、この品種間差は、前年または当年のクローバ収量と無関係で、おそらく根や根粒の生育量に関連するものと思う。

グラス単播草地に対し、混播草地の窒素吸収量の増加は、ラジノ型混播では主としてクローバ自体の窒素吸収量の増加に依存し、コモン型混播では、グラスへの窒素移譲量の増加割合が高い。クローバ固定窒素量に対するグラスへの窒素移譲量の割合は、DILZら³¹⁾は32%、COWLINGら²⁴⁾やSTEWART¹⁶⁶⁾は20~60%としており、条件によってかなりの中がある。この理由は、(1)クローバの草種あるいは品種、(2)混生グラスの草種、(3)マメ科率および(4)施肥や利用条件などによって左右されるためと考えられる。

Rcの混播によって、グラスは増収するが、経年的にマメ科率が急低下し、永続性がないことが欠点である。したがって、本地方の永年草地では、永続性があり、再生力の強いラジノクローバまたはシロクローバの導入が望ましい。

クローバの固定窒素の利用効率は、混生するグラスの草種¹⁴⁰⁾によっても影響される。すなわち、窒素施肥反応の比較的鈍いRtを用いた場合、クローバの混播によって土壌中の窒素は増加するが、グラスはこれを十分に利用し得ない場合がある。本地方で行なわれた既往の試験結果⁵⁵⁾から、3年目の混播草地の窒素移譲量を試算すると、10 a当たり、Ti 2.0kg, Rt 2.4kg, Tf 1.9kg, Kb 2.6kg およびリードカナリーグラス 0.5kgで、いずれも低い値であるが、これらの草種は窒素施肥反応が小さい²⁵⁾ためと思われる。PETERSONら¹³⁹⁾は施肥窒素とクローバ窒素のグラスによる利用率は同等であるとし、COWLINGら²⁵⁾は窒素施肥反応の大きい草種は、クローバ窒素に対してもよく反応し、窒素移譲量(10 a当たり換算)は、Or 4.6kg, ペレニアルライグラス 2.3kgとしている。したがって、本地方でも相手グラスが異なれば、窒素移譲量を高めることが可能と思われる。

混播草地のマメ科率が低いと、クローバの固定

窒素が少なく、高いと固定窒素はグラスによって十分に利用されない。効率的な固定窒素の活用には、本試験の3年目のように、40~60%のマメ科率が適当である。この割合は従来から家畜の栄養面からも好ましい¹⁷⁴⁾とされている。

窒素の施用はマメ科率を低下させ、混播によるグラスの窒素吸収量の増加を伴わない。したがって、クローバの固定窒素が、グラスによって有効に利用されるためには、無窒素か、ごく少量の窒素施肥で、マメ科率を適正に保つべきである。

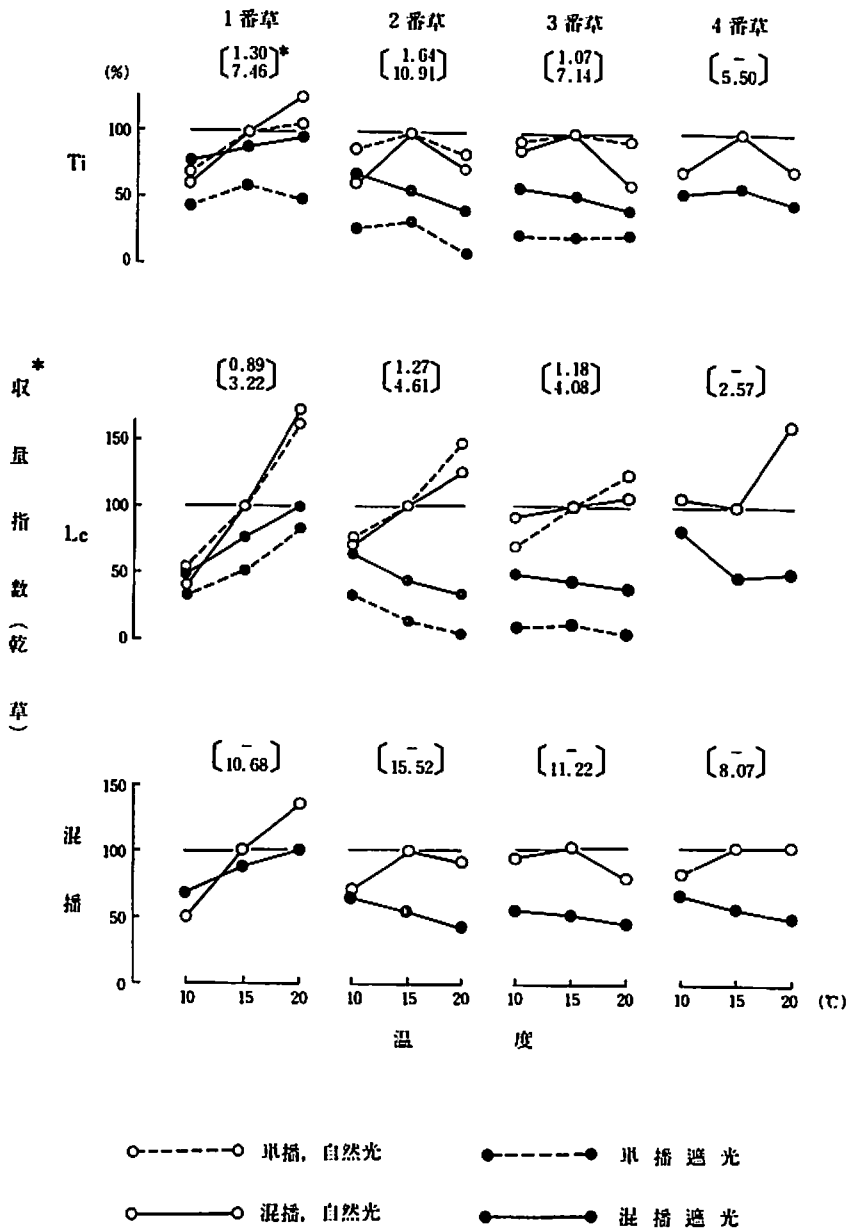
刈取りまたは家畜に採食されると、クローバの根や根粒の離脱量が多くなる¹¹⁾。したがって、利用頻度の高い放牧地では窒素移譲量が多い。

以上、主として混播草地のグラスの生産に対するクローバの役割について述べた。さらにグラスとクローバの混播効果は、草地の荒廃化を防ぐ上からも重要⁷⁰⁾¹⁹³⁾である。すなわち、本地方のTi主体草地では、経年的にTi根群が蓄積し、厚いルートマットが形成¹¹⁶⁾¹²⁴⁾¹³³⁾¹⁵⁵⁾され、草地の荒廃を招くが、シロクローバとの混播では、固定窒素が土壌に添加され、土壌表層の炭素率を低くし(第12表のRt単播草地の全炭素にはRtの根が含まれない)、グラスの根の分解を促進し、有機物の蓄積が緩和され、草地の荒廃を防ぐと思われる。

2 温度と光条件がマメ科率に及ぼす影響

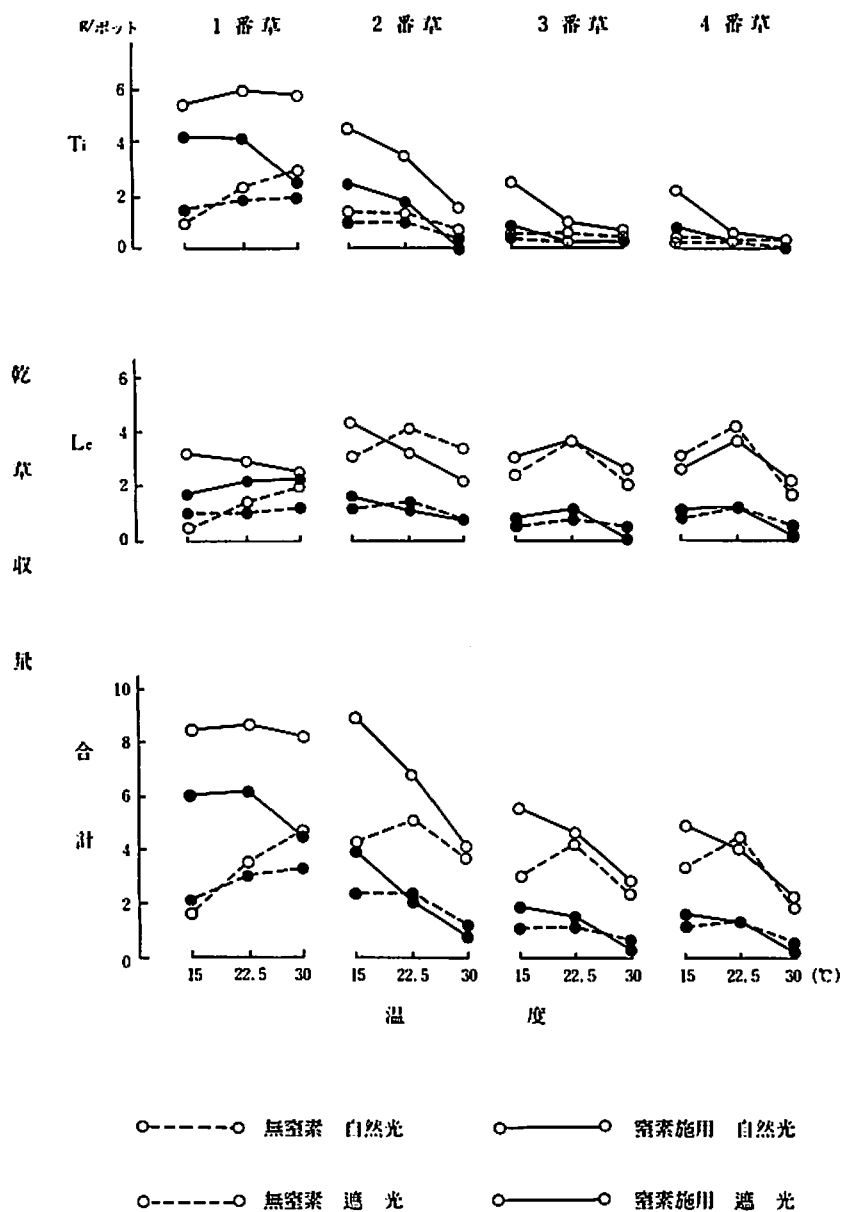
根釧地方の混播草地では、クローバが衰退し、グラスが優占しやすいが、関東以南の暖地では、かえってクローバが優占しやすい¹³⁴⁾という。クローバの生育が、緯度や温度によって異なることが報告されている¹¹⁴⁾¹²³⁾¹⁵⁸⁾が、根釧地方の気象条件が混播草地のマメ科率に及ぼす影響は、なお明らかでない。

マメ科率の変動は、一般にグラスとクローバの生育競合³³⁾¹¹³⁾¹⁶⁵⁾に起因するが、この競合を支配する環境要因としては、光、温度、養水分などが重要³³⁾である。そこで、本節では、気象条件および窒素施肥条件が、マメ科率に及ぼす影響を明らかにするため、(1)Ti, Lc および両者の混播に対する光、温度および窒素施肥の影響、(2)LcとWcに



注) *収量指数は、自然光、15℃の乾草収量を100とした。表中の数字は、そのときの実数 (g/ポット) で、上段は単播、下段は混播。

第5図 温度と遮光が収量に及ぼす影響(A試験)



第6図 温度、遮光および窒素施用が収量に及ぼす影響(B試験)

ついて、遮光と窒素施肥に対する反応性の差異を検討した。

(1) 温度、遮光および窒素施肥の影響(ポット試験)
試験方法

A試験： T_i 、 L_c および両草種の混播を供試し、

温度条件は10°C、15°C、20°Cの3段階(夜間はそれぞれ5°Cずつ低くした)、光条件は自然光区と寒冷紗(#60)で覆った遮光区(相対照度は自然光区の52%)の2段階とした。供試した T_i および L_c は、5000分の1アールポットに、混播は角型

A ポットに5月27日に播種した。施肥はポット当たり、N、 P_2O_5 、 K_2O をそれぞれ、Tiには1.0、0.8、0.4、Lcには0.5、0.8、0.4、混播には5.7、9.1、4.5各gを施用した。供試牧草は、7月3日に一斉刈取り後、人工気象箱内で処理を開始し、刈取りは2週間ごとに行い、Ti、Lcは3回、混播では4回調査した。

B試験：A試験と同様に準備したTiとLcの混播（4月30日播種）を供試し、温度条件は15°C、22.5°C、30°Cの3段階とし、光条件はA試験と同様とした。窒素施肥条件は無窒素と窒素施用（3.0gN/ポット、尿素施用）とし、窒素以外の施肥はA試験と同様とした。6月23日に一斉刈取り後、人工気象箱内で処理を開始し、9月19日まで4回刈取った。

試験結果

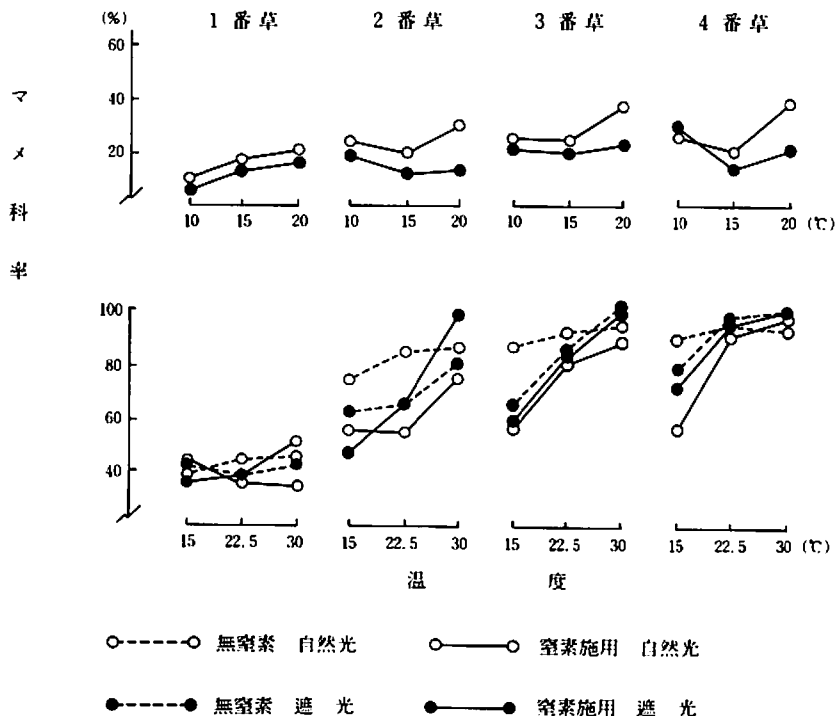
収量（第5図、第6図）：A試験では、単、混播でポットの大きさを異にしたため、第5図では

自然光、15°Cの収量を100とした場合の指数で示した。

温度の影響は、光条件によって異なったので、まず自然光の場合についてみた。Ti収量は、1番草では22.5°Cまで漸増したが、2番草以降では15°Cで最高となり、より高温で減収した。Lc収量は20°Cまたは22.5°Cで最高となり、その前後で減収となる場合が多かった。また、混播合計収量は、Ti収量の高かった15°Cで高収となった。

遮光によって、すべての場合、明らかに減収した。この減収割合は高温になるほど大きく、また刈取り回次が進むにしたがって大きくなった。草種では、Lcに対する遮光の影響が大きく、Tiでは高温の場合、全般的に生育が悪いため、遮光の影響は不明瞭であった。さらに遮光の影響は単播で大きく、Tiでは窒素施用区で大きくなった。

混播区のマメ科率（第7図）：自然光の場合には、高温になるほどマメ科率が高まり、刈取り回



第7図 温度、遮光および窒素施肥がマメ科率に及ぼす影響

第13表 4 番刈り後の枯死茎割合および有効根粒 (B 試験)

光 条 件	温度条件 (℃)	枯 死 茎 割 合 (%)				株・根風乾重 (g / ポット)				有効根粒 (個 / ポット)	
		無 窒 素		窒 素 施 用		無 窒 素		窒 素 施 用		無窒素	窒素施用
		Ti	Lc	Ti	Lc	Ti	Lc	Ti	Lc		
自 然 光	15	1	2	2	1	6.1	17.7	7.7	17.8	709	4
	22.5	3	3	9	5	3.6	14.9	2.6	12.0	589	24
	30	42	3	38	15	2.1	5.7	0.8	4.8	254	0
遮 光	15	1	1	3	4	4.3	6.1	3.3	4.8	372	11
	22.5	17	3	30	17	1.6	3.2	0.6	1.8	202	6
	30	75	5	97	61	0.2	1.2	0.1	4.4	16	0

次が進むとこの傾向が大きくなり、22.5～30℃では Ti がほとんど消滅した。遮光により、マメ料率が低下し、その程度は 10℃ では小さく、15～22.5℃ で大きく、窒素施肥によってさらに低下した。

高温、遮光および窒素施用によって、それぞれ枯死茎割合が増加し、とくに遮光による枯死茎の増加は、22.5～30℃ の Ti で顕著であった (第 13 表)。また刈取り残部 (刈株、ランナーおよび根部) の風乾重および Lc の有効根粒なども同様に減少し、とくに Ti は高温、Lc は遮光による減少が大きかった。

(2) ラジノクロバとシロクロバに対する窒素施用と遮光の影響 (ポット試験)

試験方法

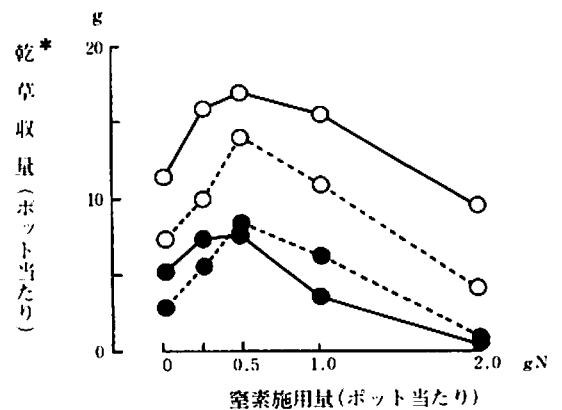
Lc (ラジノ型) および Wc (コモン型) のランナーをそれぞれ 5000 分の 1 アールポットに移植し、2 回の刈取り後供試した。窒素施用量は、0, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 各 gN/ポットの 5 段階とし、尿素で施用した。りん酸とカリは、各区共通に、それぞれ 1 g/ポットを施用した。光条件は、前項と同様に自然光区 (S₀) と遮光区 (S₁) を作った。7 月 5 日に処理を開始し、7 月 29 日から約 30 日おきに 3 回刈取った。

試験結果

処理の影響は、1 番草でやや小さく、2～3 番草で明瞭となった。そこで、2～3 番草の調査結果 (第 8 図) からみると、両クロバとも、0.5gN/ポットまでの窒素施用により増収したが、それ以上の多窒素ではランナーの伸長が抑制され、いず

れも減収となった。窒素の施肥適量の幅は、Lc が Wc に比べてやや広がった。

両クロバとも、遮光によって減収し、とくに頭花の減少が大きかった (第 14 表)。この遮光による減収は、多窒素区で大きく、とくに Lc ではこの傾向が大きかった。



○—○ Lc S₀

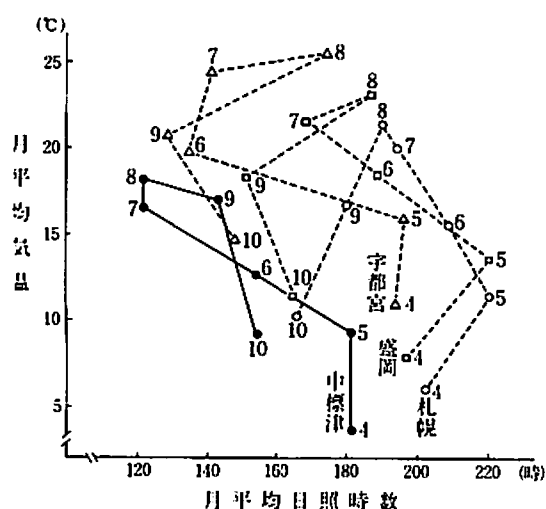
●—● Lc S₁

○- - -○ Wc S₀

●- - -● Wc S₁

注) * 2 番草と 3 番草の合計収量

第 8 図 クロバ収量に及ぼす窒素施用量の影響



注) 図中の数字は月名を示す
1974年理化年表, 1941~1970年の平均

第9図 主なる北方型牧草生育地の月平均気温と日照時間

窒素増施と遮光により、根重および有効根粒が減少し、また生育量の減少と施肥窒素の吸収によって、地上部の窒素含有率は異常に高まった。

(3) 考察

根釧地方における牧草生育期間の気象条件は、北方型牧草の生育する各地に比べて、もっとも冷涼で、日照時間が少ないことが特徴である。(第9図)。

本地方の牧草生育期間の平均気温は13.6℃で、20℃を越すのは7、8、9の平均最高気温のみである。ところが、本試験結果から明らかなように、Tiの生育適温は15~20℃、Lcは20~22.5℃であり、本地方の気温は、LcよりTiにとって有利である。一方根釧地方より温暖な札幌や盛岡では、Tiよりやや適温の高いOr¹¹⁹とLcが混播されているが、この場合には両草種の適温差がやや小さい。

本地方では、6月以降の日照時間がきわめて少ない。ところが、Lcは日照不足で大きく減収し、また遮光によって小葉が小型化し、有効根粒も減少する。とくにこの傾向は、15~20℃で影響が大きい。したがって、本地方の日照不足と低温はLcの生育にとってきわめて不利である。

以上のことから、本地方のTiとLcの混播草地では、LcよりTiの生育が相対的に勝り、しかもTiの草丈が高いため、Lcが遮光され、いっそうその生育差が助長され、マメ科率を低下させやすい。窒素施用はLcの生育の抑圧とTiの生育促進によって、さらにこの傾向を強調する。20℃以上の高温では、Tiの生育が抑制され、Lcの生育が相対的に勝るため、高いマメ科率となる。本地方の夏期間のマメ科率上昇は、Tiの再生力が弱いこともあるが、比較的気温が高いことも影響があると思う。

第14表 クローバに対する窒素施用と遮光の影響

クローバの種類		Lc				Wc			
項目	窒素用量	0	0.5	1.0	2.0	0	0.5	1.0	2.0
乾草収量 (S ₁ /S ₀ ×100)		44	48	25	16	42	57	50	32
頭花部分 (g/ポット)	S ₀	2.1	2.4	1.9	1.4	1.7	3.4	2.8	1.4
	S ₁	0.7	0.8	0.5	0.2	0.9	1.4	0.8	0.3
風乾根重 (g/ポット)	S ₀	4.8	5.3	4.6	1.8	2.5	3.1	3.2	0.7
	S ₁	2.0	2.7	0.9	0.2	1.1	1.9	1.4	0.2
有効根粒 (個/ポット)	S ₀	26	16	10	1	20	14	8	3
	S ₁	15	5	6	2	12	12	5	1
窒素含有率 (%)	S ₀	4.2	4.3	4.8	5.1	4.4	4.6	5.1	5.2
	S ₁	4.4	4.9	5.1	5.6	4.4	4.7	5.2	6.1

注) 乾草収量は2~3番草合計量の比、根重・根粒は4番刈り後の測定。窒素含有率は2~3番草平均。

根釧地方(中標津)は低温、寡照(第9図)で、マメ科率は低下しやすいが、道央(札幌)や東北(盛岡)では、気温はグラス(Orが多い)に有利である¹²⁵⁾が、日照が多いため、クローバの抑圧は本地方ほど大きくない。関東地方(宇都宮)は日照は少ないが、高温のためグラスの生育が抑えられ、クローバが優占しやすいものと思われる。

つぎに本地方におけるマメ科率の季節的変動について考えてみる。5～6月は、日照は多いが気温が低い(第9図)。節間伸長期のTiは草高が大きくなり、クローバを遮光するため、春のマメ科率は一般に低い。とくに、早春の窒素の追肥はこの傾向を助長する。7～8月は高温となり、Lcの生育はやや良好となるが、反面Tiの再生が遅れ、マメ科率は高まりやすい。しかし、日照時間が少ないと、Lcの生育量も少なくなる。9月以降は、短日低温で両草種とも生育が停滞する。以上のことから、本地方では、全生育期間を通じて、クローバの生育に対して不利で、マメ科率は低下しやすい。

温度や遮光の影響は刈取り回次が進むほど大きくなる。これは株、根の調査結果から明らかのように、高温、遮光および窒素施用などによって、貯蔵器官や貯蔵炭水化物が減少し⁷⁴⁾⁸⁴⁾、枯死茎数の増加をもたらすためである。したがって、利用回数が多い放牧草地では、上述の低温、日照不足の影響はさらに大きくなる。

LcはWcに比べて、窒素の適量巾がやや広く、生産性も高いが、遮光の影響を受けやすい。Wcは生産性はやや劣るが、遮光による減収率がやや小さい。したがって、日照が不足し勝ちな本地方では、クローバの維持という面からは、Wc(コモン型)が有利である。

クローバの生育は土壤水分が十分にあることが必要とされている³⁷⁾⁸⁵⁾が、本地方の土壤は保水性が高く⁸⁹⁾、蒸散量も少ないことから、とくに制限因子となることはない。

3 草地の利用条件がマメ科率に及ぼす影響

短草で利用される放牧草地では、牧草の利用条件、すなわち、利用間隔および利用強度は重要な

事項である。しかし、従来は草地や家畜の生産性の面からの検討が多く、マメ科率維持の立場から利用条件を検討した報告は少なかった。そこで、本節では当地方の混播草地に導入されている主要牧草の利用条件について、刈取り間隔、刈取り高さおよび窒素施肥が収量性やマメ科率に及ぼす影響を検討した。

(1) 刈取り間隔、刈取り高さおよび窒素追肥が、牧草生育とマメ科率に及ぼす影響(ポット試験)

試験方法

供試牧草はTi, Or, Kbの3種のグラスに、それぞれLcを混播し、TL, OLおよびKLとした。5月2日に5000分の1アールポットに播種し(基肥はN, P_2O_5 , K_2O を0.5, 1.0, 1.0各g/ポットを施用)、7月18日に一斉刈取り後供試した。処理は刈取り間隔を15日毎と30日毎、刈取り高さを地表より3cmと6cm、窒素追肥量を0.5, 1.5各gN/ポット(7月18日に1回に施用)とし、すべてを組み合わせ、8区とした。共通肥料として、 P_2O_5 , K_2O を各1g/ポットを7月18日にさらに追肥した。肥料は尿素、過石、硫加を用いた。15日毎刈取り区は6回、30日毎刈取り区は3回収穫した。

試験結果

草丈伸長速度(第15表): 刈取り直後の草丈伸長は一般にグラスが勝り、グラスの中ではOrの再生長が勝った。しかし、OLでは他の混播よりもクローバの再生長がやや抑えられた。刈取り間隔の長い区では、グラス、クローバとも再生が良好で、窒素増施と高刈りは、TiとOrの再生に好影響を及ぼした。

収量およびマメ科率(第16表): OLがもっとも高収であったが、これは再生の早いOrによるもので、クローバは抑圧され、マメ科率は最低となった。刈取り間隔が長い場合および窒素増施によって、グラスの再生量が増し、全収量も増加したが、マメ科率は低下し、とくにTLとOLでこの傾向が大きかった。KLではKbの伸長が遅く、刈取り間隔の延長でむしろクローバの増収が大きく、マメ科率は若干上昇した。高刈りはグラスおよび全収量を高めたが、マメ科率はOL, KLでは

第15表 草丈伸長速度 (cm / 10日間)*

混播	草 種	グ ラ ス				ク ロ ー バ			
	刈取り間隔	窒素用量		0.5g N		1.5g N		0.5g N	
		刈取り高さ		3 cm	6 cm	3 cm	6 cm	3 cm	6 cm
TL	15 日			8.0	8.8	9.2	12.0	6.3	7.2
	30 日			9.6	11.4	11.1	15.2	7.2	8.8
OL	15 日			10.6	11.1	10.6	13.9	6.1	5.3
	30 日			10.7	11.4	10.9	16.0	7.0	5.4
KL	15 日			9.6	9.0	7.7	9.9	7.1	6.6
	30 日			9.9	8.9	9.9	10.3	8.3	7.5

注) *全区を同時に刈り取った8月21日と9月21日の刈取り後10日目の再生草丈平均

第16表 処理別平均収量とマメ科率[†]

処 理 別	乾 草 収 量 (g / 3 ポット)			グ ラ ス の 収 量 (g / 3 ポット)			平 均 マ メ 科 率 (%)			
	TL	OL	KL	TL	OL	KL	TL	OL	KL	
刈取り間隔 {	15日	38	44	37	14	34	17	70*	25	63
	30日	53*	56*	53*	26*	45*	21	56	23	67
窒素用量 {	0.5g N	45	47	44	17	36	18	70*	27	72*
	1.5g N	46	53	46	23	43	20	56	21	58
刈取り高さ {	3 cm	39	43	41	15	33	18	58	24	65
	6 cm	52*	57*	49	25*	46*	20	68*	24	64

注) † 平均収量は4回刈りの平均1回当たり収量、マメ科率は、9月24日と10月26日の刈取り時の平均値、表中の*印は、5%水準で有意に高い値を示す。

変わらず、TLのマメ科率を高めた。

(2) 刈取り間隔が混播草地の草種構成に及ぼす影響

試験方法

供試牧草は、前項同様グラス3草種とLcで、草種組み合わせは、TOKL(4種混播)、TOK(グラスのみ3種混播)、TL、OL、KL(以上2種混播)、Ti、Or、Kb、Lc(以上単播)の9種とした。1区面積は4㎡とし、播種量は有効発芽種子数で2000粒/㎡に統一し、Lcはすべて600粒/㎡とした。試験は草生が確立した播種2年目から3年間継続した。刈取り間隔は、10日毎、20日毎、30日毎の3段階とし、年間刈取り回数はそれぞれ12回、6回、4回であった。刈取り高さは5cmに統一し、年間施肥量はN、P₂O₅、K₂Oとして、クローバを含む組み合わせでは4、10、12、グラスのみの組み合わせでは12、10、12各kg/10aで、春と7月の2回に等

分に分施した。

試験結果

乾草収量(第17表)：年次、草種を問わず、刈取り間隔の長いほど高収であった。刈取り間隔が短いと、とくにKbやLcの減収が大きかった。栄養収量も同様であったが、刈取り間隔が短いとDCP含有率が高まり、DCP収量の処理間差は小さくなった。

グラスに対するクローバの混播効果(第18表)：年間4kg N/10a施用の混播区は、年間12kg N/10a施用のグラス単播より明らかに高収で、とくにKbに対するクローバ混播効果が大きかった。

草種別の季節的生育特性：時期別の草丈伸長は単播区の30日毎刈取り区(6月には1部を40日目まで測定)で調査し第10図に示し(Orは冬枯れ

第17表 乾草収量および栄養収量（3年間合計）

項 目	刈取り間隔	混 播					単 播			
		TOKL	TL	OL	KL	TOK	Ti	Or	Kb	Lc
乾 草 収 量 (kg/10a)	10 日	931	927	862	931	678	771	779	548	628
	20 日	1559	1697	1539	1681	1112	1276	1112	1054	1382
	30 日	1996	1885	1959	2089	1603	1679	1566	1460	1728
	2sd*	238	273	316	221	202	117	178	218	158
同 上 割 合 (30日=100)	10 日	47	49	44	45	42	46	50	38	36
	20 日	78	90	79	80	69	76	71	72	80
D C P 収 量 (kg/10a)	10 日	232	228	219	239	138	155	167	101	189
	20 日	334	374	344	381	163	180	175	152	353
	30 日	378	370	360	424	186	178	183	168	390
T D N 収 量 (kg/10a)	10 日	779	784	724	783	520	593	596	411	564
	20 日	1259	1404	1257	1374	805	937	812	746	1193
	30 日	1527	1488	1488	1670	1093	1152	1067	989	1437

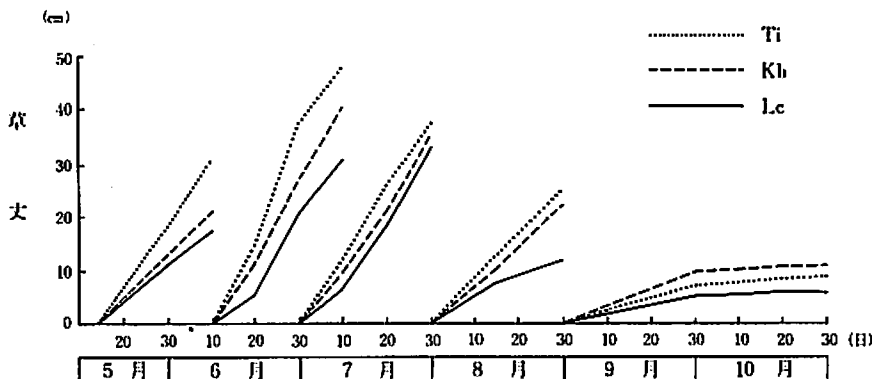
注) * 5%水準の最少有意差

第18表 グラス単播区に対するクローバ混播区の収量割合(%)

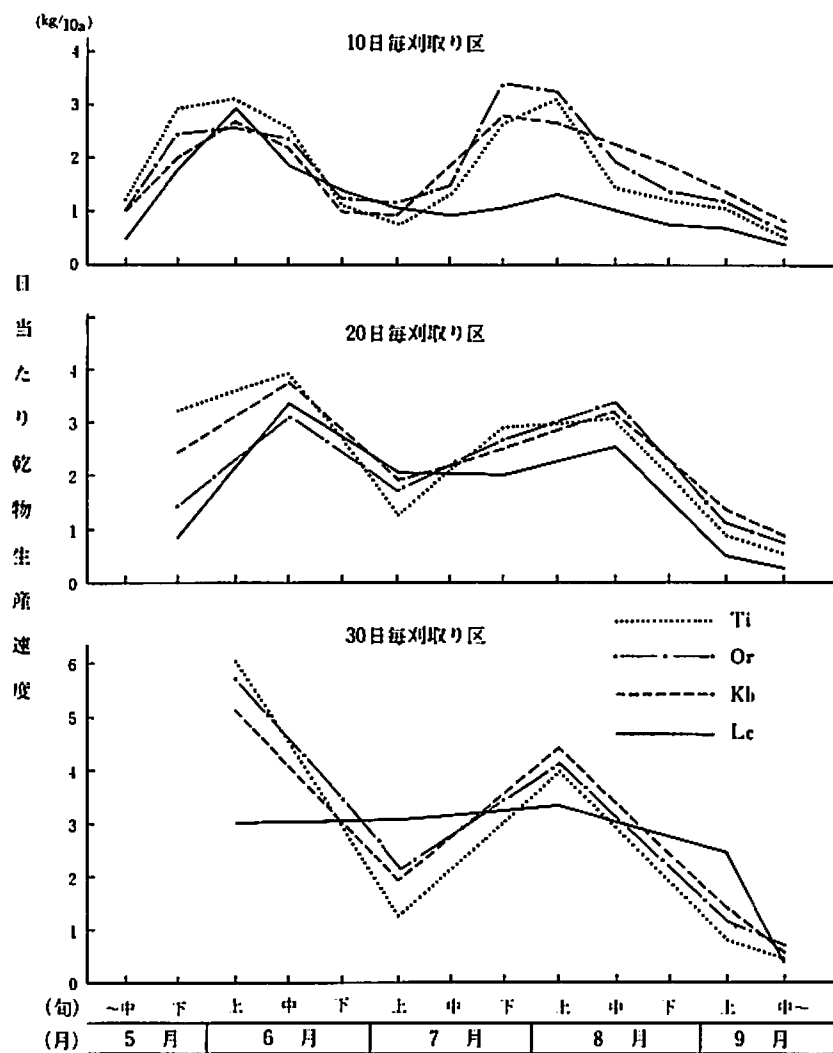
刈取り間隔	TL Ti	OL Or	KL Kb	TOKL TOK	平均
10 日	120	111	170	137	131
20 日	133	138	159	140	142
30 日	112	125	143	125	126
平 均	118	126	154	132	136

をうけたので除外), 乾物生産速度は単播区の各刈取り間隔別に調査し, 第11図に示した。それによると, 一般に5~6月には, 各草種とも草丈の伸長および乾物生産速度が大きい(グラスでは節間

伸長期に当たる)が, 草種別にはTiがもっとも生育旺盛で, ついでOr, Kbで, Lcがもっとも劣っていた。また, この傾向は刈取り間隔の長いほど顕著であった。しかし, Or単播草地は, 3~4年目に大粒菌核病による冬枯れがあり, 6月中旬までの生育量は少なかった。7月は各グラスとも草丈は伸長するが, 乾物生産速度が低下し, 草種間の生育差が縮まり, 刈取り間隔が長いとこの傾向が助長された。しかし, Lcの生産速度の低下は少なく, 刈取り間隔が長いとむしろLcが勝った。7月中旬から8月上旬は草丈の伸長はやや衰えるが, 7月に施肥したため, グラスは新分けつが伸



第10図 単播区, 30日毎刈取り区における時期別の草丈推移(3年目)



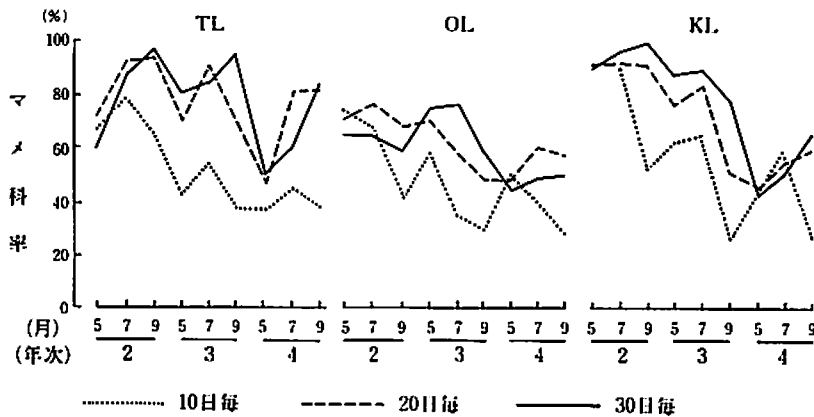
第11図 単播区における日当たり乾物生産速度(2～3年目平均)

長し、生産速度が上昇した。9月以降は、低温、短日のため、各草種とも草丈の伸長および生産速度が低下した。

Lcの生産速度の季節的変動(第11図)は、刈取り間隔によって大きく異なっていた。すなわち、10日毎刈取りでは、5～6月に高いが、7月以降低下した。20日毎刈取りでは、Lcとグラスの生産速度が近似しており、30日毎刈取りではもっとも季節的変動が少なかった。

混播区のマメ科率(第12図)：各混播区とも経年的に低下傾向があり、とくに10日毎刈取り区で

は低いマメ科率を示した。季節別にみると、春は各グラスとも生育が旺盛なため、マメ科率は低くなり、刈取り間隔が長いほどこの傾向が大きかった。混播別には、TLで低くなりやすく、OLではOrが冬枯れをうけた場合にはやや高かった。夏季はグラスとクローバの生育差が縮まり、マメ科率は全体に高まった。OLではOrの再生力が強いので、刈取り間隔の短い場合には、春より低いマメ科率となった。秋のマメ科率は、10日毎刈取り区は全般に低くなったが、刈取り間隔が長い場合には、クローバの減少が小さく、マメ科率は若干の



第12図 マメ科率の推移

上昇あるいは横這いとなった。TOKLのマメ科率の推移は、2年目はOLに、4年目以降はKLと類似していた。

TOKのグラスの草種割合(第19表): 2~3

第19表 TOKおよびTOKL混播における
グラスの草種割合(%)

刈 取 り 間 隔	調 査 時 期	T O K						T O K L					
		2 年 目			4 年 目			2 年 目			4 年 目		
		Ti	Or	Kb	Ti	Or	Kb	Ti	Or	Kb	Ti	Or	Kb
10 日	春	24	75	1	34	34	32	6	16	1	5	7	24
	秋	2	96	2	41	33	26	+	41	4	1	38	40
20 日	春	32	67	1	54	26	20	7	20	1	15	12	20
	秋	1	98	1	7	65	28	1	19	2	2	17	31
30 日	春	34	65	1	36	47	17	7	17	1	3	23	10
	秋	1	98	1	2	75	23	+	31	+	+	30	4

注) *調査時期は2年目春は5月26日(30日毎は6月5日)、秋は9月11日、4年目の春は5月30日(30日毎は6月9日)、秋は9月12日。

年目は再生力に勝る Or が Ti, Kb を抑圧したが、4年目の春には Or の冬枯れによって Or の割合が低下した。刈取り間隔が短いと概して Kb が優勢となった。TOKL もほぼ同様の傾向で、マメ科率は、その時点で優占しているグラスの影響をうけた。

その他の調査: グラスの茎数(第20表)は、Or, Kb では、刈取り間隔の短い場合に多く、根重は刈取り間隔の長い場合に大きかった。Lc のランナーの伸長は、TL, OL では、刈取り間隔が長いと若干抑制されたが、ランナーと根の重量は増大した。

貯蔵器官重量および貯蔵炭水化物蓄積量(第21表)は二、三の例外を除いては、一般に刈取り間隔が長いほど多く、とくに Or, Lc でその傾向が認められたが、Kb では差が小さかった。

各草種とも、刈取り間隔が短いと、形態的に矮小化し(第22表)、草型はロゼット状となり、同一刈取り高さ(本試験では5 cm)でも、刈取り後

第20表 グラスの茎数、根重およびクローバのランナー長、根重(4年目、9月26日調査)

草 種	グ ラ ス						ク ロ ー バ					
	茎 数 (本/1000cd)			風 乾 根 重 (g / m ²)			ラン ナ ー 長 (cm / 1000cd)			ランナー、根の風乾重 (g / m ²)		
	TL	OL	KL	TL	OL	KL	TL	OL	KL	TL	OL	KL
10 日	152	414	1838	50	78	324	135	186	117	102	110	57
20 日	120	225	1000	47	57	268	103	85	78	106	115	90
30 日	115	199	843	71	107	467	122	98	156	174	140	128

第21表 貯蔵器官重量およびTAC含有量
(3年目, 9月13日調査)

項 目	刈取り間隔	Ti	Or	Kb	Lc
茎 基 重* (ランナー重) (g)	10 日	1.03	0.64	0.48	0.66
	20 日	0.67	0.90	0.52	1.05
	30 日	0.95	1.96	0.40	1.27
TAC含有率 (%)	10 日	25.0	21.1	33.0	14.5
	20 日	29.5	25.8	39.3	22.8
	30 日	33.8	38.8	35.3	26.3
TAC含有量* (mg)	10 日	257	134	157	96
	20 日	199	233	204	238
	30 日	321	762	140	334

注) * 茎基重 (ランナー重), TAC含有量は, グラスでは 100茎当たり, クローバではランナー 1m 当たりの量

の残葉が多くなった (第23表)。

残葉の役割 (第24表) : 3年目の調査草地の一部 (50cm×50cm) を供試し, 刈取り後の残葉を除いた除葉区と, そのままとした残葉区を設け, 再生に及ぼす残葉の効果をみた。処理は7月12日より9月2日まで行い, 10日毎, 20日毎, 30日毎の各区について, それぞれ6, 3, 2回づつ除葉した。9月13日に測定した結果によると, 残葉区ではTiの再生茎数, Lcの葉柄数が増加し, 3草種とも再生草量が多かった。とくに, 刈取り間隔の短いほど残葉の効果が大きい傾向があった。

(3) 考 察

マメ科率はグラスとクローバの生育競合によっ

第22表 刈取り後30日目の1葉当たりの葉面積 (cm²)
(3年目, 6月調査)

刈取り間隔	Or	Lc
10 日	1.52	2.52
20 日	1.86	5.26
30 日	3.17	6.87

第23表 刈取り後の残葉の葉面積指数
(3年目, 6月11日)

刈取り間隔	Ti	Or	Lc
10 日	0.36	0.25	0.75
30 日	0.06	+	0.40

て支配される, 生育競合は(1)刈取り後の再生力の強弱³³⁾¹²⁶⁾と(2)再生過程における光や養水分の競合³³⁾⁸⁵⁾¹¹³⁾¹⁶⁵⁾に大別できる。

刈取り後の再生力: 本試験によると, 刈取り後の再生力は, 一般にグラスがクローバより勝り, グラス間では Or, Ti などが Kb より勝っていた。また刈取り間隔が長い場合, 高刈りの場合, 窒素増施の場合には, 初期の再生が旺盛となり, とくに刈取り間隔の長い場合にはクローバ, 高刈りと窒素増施では, グラスの再生を良好にし, この傾向は刈取り回数を重ねるにしたがって, 明瞭となった。

このような刈取り後の再生は, 刈株や根の貯蔵炭水化物の多少³⁸⁾¹⁰⁸⁾¹⁷⁹⁾¹⁸¹⁾, 残葉の有無¹⁷⁹⁾および再生茎数¹²⁰⁾¹⁴³⁾などによって影響を受ける。刈

第24表 刈取り後の残葉が茎数と再生草量に及ぼす影響

草 種	刈取り間隔	Ti			Or			Lc		
		除葉 (a)	残葉 (b)	割 合 ($\frac{b}{a} \times 100$)	除葉 (a)	残葉 (b)	割 合 ($\frac{b}{a} \times 100$)	除葉 (a)	残葉 (b)	割 合 ($\frac{b}{a} \times 100$)
茎 数* (本/2500cm ²)	10 日	244	265	109	463	410	89	167	600	359
	20 日	304	323	106	466	370	79	865	990	114
	30 日	401	412	103	371	375	101	873	966	111
再 生 風 乾 草 量 (g/2500cm ²)	10 日	2.7	4.1	152	4.2	5.8	138	1.4	5.3	379
	20 日	10.1	10.2	99	13.0	17.5	135	15.1	21.9	145
	30 日	13.6	16.2	138	14.6	17.6	121	20.9	23.5	112

注) * Lc の茎数欄には葉柄数を示した。

取り間隔が短い場合には、株、根、ランナーなどの貯蔵器官や、それらに含まれる貯蔵炭水化物が十分に回復しない前に刈取られるため、株、根、ランナーなどが次第に減少し、刈取り後の再生が遅滞する³⁶⁾。頻繁に刈取ったグラスでは、莖数は多くなるが、貯蔵炭水化物が不足するため再生草量を多くしなかった。また、刈取り間隔が短い場合には、草型は次第にはふく型¹⁴⁵⁾となり、刈取り後の残葉を多くした。これらの残葉は再生を促進する効果が認められたが、その効果は比較的小さかった。

高刈りは Or や Ti の株、根重量を多くし、再生を促進するが、短草型の Kb や Lc では、ETHREDGE ら⁴⁰⁾が報告しているように高刈りの影響が小さかった。

窒素増施は、Ti、Or などの再生を促進するが、Lc の生育を抑制する。熊井ら⁹⁷⁾によれば、グラスの貯蔵炭水化物の蓄積量は再生能力を示し、窒素供給量はこの炭水化物の利用量の決定するという。しかし、多窒素では貯蔵炭水化物の蓄積を遅らせる³⁶⁾¹¹²⁾ので、頻繁な利用や低刈りでは窒素の多用は好ましくない。

再生過程における地上部競合：生育期間、すなわち刈取り間隔が長くなるほど地上部競合は増大する。したがって、刈取り後の再生力が勝るグラスは、その後クローバを抑圧しやすい。本試験では 20~30 日毎の刈取りは、10 日毎刈取りに比べて高いマメ科率を示した。

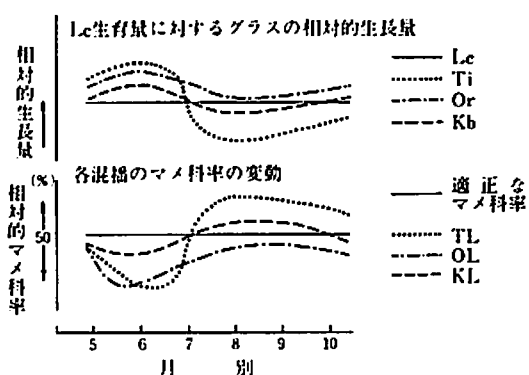
WILSON ら¹⁸⁴⁾はマメ科率維持のためには、地表の相対照度が 10% のときに刈取るとよいとしている。著者らの別の調査⁶⁹⁾では Lc の草丈が 25~30 cm に伸長すると、地表相対照度が激減し、この草丈に達するまでに約 20 日間を要した。また早川ら⁵¹⁾や越智ら¹³⁶⁾によると、Lc の草丈を完全に回復するためには 20~25 日を要するとしている。したがって、頻繁に利用される混播草地では、Lc の草生回復を保証する再生期間が確保できるか否かによって、マメ科率が変動すると思われ、地上部の光競合の影響はあまり重要でない。従来、利用頻度が高いと、マメ科率が高まるという報告が多い⁸¹⁾⁸⁸⁾¹³⁴⁾¹³⁵⁾が、それらは本試験条件より利用

頻度が少ない段階での比較であり、本試験と同等の利用頻度でマメ科率低下を認めている報告⁴¹⁾もある。

高刈りは前述のようにグラスの再生を促進するため、OL や TL ではマメ科率を低下させるが、KL ではマメ科率の変動は少なかった。

窒素増施によるクローバの生育抑制は、クローバの多い場合や、刈取り頻度の多い場合により明らかであった。BLACKMAN ら¹⁰⁾や STERN ら¹⁶⁵⁾が指摘した「窒素増施によるグラスの生育促進の結果、クローバが遮光される」という現象は、本試験の刈取り条件では、春のグラスの節間伸長時期を除いては少なかった。

マメ科率の季節的変動：グラスとクローバの相対的な生育差が季節によって異なるため、マメ科率も季節によって変化し、また相手のグラスの種類⁹⁷⁾¹⁴¹⁾によっても異なる(第 13 図)



第13図 草種別の相対的生長量とマメ科率の変動(模式図)

5~6月には、グラスは節間伸長によって草丈が高くなり、クローバを遮光しやすい。とくにこの傾向は TL、OL 混播で大きく、利用間隔の長い場合や窒素増施で強調され、マメ科率がもっとも低下しやすい。したがって、この時期は、グラスの節間伸長を抑え、クローバの生育を促進するため、(1)春の窒素施肥を控え、(2)早期放牧によりグラスの出穂茎を抑圧³⁵⁾し、(3)利用頻度を高めるなどの対策を講ずる。OL 混播で、冬枯れすると Or の春の再生が劣り、Lc が優占しやすいので、窒素を増施して、Or の生育回復と Lc の抑圧を図る。KL 混播では、Kb、Lc の草丈差が小さいので、マ

メ科率はやや高い。

7～8月は、グラスの草丈伸長および乾物生産速度がやや鈍化し、葉身割合が大きくなり、いわゆる栄養生長が主体となる。クローバは、気温が高まるので生産速度の低下が少なく、グラスとの生育差が縮まる。したがって、この時期のメ科率はグラスの再生力に強く影響される。TL混播では、Tiの再生力が劣るので、Lcの生育が勝ってメ科率が高まりやすい。この傾向は節間伸長期の利用が遅くなるほど大きい。DRAKEら³⁵⁾もTiの1番草の刈遅れは、2番草の窒素施用効果を低めることを報告している。OL混播では、Orの再生力が強く、Lcとの生育差が小さいため、メ科率はやや低く経過する。KL混播はKbの夏の再生がやや良好なため、メ科率はそれほど高まらない。したがって、OLやKL混播では窒素の適量施用と20～25日毎の利用で適正なメ科率を維持しうる。TL混播ではやや多い窒素施用でTiの生育促進を図る必要がある。

9月以降は、全般に牧草生育が鈍化するが、低温で比較的良く生長するOrやKbとの混播では低いメ科率になりやすいが、早くから生育が停滞するTiとの混播では、夏に引続いて高いメ科率になりやすい。

以上のことから、混播草地のメ科率を適正に保つためには、利用頻度、利用強度および窒素施肥の3つを調節することによって、優占草種の抑圧と劣勢草種の生育促進を図ることが肝要である。

4 草地に対する施肥条件がメ科率に及ぼす影響

早川ら⁵⁰⁾は当地方の火山灰土壌において、牧草の施肥法について検討し、永年草地に対するカリ重点の施肥法を提案⁵³⁾した。しかし、放牧草地のように利用頻度の高い牧草に対する検討はなお不十分であった。

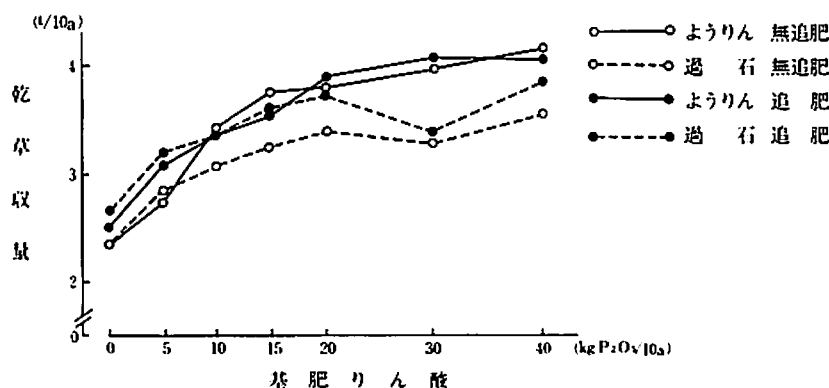
そこで、本節では、本地方の火山灰土壌において、利用頻度の多い混播草地に対して、りん酸、カリ、石灰および苦土などの施肥が、牧草の生産性およびメ科率に及ぼす影響を検討した。

(1) りん酸施肥法試験

試験方法

A試験(圃場試験)：TiとLcの混播草地を供試し、(1)基肥りん酸施用量(造成時のりん酸質土壌改良資材施用量を0.5, 10, 15, 20, 30, 40, $\text{kgP}_2\text{O}_5/10\text{a}$ の7段階)(2)りん酸追肥の有無(無追肥と、毎春 $2\text{kgP}_2\text{O}_5/10\text{a}$ の追肥の2段階)、(3)ようりんと過石の比較の3処理をすべて組み合わせて、28処理とし、分割試験法により、5年間試験を継続した。共通施肥は、早春および刈取り後に $2\text{kgN}/10\text{a}$ および $5\text{kgK}_2\text{O}/10\text{a}$ を追肥した。刈取り調査は1年目3回、2年目以降は年間4回とした。

B試験(ポット試験)：当地方の火山灰土壌の表土を供試し、原土 100g 当たり 0.20 および $200\text{mgP}_2\text{O}_5$ (過石使用)を添加し、乾湿を数回繰返して、添加りん酸を土壌に固定させ、これを直径 15cm の小型ポットに充填した。これらのポットは



第14図 りん酸施肥法試験における5年間の合計乾草収量

2群に分け、1群は ^{32}P を含む KH_2PO_4 液で、1 gP_2O_5 /ポットを追肥し、他の1群は無追肥とした。このようにして準備したポットに、あらかじめ十分な基肥りん酸(5000分の1アールポット当たり、表層1/5にようりん2g、過石2g、下層4/5にようりん8g)を施用して、生育させたLcのランナーを誘導し、土壌表面に針金で密着固定し、7月29日から32日間生育させた後調査した。

試験結果

A試験：5年間の合計収量(第14図)は、基肥りん酸の増量に伴って増加し、とくにようりんの場合にこの傾向が大きかった。りん酸追肥効果は過石区で大きく、ようりん区では5 kgP_2O_5 /

10a以下で認められ、それ以上では効果が小さかった。また、資材としては基肥りん酸が多い場合、無追肥の場合にようりんが勝っていた。基肥りん酸増施効果は経年的に漸減し(第25表)、りん酸追肥効果は3年目以降、ようりん施用効果は1年目と3年目以降にそれぞれ大きかった。

クローバ収量も全般に全収量と同傾向であり、2年目以降では全収量とクローバ収量との間には正の相関が認められた(第26表)。

りん酸追肥区では、毎畝2 kgP_2O_5 /10aずつ、5年間で合計10 kgP_2O_5 が追肥され、基肥りん酸が10kg多い無追肥区と同一施用量となり、この対応する両区は基肥区と一部は配分施肥区との関

第25表 年次別の処理別平均乾草収量 (kg/10a)

年次 処理別			1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	5年間合計と草種別収量		
								合 計	内グラス	内クローバ
追 肥	無 追 肥		742	840	578	494	641	3295	2389*	906
			752	867	662*	560*	653*	3494*	2136	1358*
種 類	よ う り ん		771*	858	631*	576*	679*	3515*	2185	1330*
		過 石	723	849	609	479	615	3275	2341	934
りん酸用量 (kg/10a)	P_2O_5	0	436	617	446	399	559	2457	1946	511
		10	759	847	583	504	653	3346	2381	965
		20	883	922	673	565	661	3704	2304	1400
		30	843	964	684	549	685	3724	2246	1478
		40	848	967	780	679	740	4014	2275	1739
	ℓ_{sd}		98	82	110	96	58	247	55	137

注) * ℓ_{sd} 5%水準で有意に高い値、りん酸用量 5, 15kg区は省略

第26表 全収量と草種別収量の相関係数と回帰式 (kg/10a)

項 目	相 関 係 数				
	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
全収量とグラス収量	0.890** (1)	0.439	0.204	0.015	0.271
全収量とクローバ収量	0.308	0.746** (2)	0.920** (3)	0.888** (4)	0.803** (5)

回 帰 式…………… 上表の()番号を付したところ(1%水準で有意なものに**)

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| (1) $Y = 0.924X + 333$ | Y : 全収量, X : グラス収量 |
| (2) $Y = 0.851X + 627$ | |
| (3) $Y = 0.774X + 478$ | |
| (4) $Y = 0.810X + 407$ | Y : 全収量, X : クローバ収量 |
| (5) $Y = 0.414X + 545$ | |

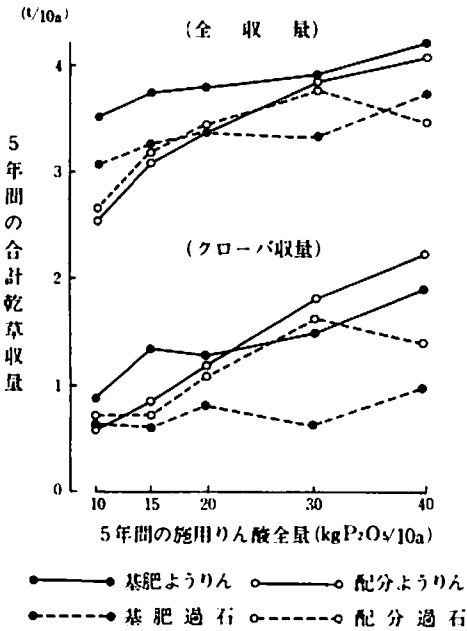
係となる。そこで、両区について比較すると（第15図）、りん酸用量が少ないときは全量基肥が勝り、多いときには過石30kg区以外は基肥と配分施肥の収量差は小さかった。クローバ収量は、過石20kg区以上、ようりん30kg区以上の区で、配分施肥区が勝り、とくに過石区でこの傾向が大き

かった。

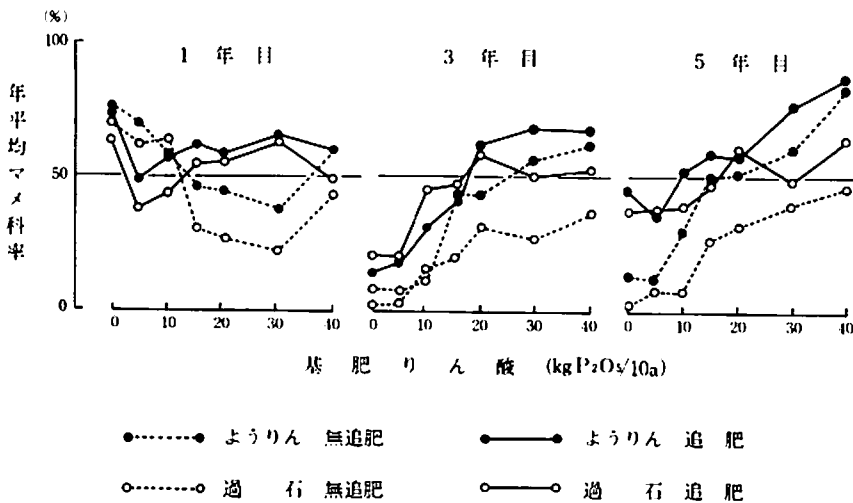
マメ科率（第16図）は、1年目では過石基肥の場合にはりん酸増施により、グラスが増収したため、低下したが、ようりん基肥の場合には、りん酸増施によってクローバが増収したので、マメ科率の低下は小さかった。りん酸を追肥すると、クローバの増加が多いので、基肥りん酸量にかかわらず、マメ科率の区間差が小さかった。2年目以降は、基肥りん酸の増施、りん酸追肥およびようりん施用によってマメ科率が高まり、経年的にこの傾向がより明瞭となった。基肥りん酸15~20kgのりん酸追肥区では、ようりん、過石とも比較的马メ科率の経年的変動が少なく、50%前後で推移した。

一方、基肥りん酸が少なく、無追肥区では、クローバはいうまでもなく、Tiも衰退し、代って永年荒廃草地に多いRtやKbが侵入し、さらにタンポポ、ヒメスイバなどの広葉雑草も増加した（第27表）。

Ti、Lcともに基肥りん酸増施、りん酸追肥およびようりん施用によってりん酸含有率が高まり、りん酸吸収量も増加した。カリ含有率は基肥りん酸増施によりLcで若干低下し、過石区はようりん区より高かったが、りん酸追肥による差は有意



第15図 りん酸の全量基肥と配分施肥の比較



第16図 マメ科率の推移

第27表 主要雑草の侵入状況(5年目)*

肥料の種類	基 肥 P_2O_5 (kg/10a)	無 追 肥				追 肥			
		Kb	Rt	ヒメ スイバ	タン ポポ	Kb	Rt	ヒメ スイバ	タン ポポ
ようりん	0	7	69	1	2	6	41	2	3
	20	18	40	0	1	7	13	1	0
	40	4	0	0	1	1	0	0	0
過 石	0	12	76	1	4	7	52	3	3
	20	15	50	3	0	3	32	4	0
	40	9	25	7	0	1	2	8	0

注) *ライン法による被度(%)

第28表 りん酸、カリおよび石灰含有率(乾草当たり%)[†]

草 種		Ti						Lc					
要 素		P_2O_5		K_2O		CaO		P_2O_5		K_2O		CaO	
刈	取	1 番	3 番	1 番	3 番	1 番	3 番	1 番	3 番	1 番	3 番	1 番	3 番
追	無	0.37	0.55	2.70	3.80	0.33	0.57	0.42	0.57	2.77	3.61	1.45	1.60
肥	追	0.51*	0.61*	3.11	3.82	0.42*	0.68*	0.52*	0.61*	2.86	3.56	1.72	1.61
種	ようりん	0.44	0.58	2.89	3.58	0.38	0.64	0.49	0.61*	2.76	3.42	1.75*	1.66
類	過 石	0.43	0.57	2.91	4.04*	0.37	0.61	0.45	0.57	2.87	3.75*	1.41	1.56
基肥 P_2O_5 (kg/10a)	0	0.34	0.45	2.90	3.80	0.39	0.49	0.37	0.47	2.53	3.92	1.29	1.73
	10	0.45	0.55	3.07	3.79	0.40	0.53	0.46	0.51	2.49	3.61	1.55	1.61
	20	0.51	0.60	3.12	3.82	0.39	0.63	0.47	0.63	2.79	3.34	1.61	1.53
	40	0.56	0.70	2.51	3.84	0.33	0.74	0.68	0.70	2.45	3.47	1.72	1.45
	ℓsd	0.02	0.08	N S	N S	N S	0.10	0.04	0.07	0.18	0.19	N S	N S

注) †2年目および4年目の処理別平均値

*5%水準で有意に高い値。ℓsdは5%水準の値。

第29表 苦土含有率(乾草当たり%)[†]

草 種		Ti				Lc			
刈 取		1 番		3 番		1 番		3 番	
種 類		ようりん	過石	ようりん	過石	ようりん	過石	ようりん	過石
追 肥	無 追 肥	0.19	0.16	0.23	0.17	0.35	0.23	0.34	0.20
	追 肥	0.23	0.15	0.30	0.17	0.43	0.23	0.46	0.21
	ℓsd	0.03		0.04		0.06		0.02	
基肥 P_2O_5 (kg/10a)	0	0.20	0.15	0.17	0.16	0.30	0.23	0.29	0.19
	10	0.18	0.16	0.22	0.17	0.33	0.23	0.35	0.20
	20	0.21	0.19	0.26	0.17	0.38	0.24	0.41	0.21
	40	0.23	0.13	0.33	0.18	0.49	0.21	0.49	0.20
	ℓsd	N S		0.06		0.09		0.03	

注) †第28表に同じ。ℓsdは5%水準の値

第30表 要素吸収量とクローバによる吸収割合¹⁾

項 目		要素吸収量 (kg / 10a)					全吸収量中、Lcによる吸収割合 (%)				
要 素		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
追 肥	無 追 肥	17.2	3.1	21.8	5.1	1.7	35	23	24	48	32
	追 肥	18.1	3.4	23.4	5.9	1.8	43	38*	36	59	47*
種 類	ようりん	19.6*	3.4	23.0	6.5*	2.2*	42	37*	25	59	47*
	過 石	15.8	3.0	22.2	4.5	1.3	36	25	35	48	32
基 肥 P ₂ O ₅ (kg / 10a)	0	12.2	1.9	17.8	3.1	(1.2)	27	16	20	40	(24)
	10	16.4	3.1	18.9	4.9	(1.8)	36	26	24	50	(45)
	20	18.7	3.2	24.3	6.3	(2.5)	40	36	33	58	(54)
	40	23.3	4.5	26.1	7.7	(3.3)	55	46	44	66	(66)
	ℓsd	0.9	1.4	3.8	1.2	(1.0)	13	14	15	17	(7)

注) * 2, 4, 5年目の平均値, * 5%水準で高い値。ℓsdは5%水準の値, ()内はようりん施用区の吸収量。

でなかった。石灰含有率は、りん酸追肥、ようりん区で高い傾向があり、基肥りん酸増施はTiの3番草以外は有意でなかった(第28表)。苦土含有率は明らかにようりん施用によって増加した(第29表)。各要素吸収量は収量に支配されたが、石灰と苦土はLcによる吸収が多く、りん酸とカリはTiによる吸収割合が多かった(第30表)。

土壌分析の結果(第31表)、基肥りん酸の多用またはりん酸追肥によって、草地土壌のカルシウム型(Ca-P)およびアルミ型(Al-P)のりん酸が高まり、またようりん区では、とくに基肥りん酸増施によってpHが高まり、置換性の石灰および苦土が増加した。

B試験：クローバの節根の定着は、りん酸無追肥では、基肥りん酸量に左右されたが、りん酸を

第31表 3年目の供試草地土壌の分析結果

項 目		P ₂ O ₅ (mg / 100g)			置換性塩基(mg/100g)			p H (H ₂ O)
		Ca-P	Al-P	有機-P	K ₂ O	CaO	MgO	
追 肥	無 追 肥	5.1	60	52*	11	65	6	5.0
	追 肥	5.5	64	40	12	83*	6	5.1
種 類	ようりん	4.9	68	48	11	102*	9*	5.2
	過 石	5.7	57	44	12	46	3	4.9
基 肥 P ₂ O ₅ (kg / 10a)	0	1.6	37	33	13	45	4	4.9
	20	2.9	62	57	10	69	5	5.1
	40	11.3	87	48	11	108	8	5.2
	ℓsd	5.4	30	5	NS	21	NS	NS

注) *, ℓsd は第30表に同じ。

第32表 Lc のランナー定着と収量に及ぼすりん酸追肥効果(ポット当たり)

定 着	培 地	定着本数			風 乾 物 収 量 (g)		
		定着本数	葉数	分枝数	葉葉	根	合計
追肥の有無	基肥P ₂ O ₅						
	0 mg	2	15.8	3.6	3.8	0.2	4.0
	20	3	17.8	4.2	6.4	0.4	6.8
追 費	200	4	14.4	2.6	6.8	0.4	7.2
	0	5	21.6	4.8	5.6	0.4	6.0
	20	5	25.9	5.6	8.0	1.3	9.3
	200	5	23.0	5.2	7.3	1.1	8.4

追肥すると全個体が定着し、葉数、分枝数などが増加した。(第32表)茎葉および合計収量も、無

追肥では基肥りん酸が多いほど高かったが、りん酸追肥効果は基肥りん酸 20 mg で大きく、とくに根部の増加が大きかった。

りん酸含有率および吸収量(第 33 表)は、いずれもりん酸追肥によって増加し、とくに茎葉で大きく増加した。このりん酸増加量 ($b-a$) および追肥りん酸の吸収 (c) は、基肥りん酸 20 mg のときに大きかったが、追肥によるりん酸の増加割合 b/a または $(b-a)/c$ は、基肥りん酸が小さいほど高かった。追肥りん酸の含有率(乾物 1 g 当たりの放射能計数値)は、茎葉部では全りん酸含有率と同傾向であったが、根部では茎葉部より高い値を示した。無追肥区の根重当たり、りん酸吸収量は基肥りん酸が小さいほど高かったが、これは根の吸収力というよりも基部または古い定着地点からのりん酸供給によるものと思われる、追肥するとこの値が低下し、追肥りん酸に依存するものと思われた。

(2) カリ、石灰および苦土の施用がマメ科率に及ぼす影響

試験方法

A 試験: Ti と Lc の混播草地を供試し、石灰は無施用 (C_1) と炭カル 300 kg/10 a 施用 (C_2)、苦土は無施用 (M_1) と水マグで 10 kg MgO/10 a を施用 (M_2)、カリは硫加または塩加で、年間 9 kg

$K_2O/10 a$ (K_1) と 27 kg $K_2O/10 a$ (K_2) を施用、窒素は年間 6 kgN/10 a (N_1) と 18 kgN/10 a (N_2) を施用、窒素質肥料の種類を、硫酸、塩安、尿素、硝安の 4 種とし、これらの 5 処理をすべて組み合わせ、 L_{32} 直交表 ($2^4 \times 4$, 1/2 実施) にわりつけた。炭カルと水マグは造成時に施用し、窒素とカリは年間施用量を、早春、1 番刈り後、2 番刈り後にそれぞれ 3:2:1 の割合に分施し、りん酸は過石を用いて、各区共通に早春、5 kg $P_2O_5/10 a$ を施用した。なお、カリは窒素を塩安で施用した場合は塩加を用い、他はすべて硫加を用いた。造成初年目は掃除刈りのみとし、草生の確立した 2 年目に、6 月 10 日、8 月 6 日および 9 月 30 日の 3 回、刈取り調査を行なった。

B 試験: できる限り形質の揃った Lc の栄養茎を 20 cm 平方の方眼に移植し、1 区面積を 2 m² とした。処理は石灰を無施用 (C_1) と炭カル 50 g/m² (C_2)、苦土を無施用 (M_1) と水マグで 20 g MgO/m² 施用 (M_2)、カリの追肥は、硫加で 5 g K_2O/m^2 (K_1) と 10 g K_2O/m^2 (K_2) とし、これらの 3 要因をすべて組み合わせて L_8 直交表 (2^3) にわりつけた。窒素とりん酸は、各区共通に 2 gN/m²、5 g P_2O_5/m^2 を施用した。5 月 9 日に移植し、5 月 29 日に施肥処理(表層散布)し、9 月 10 日に調査した。

C 試験: Or と Lc の混播の 4 年目草地を供試

第33表 りん酸吸収(ポット当たり)

部位別	基肥 P_2O_5 (mg)	P_2O_5 含有率(%)		りん酸吸収量 (P_2O_5 mg/ポット)						追肥りん酸 ($\times 1000$ cpm) *			
		無追肥	追肥	無追肥 (a)	追肥 (b)	$b-a$	b/a	根 1 g 当たり		総計 (c)	乾物 1 g 当たり	根 1 g 当たり	$(b-a)/c$
								無追肥	追肥				
茎葉	0	0.29	0.44	11.0	24.6	13.6	2.2	164	30	9.9	4.3	141	1.4
	20	0.33	0.56	21.0	44.9	23.8	2.1	102	16	48.7	10.1	66	0.5
	200	0.32	0.50	21.7	36.5	14.8	1.7	85	21	36.6	8.9	65	0.4
根	0	0.32	0.41	0.5	1.5	1.0	3.2			1.8	26.0		0.6
	20	0.44	0.43	1.9	5.6	3.7	2.9			7.6	10.2		0.5
	200	0.48	0.55	2.1	5.8	3.7	2.8			11.1	19.8		0.3
合計	0			11.5	26.1	14.6	2.3	77	71	11.7	4.9	167	1.3
	20			23.0	50.5	27.5	2.2	53	39	56.3	10.1	76	0.5
	200			23.8	42.3	18.5	1.8	55	40	47.7	10.3	85	0.4

注) * 放射能計数値。

第34表 乾草収量およびマメ科率の処理別平均値

試 験 処 理		乾 草 収 量 (kg / 10a)				内クローバ収量 (kg / 10a)				生草のマメ科率 (%)		
		1 番	2 番	3 番	合計	1 番	2 番	3 番	合計	1 番	2 番	3 番
石 灰	無 施 用	259	323	209	791	55	120	127	302	30	47	61
		252	326	216	794	56	128	128	312	34	48	59
苦 土	無 施 用	235	323	204	762	51	132	120	303	33	50	59
		276*	327	221	824*	60	116	135	311	31	45	61
カ リ	9 kg	225	313	205	743	50	115	111	276	29	45	55
	27 kg	285*	336	220	841*	61	133	145*	339*	35	50	66*
窒 素	6 kg	226	302	209	737	54	146*	140*	340*	37	56*	66*
	18 kg	285*	348*	217	850	57	102	116	275	27	39	54
窒素質肥料	硫 安	242	313	212	767	50	119	121	290	28	48	57
	塩 安	217	348	217	782	57	87	117	261	35	35	55
	尿 素	276	323	205	795	60	135	131	326	33	51	64
	硝 安	287	316	217	820	55	155	142	352	32	57	65
	ℓsd	33	N S	N S	N S	N S	32	N S	49	N S	13	N S

注) * 5%水準で有意に高い値, ℓsd は 4 肥料間の 5%水準の有意差

し、毎春の炭カル追肥量を 0、50、100 kg / 10 a の 3 段階、年間の窒素施用量を 6、12 kgN / 10 a の 2 段階とした。りん酸とカリは、共通に年間 8 kgP₂O₅ / 10 a、18 kgK₂O / 10 a を施用した。刈取り調査は、約 30 日毎に年間 5 回行った。

試験結果

A 試験：処理別の平均収量（第 34 表）から、各要素の施用効果をみると、苦土施用、カリ増施および窒素増施によって増収効果が認められた。クローバ部分の収量は、カリ増施で増加し、窒素増施で減少し、それぞれマメ科率を上昇または低下させた。

また硫安および塩安の施用によって、クローバ収量が減少し、マメ科率が低下した。

クローバの収量あるいはマメ科率に及ぼす石灰や苦土の施用効果には、つぎのような交互作用（第

第35表 乾草収量(kg / 10a)およびマメ科率(%)に及ぼす各処理間の交互作用*

交互作用	項 目	刈取り	処理の水準組み合わせ**				ℓsd (5%水準)
			11	12	21	22	
CM	マ メ 科 率	1 番草	27	33	39	31	14
CK	クローバ収量	3 番草	121	135	101	156	28
		年合計	288	318	267	362	95
MK	クローバ収量 マ メ 科 率	年合計	289	321	266	359	95
		2 番草	51	51	41	50	13
MN	マ メ 科 率	1 番草	35	31	39	24	14
		3 番草	62	57	71	53	13
KN	乾 草 収 量	年合計	707	784	768	918	45
		2 番草	125	107	169	98	31
		年合計	292	263	391	289	95
	マ メ 科 率	2 番草	49	43	64	37	12
		3 番草	57	53	75	57	13

注) * 交互作用はF値が 2.0 以上の場合を記載。

** 要因組み合わせ表示：CMではC₁M₁、C₁M₂、C₂M₁、C₂M₂をそれぞれ 11、12、21、22とした。以下同様。

35～36 表) が認められた。

石灰と苦土 (CM)：1 番草のマメ科率は、石灰または苦土の単独施用で高まるが、両者の併用効果は小さく、却って低いマメ科率となった。

石灰とカリおよび苦土とカリ (CK および MK) : 低カリ水準で、石灰また苦土を施用すると、クローバの年間収量が減少し、高カリ水準では石灰または苦土の施用効果が認められた。

苦土と窒素 (MN) : 低窒素では苦土施用でマメ科率が上昇したが、窒素増施によるマメ科率の低下は苦土施用で強調された。

カリと窒素 (KN) : 窒素とカリを同時に増施すると年間収量は大きく増加するが、クローバ収量は変わらず、マメ科率はやや低下した。カリ増施によるクローバ収量およびマメ科率の上昇は低窒素のときに大きく、高窒素ではほとんど認められなかった。

窒素質肥料と塩基施用 (第36表) : 塩安または硝安区では、石灰施用によりクローバ収量およびマメ科率が上昇し、硫安区では、苦土施用により

マメ科率が上昇した。窒素増施によるマメ科率の低下は、塩安区で大きく、尿素区で小さかった。

石灰、苦土の施用またはカリの増施により当該施肥要素の含有率が上昇した (第37表) が、その上昇割合は Ti より Lc で大きかった。また、石灰施用は Ti のりん酸含有率と Lc のカリ含有率を、苦土施用は Ti の石灰含有率を、カリ増施は Ti と Lc の石灰含有率および Ti の苦土含有率をそれぞれ有意に低下させた。また、Ti、Lc とも高カリでは苦土施用による苦土含有率の上昇が認められなかった (交互作用が認められたが、データは省略した)。すなわち、要素間の拮抗作用は草種によって異なり、Ti はカリ、Lc は石灰の影響が大きかった。

施用または増施した要素の吹収量はいずれに増加した (第38表)。また、収量およびマメ科率の変動により他要素についても有意に増減するもの

があった。

土壌分析結果 (第38表)、土壌中の置換性塩基は、施肥した要素によって増加し、石灰施用による pH の上昇も明らかであった。

B 試験 (第39表) : 石灰施用は全体の生育量を低下させたが、節根の定着を良好にした。苦土施用は葉部重を若干低くしたが、有効根粒および節根定着率を良

第36表 窒素質肥料が他の要因効果 (%) に及ぼす影響*

施用要素	効 果	項 目	刈取り	窒 素 質 肥 料			
				硫安	塩安	尿素	硝安
石 灰	C_2 / C_1	クローバ収量 マメ科率	年合計	109	122	71	125
			1 番草	99	182	78	126
			2 番草	113	113	70	128
			3 番草	99	95	78	119
苦 土	M_2 / M_1	乾 草 収 量	1 番草	121	153	120	92
		マメ科率	1 番草	140	58	105	108
窒 素	N_2 / N_1	クローバ収量	年合計	79	52	99	93
		マメ科率	2 番草	73	34	87	84

注) *F 値 2.0以上で統計的に差が大きいものを掲げた。

第37表 処理別の平均要素含有率 (%) †

処 理 区 別		Ti					Lc				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
石 灰	C ₁	2.65	0.42*	2.48	0.61	0.25	4.21	0.43	2.54	1.65	0.20
	C ₂	2.59	0.35	2.43	0.73*	0.77	4.11	0.44	2.25	2.06*	0.19
苦 土	M ₁	2.60	0.39	2.41	0.69*	0.22	4.19	0.41	2.40	1.78	0.16
	M ₂	2.64	0.38	2.49	0.65	0.30*	4.13	0.46	2.39	1.93	0.23*
カ リ	K ₁	2.64	0.38	1.99	0.77*	0.30*	4.17	0.46	1.75	2.13*	0.20
	K ₂	2.60	0.39	2.91*	0.57	0.22	4.15	0.41	3.04*	1.58	0.19
窒 素	N ₁	2.46	0.39	2.50	0.67	0.25	4.19	0.41	2.33	1.94	0.20
	N ₂	2.78*	0.38	2.41	0.68	0.27	4.13	0.45	2.45	1.76	0.19

注) † 1 ~ 3 番草の平均、* 統計的に 5 % 水準で有意に高い値。

第38表 牧草の年間要素吸収量および土壌分析結果（処理別平均）

処 理 区 別		牧草中の年間要素吸収量 (kg / 10a)					2 番草刈取り跡の土壌分析			
							pH (H ₂ O)	置換性塩基 (mg / 100g)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO		K ₂ O	CaO	MgO
石 灰	C ₁	25.2	3.5	19.3	7.0	1.8	5.63	7.1	88	4.5
	C ₂	25.0	3.1	18.7	8.7*	1.8	6.19*	7.1	212*	6.4
苦 土	M ₁	24.3	3.1	18.1	7.7	1.4	5.89	7.2	149	2.3
	M ₂	26.0*	3.6*	19.8	8.0	2.2*	5.93	6.7	150	8.6*
カ リ	K ₁	23.6	3.1	13.8	8.4	1.9*	5.93	5.2	162	5.7
	K ₂	26.7*	3.5	24.1*	7.3	1.7	5.89	8.7*	138	5.1
窒 素	N ₁	23.4	3.1	17.7	6.7	1.6	5.94	6.6	143	5.3
	N ₂	26.8*	3.5	20.2*	8.5	2.0*	5.88	7.3	156	5.5
窒素資肥料	硫 安	24.2	3.2	16.6	7.9	1.8	5.87	6.3	151	4.7
	塩 安	23.7	3.1	20.6	8.3	1.8	5.84	8.4	139	4.9
	尿 素	25.9	3.5	19.5	7.8	1.8	5.97	6.6	171	5.9
	硝 安	26.6	3.4	19.1	7.9	1.8	5.96	6.5	137	6.2

注) *統計的に5%水準で有意に高い値

第39表 ラジノクロバに対する塩基施用効果(B試験)

処理区別		風 乾 重 (g / 株)			有効 節 根 根粒 定着率 (個 / 株) (%)	
		薬部	ランナー 根	合計		
石灰	C ₁	9.9*	14.0	23.8*	42.1	71.3
	C ₂	7.1	11.8	19.0	43.3	79.3*
苦土	M ₁	8.8*	12.9	21.7	38.2	71.3
	M ₂	8.2	12.9	21.1	47.2*	80.1*
カリ	K ₁	8.0	11.9	19.9	42.2	74.7
	K ₂	8.9	13.9*	22.9*	43.2	75.9

注) *第38表と同じ表示。

好にした。カリの増施は薬部とともにランナー、根の重量を増加したが、根粒や節根定着に大きな影響を及ぼさなかった。

C試験(第40表): 2年間の合計収量は、窒素増施により若干増加したが、炭カルの追肥効果は認められず、マメ科率にも大きな影響が認められなかった。炭カル追肥によって、グラス、クロバとも石灰含有率が上昇し、石灰吸収量も増加したが、窒素施用量による差は明らかでなかった。炭カル追肥により表層土のpHが若干上昇し、置換性石灰も増加した。

(3) 考 察

混播草地の維持段階では、グラスとクロバの間に養分吸収の競合が起り、マメ科率に大きな影響を与える。そこで、根釧地方の火山灰土壌において、草地に対するりん酸、カリ、石灰および苦土の施用が、収量およびマメ科率の変動に及ぼす影響を調査した。

りん酸の肥効は、一般に草地造成段階で大きく、維持段階で小さい⁴⁸⁾⁵⁰⁾⁹¹⁾とされ、りん酸追肥を省略する場合が多かった。しかし、本試験の結果によると、基肥りん酸が少なかったり、過石施用の場合にはりん酸追肥効果が認められ、その効果は主としてクロバの増収によるもので、マメ科率の維持に好影響があった。すなわち、クロバの節根は定着前は基部からのりん酸供給に依存し、定着後は定着培地からりん酸を吸収する。この定着培地は、基肥りん酸が適当な水準にあり、かつ水溶性の追肥りん酸がある場合に、節根定着にとって有利であり、根部の発育が促進された。また、この傾向は基肥りん酸が少ない場合には一層明らかであった。

従来、発芽定着後の牧草は、難溶性土壌りん酸

第40表 炭カルの追肥効果 (C 試験)

窒 素 施 用 量 (kg / 10a)			6			12		
炭 カ ル 施 用 量 (kg / 10a)			0	50	100	0	50	100
2 年 間 合 計 乾 草 収 量 (kg / 10a)			1456	1447	1492	1551	1562	1561
マメ科率 (%)	1 年 目	6 月 8 日	36	42	36	31	29	30
		8 月 8 日	42	45	39	35	39	42
	2 年 目	6 月 7 日	11	18	17	14	20	16
		9 月 5 日	44	47	44	34	39	38
CaO含 有 率 (%)	グ ラ ス	6 月 8 日	0.50	0.54	0.57	0.43	0.52	0.52
		8 月 8 日	0.53	0.60	0.61	0.64	0.64	0.62
	ク ロ ー バ	6 月 8 日	2.25	2.66	2.88	2.33	2.83	2.64
		8 月 8 日	1.65	1.86	1.92	1.69	2.00	2.02
2 年 目 の CaO 吸 収 量 (kg / 10a)			6.8	7.7	7.8	6.4	7.7	7.5
土 壌 分 析 値	p H (H ₂ O)		5.30	5.51	5.65	5.24	5.36	5.55
	置換性CaO (mg / 100g)		82	165	265	112	198	237

を吸収しうるが、その吸収力はクローバよりグラスで大きいことが報告⁵⁰⁾されている。しかし、ラジノクローバでは節根の定着後に土壌りん酸を利用することになる。したがって、土壌りん酸が少ない場合には、りん酸吸収力の大きいグラスでは影響が少ないが、ラジノクローバでは節根の定着に必要なりん酸が確保されないため、生育不振となり、マメ科率は低下する。さらに、このような低りん酸土壌でクローバが衰退すると、補完的にりん酸吸収力が強い、あるいはりん酸要求量の少ないグラスや雑草が侵入し、草種構成を変化させる。

ようりんは過石よりも基肥りん酸としての肥効が高く、かつ持続性があり、マメ科率を高く維持し、りん酸の追肥効果が小さかった。この理由は、ようりんが過石よりも土壌によるりん酸固定が少ないこと⁶⁵⁾もあるが、置換容量の大きいクローバの根は、ようりんを接触溶解¹¹⁰⁾によって積極的に吸収し、クローバのりん酸、苦土および石灰の含有率を高めて、生育を促進したためである。一方、置換容量の小さいグラスの根は、カリ吸収が勝り³⁴⁾¹¹³⁾、拮抗的に石灰、苦土の吸収が抑制されるため、接触溶解が起り難い。グラスのりん酸含有率がようりと過石で差が小さいのは、難溶性土

壌りん酸に依存したためと思う。ようりんは、また草地の経年的酸性化を緩和し、クローバに好影響を及ぼした。

以上のことから、草地の生産性やマメ科率維持の面から、本地方では基肥りん酸 20 kgP₂O₅/10 a 程度をようりんで施用することが望ましい。

根釧地方の火山灰土壌は一般にカリ供給力が低い⁵⁰⁾⁵²⁾ため、カリの施肥効果が大きい。土壌中の置換性カリが少ないと、カリ吸収力の弱いクローバでは、吸収力の強いグラスとの吸収競合¹²⁾³⁴⁾によって、甚だしいカリ欠乏となり、マメ科率は低下する。本試験でも、クローバはカリ増施によってカリ含有率が大きく上昇し、マメ科率が高まった。しかし、高窒素ではBLASERら¹²⁾が指摘したように、施用カリはグラスにより多く吸収され、マメ科率の上昇に貢献しなかった。

クローバは、一般にグラスに比べて土壌酸性に弱く¹⁹⁰⁾、また石灰を良く吸収するため¹³¹⁾、古くから石灰施用によって永年草地のマメ科率を維持したとの報告が多い¹³¹⁾¹⁵⁷⁾¹⁹¹⁾。本試験の結果では、石灰施用によってクローバの節根定着を良好にしたが、拮抗的にカリ含有率が低下し、生育は若干抑制された。しかし、カリを十分に施用するとクローバ収量が増大し、マメ科率にも好影響があっ

た。経年草地では、連年の施肥によって酸性化することが多い。このような草地土壤に、石灰補給のための炭カルを表層散布すると、若干の pH の上昇と牧草中の石灰含有率を高めるが、牧草収量や、マメ科率への影響は小さかった。佐藤ら¹⁵⁴⁾は、炭カルを表層散布は、地表をアルカリ化し、施用窒素肥料をアンモニアとして揮散させるため、窒素の肥効を低下させると報告している。したがって、永年草地に対する石灰の補給手段については、さらに検討を要する。

本地方の火山灰土壌は苦土が欠乏しやすく、経年草地では、春にしばしばグラスの苦土欠乏症状が認められる。本試験によると、混播草地では苦土を含むようりんあるいは水マグの施用によって、苦土含有率が明らかに上昇し、全収量あるいはクローバ収量が増加した。クローバに対する苦土施用は、石灰とともにクローバの節根の定着を良好にし、有効根粒を増加する。マメ科率は、低窒素、高カリのようなクローバ生育に好適な条件では苦土施用により上昇するが、高窒素ではグラスの生育が促進され、カリと同様、施用した苦土はグラスの生育に寄与し、マメ科率は低下する。草地造成時に十分なようりんを施用すれば、初期には苦土欠乏は起らないが、経年草地では、収奪量からみて、年間 $5 \text{ kgMgO} / 10 \text{ a}$ 程度の補給が

必要であろう。

以上は各要素の肥効について述べたが、マメ科率を支配する影響力は要素によって異なる。まず第1には窒素であり、ついでカリ、りん酸、苦土、石灰の順と考えられる。すなわち、多窒素では、いかなる場合もグラスの生育を良好にして、マメ科率を低下し、カリ、りん酸、苦土などはむしろグラスの生育に有効に働き、マメ科率低下を助長する。カリは低窒素条件のときマメ科率を支配する。同様に、りん酸は低窒素、高カリのとき、苦土や石灰は低窒素、高カリ、高りん酸のとき、それぞれマメ科率の維持に好影響を及ぼす。また、各要素間の拮抗作用によって、グラスはカリ施用によって苦土が、苦土施用によって石灰が、クローバでは石灰施用でカリと苦土が、それぞれ吸収抑制された。

最近、本地方では牧草中のりん酸、石灰、苦土などの含有率が低く、家畜のミネラル栄養の不足⁴⁶⁾が問題となっている。しかし、適正なマメ科率の混播草地では、適量のりん酸補給が不可欠であり、またクローバの石灰や苦土含有率が高いため、このような家畜のミネラル不足は少ないと思われる。この点からもマメ科率の維持の重要性が指摘される。

IV 晩秋利用草地の管理と牧草の越冬性

根釧地方では、冷涼な気象条件のため、牧草生育期間が短く、放牧期間が制限される。しかし、公共草地では、家畜飼養の省力化と草地利用効率の向上のために、できる限り放牧期間の延長が望ましい。一方、育成牛は秋に向って採食要求量が増大するが、牧草の生育量が激減するため、秋には極端に草量不足となる。

本地方では、秋は比較的晴天が多く、根雪も遅いため、草量確保ができれば晩秋まで放牧が可能である。しかし、冬期間は積雪が少なく、極めて低温となり、越冬中の牧草はしばしば冬枯れ¹³⁴⁾し、翌春の草生を悪化させる。とくに秋遅くまで

利用した草地では、冬枯れをうけ、漸次荒廃化することが多い。したがって、秋の草量を確保し、晩秋放牧が可能となっても、その後牧草が安全に越冬できることが保証されなければならない。

永年放牧草地では、一般に多くの草種が混播される。しかし、秋の草量確保⁵⁷⁾¹⁵⁶⁾¹⁶⁸⁾や、草地利用と翌春の牧草の再生⁸²⁾⁸³⁾⁹⁴⁾¹²²⁾¹⁵⁰⁾についての従来報告は、Or や Lc を対象としたものが多かった。したがって、冬枯れが多発し、かつ多草種が混播される本地方の永年放牧草地では、そのまま適用しがたい。

以上の理由から、本章では各種牧草について、

秋の管理条件と越冬性との関連を検討し、それらの結果から、本地方における放牧期間の延長と、放牧草地の永年維持法を明らかにしようとした。

1 牧草の晩秋利用が翌春の再生に及ぼす影響

晩秋放牧用草地の草種としては、道内の他地域では、Or やペレニアルライグラスが適する⁵⁷⁾¹⁵⁸⁾¹⁶⁸⁾といわれているが、根釧地方では、これらの草種では冬枯れが多いため問題がある。そこで、本節では、現在根釧地方に導入されている各種牧草について、(1)秋の草量確保のための草種比較および再生準備期間、(2)晩秋利用が越冬性に及ぼす影響について調査し、さらに(3)晩秋利用と混播草地の生産性および草種構成の変化について検討を加えた。

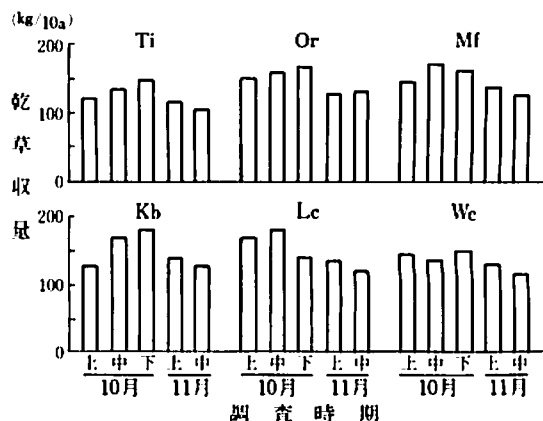
(1) 各種牧草の秋の生産性と翌春の再生

試験方法

A 試験：Ti, Or, Mf, Kb, Lc, および Wc の 6 草種を供試した。各草種の単播草地(2年目)を1968年8月26日に3番草を刈取り後、グラスには草地化成(17-5-17)、クローバには草地化成(8-10-8)をそれぞれ10kg/10aを追肥した(括弧内は化成肥料中のN-P₂O₅-K₂Oの%)。追肥後に再生させ、そのまま放置した区と、さらに最終刈りを、9月16日、9月27日、10月7日、10月16日、10月26日、11月6日および11月16日に行った区の合計8区を作った。翌春は無追肥で再生させ、1番草を6月2日に刈取り、その後基準施肥量を追肥し、6月30日に2番草を刈取った。

B 試験：供試草種はA試験と同様とし、1969年に3年目の単播草地を用いた。晩秋の草量を確保するための準備開始時期を8月27日、9月8日、9月16日、9月29日および10月6日の5時期とし、それぞれ所定刈取り日の約30日前に刈取り、

その後の再生草を所定の日に刈取り、草地化成(13-0-27)をグラスには3kgN/10a相当、クローバでは1kg/10a相当を施用した。その後再生させて11月14日に全区を一斉に刈取った。翌春はA試験同様、無追肥で再生させ、6月1日に1番草を刈取り、その後標準施肥量を追肥し、7月2日に2番草を刈取った。



第17図 8月下旬刈取り草地の秋の現存量推移

試験結果

A 試験：秋の現存量の推移(第17図)をみると、各草種とも8月下旬の刈取り後、10月末まで漸増したが、11月以降は枯葉が多くなり、やや減少した。すなわち、平均気温15℃前後の9月では、Tiがやや劣った以外は、かなりの再生長があるが、10月には平均気温が5℃に近くなり、9月の生産速度に対して、グラスでは3分の1、クローバでは10分の1となり、生育は急激に衰えた(第41表)。また、牧草の乾物率が高まり、10月下旬以降に枯葉が増加し、春や夏の2倍程度となった(第42表)。

栄養生産性(第43表)についてみると、粗蛋白質含有率は8月以降若干低下したが、粗せんい含有率は春のように経時的に急上昇せず、横這い状態であった。DCP収量は秋に減少したが、TDN収量は10月中は漸増し、栄養比が高まった

第41表 秋の乾物生産速度(kg/10a/日)

月別	生育期間 (月/日~月/日)	平均気温 (℃)	草 種 別					
			Ti	Or	Mf	Kb	Lc	Wc
9月	8/26~10/7	15.1	2.94	3.45	3.38	3.45	3.81	3.31
10月	10/7~10/26	6.7	0.95	0.84	1.15	1.16	—	0.39

第42表 秋の牧草の乾物率 (%)

調査時間	草 種 別					
	Ti	Or	Mf	Kb	Lc	We
10月7日	23.3	21.7	21.0	26.3	12.3	12.7
10月26日	32.0	29.0	31.5	36.5	20.2	21.0
11月16日	33.2	30.5	31.5	37.5	22.5	21.0

第43表 秋の牧草の栄養生産性

項 目	時 期 (月・日)	草 種 別					
		Ti	Or	Mf	Kb	Lc	We
粗 蛋 白 含 有 率 (%)	10. 7	15.3	13.9	14.9	15.8	27.4	30.8
	10. 26	10.2	11.6	9.9	13.4	22.2	25.6
	11. 16	11.3	10.3	9.0	11.2	24.0	24.9
粗 せ ん い 含 有 率 (%)	10. 7	18.3	21.6	20.8	20.6	13.6	13.0
	10. 26	16.5	18.1	18.1	17.8	13.8	10.1
	11. 16	19.1	18.4	20.9	18.1	19.1	12.3
D C P 収 量 (kg / 10a)	10. 7	13	12	20	17	30	36
	10. 26	9	12	10	15	24	30
	11. 16	7	8	7	9	21	22
T D N 収 量 (kg / 10a)	10. 7	88	86	105	106	113	121
	10. 26	107	118	92	125	113	129
	11. 16	74	94	73	89	87	96

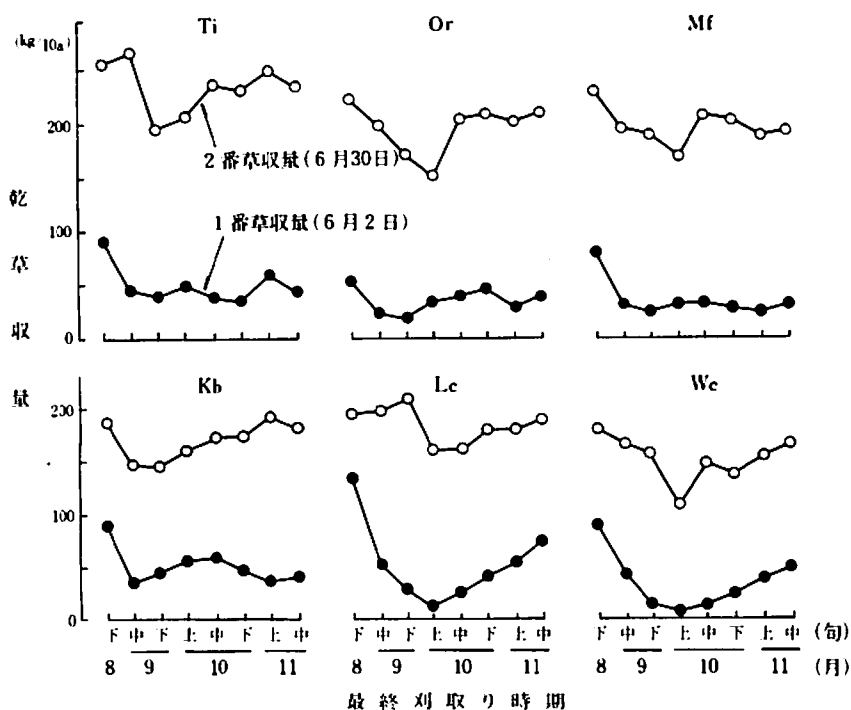
が、11月以降は枯葉の増加で低下した。

早春の草地の状態は、秋早く刈取った区では、全面が枯草に覆われ、その下には緑葉が多く、前年秋の小分けつや、クローバのランナーが保護されていた。一方、秋遅く刈取った区では、短い残葉が赤紫色または濃緑灰色を呈し、全般に枯死葉も多かった。とくに9月下旬～10月中旬に最終刈りしたクローバでは、8割以上のランナーが枯死し、初期の再生はかなり遅延した。

早春の再生草量(第18図)は、9月中旬以降の刈取り区では全般に低く、中でも9月中旬～10月上旬の刈取り区で低収になる草種が多かった。

貯蔵器官重量およびTAC含有率(第44表)は、

草種によっても異なるが、一般に10月上旬刈り区では、その前後に比べて貯蔵器官重量が少なく、Kbを除いては、TAC含有率も低い傾向があった。これらの越冬前のTAC含有率や早春の貯蔵器官



第18図 最終刈り時期別の翌春の再生草量

第44表 貯蔵器官重量[†]、TAC含有率及びそれらと1番草の乾草収量との間の相関[‡]

項 目	最 終 刈 り (月・日)	草 種 別					
		Ti	Or	Mf	Kb	Lc	Wc
越冬前のTAC含有率 (%)	8.26	37.3	35.4	37.0	30.2	38.4	39.1
	10.7	32.3	34.5	32.7	33.5	30.5	31.9
	11.16	35.3	35.4	34.9	30.5	37.0	34.8
	相 関	0.849**	0.694	0.781*	0.514	0.801*	0.691
早春の貯蔵器官重量 (g)	8.26	3.3	4.7	2.0	2.5	3.0	(測定 省略)
	10.7	1.5	1.4	1.2	2.2	3.0	
	11.16	2.6	5.8	1.5	2.6	3.7	
	相 関	0.795*	0.856**	0.851*	0.761	0.436	
越冬前草丈との相関		0.751*	0.587	0.899**	0.888*	0.655	0.631
早春の草丈との相関		0.851**	0.690	0.972**	0.901**	0.940**	0.954**

注) †貯蔵器官は Ti:球茎, OrとMf:葉基, Kb:地下茎, LcとWc:ランナー, 重量はグラスは100茎当たり, クローバはランナー1m当たり。

‡相関は全試験区(反復を含む)の測定値から計算した相関係数r。

*, **はそれぞれ5%, 1%で統計的に有意。

重量は、早春の再生草量との間には正の相関を示す場合が多く、また、越冬前および早春の草丈も再生草量との間に正の相関が認められた。

B試験:晩秋の現存量(第45表)についてみると、Ti, Kb, Wcでは8月下旬から、Mf, Lcでは9月上旬から、Orでは9月中旬から、それぞれ準備した場合には、晩秋の11月中旬に放牧可能な現存量(生草で600~1000kg/10a, 乾草で200~300kg/10a)が確保された。名草種とも準備開始時期が遅くなると、11月までの再生草量が急激に減少するが、その程度はTi, Wcで大きく、

Or, Mfで小さかった。また、Ti, Kbでは晩秋の乾物率が高く、生草量は少なかった。秋早くから再生させると、晩秋草量は多くなるが、グラスでは晩秋に枯葉割合が高かった。このような枯葉は、緑葉に比べて、DCPおよびTDN含有率は明らかに低かった(第46表)。

(2) 各種牧草の貯蔵炭水化物の蓄積と晩秋利用

試験方法

Ti, Or, Mf, KbおよびWcの5草種について、2年目の各単播草地(条播)を供試し、最終刈り

第45表 再生期間を異にした晩秋の草量(11月14日)

項 目	準備開始 (月・日)	草 種 別					
		Ti	Or	Mf	Kb	Lc	Wc
乾草収量 (kg/10a)	8.27	194	369	308	316	495	243
	9.8	119	299	280	188	310	212
	9.16	70	237	121	132	120	70
	9.29	39	75	71	28	47	31
	10.6	18	66	68	38	50	51
枯葉割合 (%)	8.27	46	52	57	66	8	23
	9.16	51	54	57	57	11	18
	9.29	31	29	30	43	26	20

第46表 晩秋の牧草のDCPおよびTDN含有率(11月14日)

項 目	準備開始 (月・日)	区 分	草 種 別			
			Ti	Or	Mf	Kb
DCP含有率 (%)	8.27	緑葉	7.1	5.9	5.9	7.7
		枯葉	1.9	2.4	3.0	5.1
	9.26	緑葉	11.1	11.7	11.7	12.8
		枯葉	5.6	5.4	6.5	6.5
TDN含有率 (%)	8.27	緑葉	76.2	72.6	73.0	71.9
		枯葉	63.8	61.4	63.5	65.2
	9.26	緑葉	78.5	74.6	76.4	75.5
		枯葉	64.4	59.3	63.9	65.2

第47表 晩秋における貯蔵器官の調査結果 (11月13日)

草 種	部 位	風 乾 物 重量割合*	T A C 含有率 (%) A	フラクトサン 含 有 率 (%) B **	フラクトサン 割 合 ($\frac{B}{A} \times 100$) **	T A C 含有量 割 合*
		(%)				(%)
Ti	茎 基	26	48.4	36.0	74	38
	球 茎	13	58.2	49.5	85	23
	幼 分 け っ	6	48.3	38.5	80	8
	根	55	19.2	12.8	67	31
Or	葉 基	37	52.7	48.0	91	58
	幼 分 け っ	12	57.6	51.0	89	21
	根	51	13.6	9.8	72	21
Mf	葉 基	28	41.0	24.9	61	42
	幼 分 け っ	2	36.0	23.9	66	2
	根	70	22.4	12.8	57	56
Kb	葉 基	15	45.6	38.1	83	17
	地 下 茎	49	51.8	48.3	93	64
	幼 芽	7	33.3	25.0	75	6
	根	29	17.4	13.6	78	13
Wc	ランナー	58	33.4	(15.3)	(46)	66
	根	42	22.7	(14.8)	(65)	44

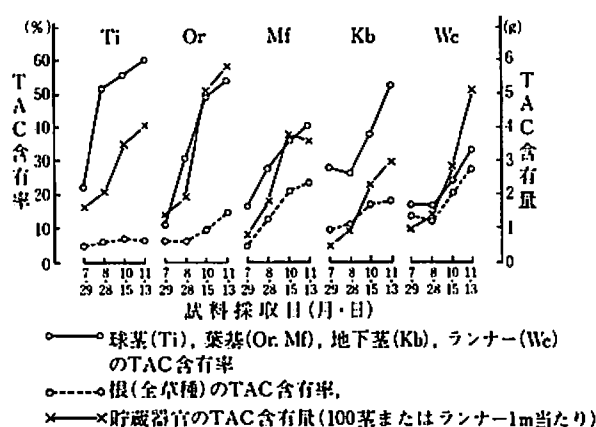
注) * 株部および根の合計量に対する割合

** Wc の () 内はデンプン含有率およびデンプン割合

は10月15日および11月13日の2時期とした。10月15日刈りは8月28日、11月13日刈りは9月8日にそれぞれ刈取り、10 a 当たり、グラスでは3 kgN, 6 kgK₂O, クローバは1 kgN, 6 kgK₂Oを塩安、塩加で施用し、最終刈りまで再生させた。翌春は無追肥で再生させ、5月25日に1番刈りを行った後、標準施肥量を追肥し、6月26日に2番刈りを行った。

試験結果

草種別の主要貯蔵器官 (第47表) : 各草種について、晩秋の株部および地下器官を調査した結果、分けっタイプの草種のTi, Or, Mfでは、根部重量はやや多いが、TACおよびフラクトサン含有率は、株部で根の2倍以上であった。したがって、TAC含有量では、再生原基を含む茎基、葉基などで多く、これらが主要貯蔵器官と推定される。また、Tiの球茎や、Mfの根でもTAC含有量が多



第19図 主要貯蔵器官のTAC含有率と含有量の推移

く、貯蔵器官として重要と思われる。はふくタイプのKbの地下茎およびWcのランナーは、重量割合、TACおよびフラクトサン含有率またはデンプン

ブン含有率などが高く、TAC含有量も多いことから、それぞれ貯蔵器官としての役割が大きい。

貯蔵器官およびTAC含有率の推移(第19図):草種別にみると、Tiでは8月には球茎のTAC含有率が急昇し、9月以降は球茎重の増加によってTACが蓄積された。Orでは、葉茎のTAC含有率が8月から10月まで上昇しつづけ、9月には分けつ茎の肥大を伴って、TAC蓄積量が急増した。Mfでは、葉茎、根のTAC含有率が、8月以降緩徐に上昇し、9月には葉茎重がやや大きく増加したが、TAC蓄積はTi、Orに比べてやや緩徐であった。Kbでは、地下茎のTAC含有率および蓄積は9月~10月に行なわれたが、その上昇はやや緩徐であった。Wcのランナー、根のTAC蓄積は9月に行なわれ、10月以降に急増した。このように、秋には各器官のTAC含有率は急上昇したが、根では一般に、その上昇割合が少なかった。

最終刈り時期との関係(第48表):晩秋の茎数は、Ti、Mfでは11月13日刈りが、10月15日刈り

りより多かったが、Orでは逆に10月15日刈りがやや多かった。貯蔵器官のTAC含有率は、グラスではすべて10月15日刈りが、11月13日刈りより低く、とくにOr、Mfでその差が大きかった。また、フラクトサン割合も、Tiを除いては同様の傾向であった。Wcのランナーでは、TAC含有率は10月15日刈りがやや高かったが、デンプン割合は11月13日刈りが明らかに高かった。100茎当たりのTAC含有量はOr、Mf、Wcでは(Wcはランナー1m当たり)明らかに11月13日刈りが10月15日刈りより多く、Kbでは差がなく、Tiは11月13日刈りがやや高かった。しかし茎数増加を伴うため、ほとんどの場合、面積当たりTAC蓄積量は11月13日刈りで高かった。

春の再生は、Mf、Orでは晩秋のTAC蓄積量の少なかった10月15日刈りが明らかに枯死茎が多く、かつ初期生育も劣り、1番草では11月13日刈りに比べてMfでは約3割、Orでは約1割の減収となった。しかし、2番草では両区の収量差は

第48表 晩秋の茎数、TACおよび春の再生草量

項 目		最 終 刈 り (月・日)	草 種 別					備 考
			Ti	Or	Mf	Kb	Wc	
茎 数 (本 / 1000cd)		10 . 15	240	294	482	—	—	11月13日調査
		11 . 13	291	274	583	—	—	
T A C 含 有 率* (%)		10 . 15	55.4	47.2	36.0	51.0	36.2	11月13日調査
		11 . 13	58.2	52.7	41.0	51.8	33.4	
フラクトサン割合** (%)		10 . 15	87	83	58	92	(38)	() 内はデンプン割合
		11 . 13	85	91	61	93	(46)	
T A C 含 有 量 (g / 100茎)		10 . 15	2.5	3.1	1.6	1.6	2.3	貯蔵器官全体の含有量
		11 . 13	2.2	3.8	2.4	1.6	3.4	
T A C 含 有 量 (g / 1000cd)		10 . 15	600	911	776	—	—	同 上
		11 . 13	640	1041	1399	—	—	
早 春 の 枯 死 茎 数 (%)		10 . 15	0.4	5.4	33.3	1.2	—	5月14日調査
		11 . 13	1.6	0.4	4.8	0.2	—	
春の乾草収量 (kg / 10a)	1 番 草	10 . 15	124	119	89	66	(53)	() 内は雑草を含む
		11 . 13	118	132	129	71	(47)	
	2 番 草	10 . 15	186	136	138	98	233	
		11 . 13	168	123	141	89	217	

注) *Ti は球茎、Or、Mf は葉茎、Kb は地下茎、Wc はランナーのTAC含有率。

**フラクトサン割合は、TAC中のフラクトサンが占める割合、ただし、Wcはデンプン割合。

小さくなり、ほとんど回復した。一方、Ti, Kb では全般に枯死茎数が少なく、1～2番草とも最終刈り時期による収量差は小さかった。Wc では、10月15日刈りでは冬枯れによる春の裸地化が大きく、Rt や雑草などの侵入が多かった。

(3) 晩秋利用が混播草地の生産性と草種構成に及ぼす影響

試験方法

Ti, Or, Mf, Kb および Lc の5草種を組み合わせて、TOKL, TMKL および OMKL (略号は頭文字の組み合わせ) の3種の混播を作り (各混播とも10a 当たり播種量は、Ti 0.7kg, Or 1.0kg, Mf 0.7kg, Kb 0.5kg, Lc 0.3kg), 播種2年目の秋から4年間試験を継続した。最終刈りの時期を10月上旬(10上区)と11月上旬(11上区)

の2時期とし、各年とも4回刈りとした。最終刈り期日は、1～4年の各年に、それぞれ、10上区では10月3日、10月1日、10月2日、10月3日、11上区では11月6日、11月11日、10月31日、10月30日であった。施肥は標準施肥量を春および刈取りごと(最終刈りを除く)に分施した。

試験結果

試験期間中の合計収量(第49表): 3混播とも11上区に比べて、10上区が劣り、とくに TMKL 混播でその差が大きかった。晩秋の最終刈り収量は11上区では秋の再生期間が長いから、枯草がやや多かったが、晩秋の現存量も10上区よりやや多かった。混播の中ではとくに秋の生育が良い Mf を含む混播でやや多かった。春の1番草収量は、混播の種類や年次によって異なったが、10上区で劣る場合が多かった。

1番草における草種別収量比較(第50表): Ti, Mf (3年目を除く) では、全試験期間中、Or, Lc は3年目以降に、それぞれ10上区の再生草量が11上区より劣っていた。一方1, 2年目の Or, Lc および全試験期間にわたって、Kb では逆に11上区の春の再生草量が少なかった。このような傾向は前項の単播条件下と異なっており、混播における草種間競争によるものと考えられる。

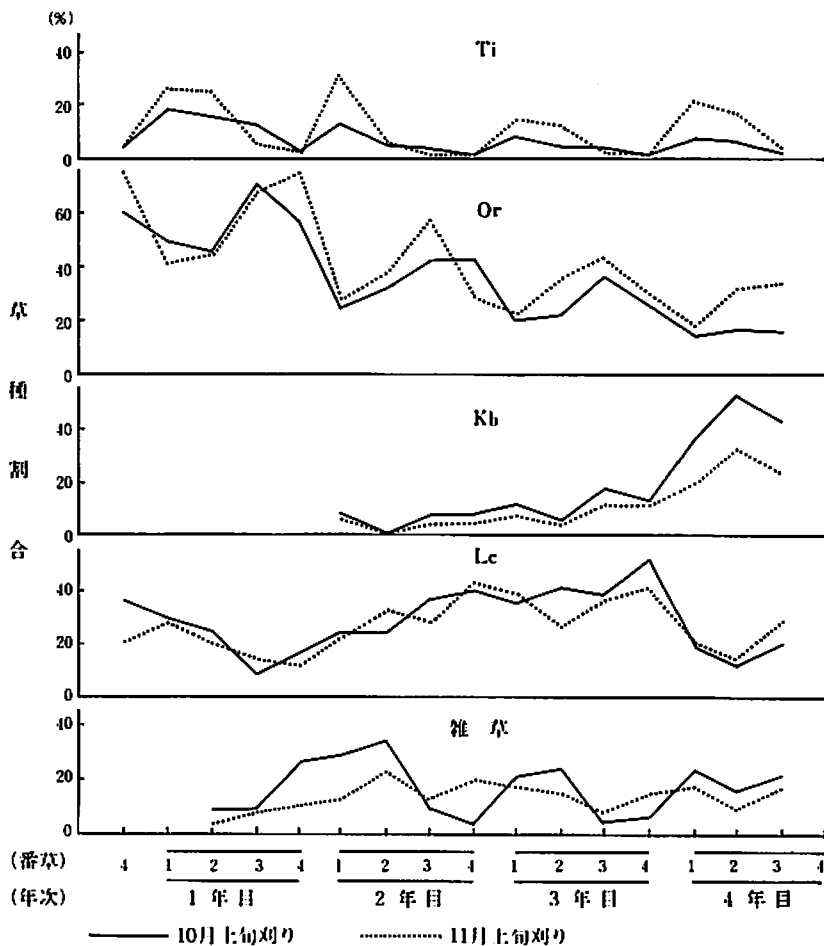
草種割合の推移(第20～22図): TOKL 混播(第20図)では、Ti 割合は春には11上区で高く、夏以降は10上区と差がなかった。Or 割合は、1年目では50%以上であったが、Ti 割合の高い春で低く、2年目以降は漸次 Or が減少した。10上区の春の Or 再生草量が少

第49表 試験期間中の合計収量または平均収量

混播別	最終刈り (月・旬)	4年間の合計収量		最終刈りの平均収量		1番草の平均収量	
		kg/10a	割合	kg/10a	割合	kg/10a	割合
TOKL	10上	2244	94	114	92	98	95
	11上	2377	100	124	100	103	100
TMKL	10上	2276	88	163	93	80	78
	11上	2572	100	176	100	102	100
OMKL	10上	2298	94	142	88	76	88
	11上	2445	100	162	100	86	100

第50表 最終刈りを異にした場合の1番草における草種別の収量比較

混 播 別	年 次 (年目)	11上区収量 (kg/10a)	1番草の草種別の収量比較(10上区/11上区×100)					
			全収量	Ti	Or	Mf	Kb	Lc
TOKL	1	89	112	79	138		—	110
	2	127	87	51	100		118	114
	3	147	100	67	95		213	91
	4	48	73	29	70		121	70
TMKL	1	107	67	67		63	—	77
	2	103	79	52		52	133	300
	3	130	101	42		112	180	120
	4	67	52	37		42	100	20
OMKL	1	86	88		138	74	—	104
	2	109	81		200	47	100	194
	3	107	111		280	144	109	70
	4	40	53		14	33	220	50



第20図 TOKL混播の草種割合の推移

ないため、Or 割合は 11 上区より低くなり、かつその差は経年的に増大した。Kb と Lc は、Ti, Or の草勢低下に伴って補完的に増加し、とくに 10 上区で高い割合となった。Lc 割合は Kb が増加した 4 年目以降減少した。雑草割合はとくに 10 上区の春で高かった。

TMKL 混播 (第 21 図) では、Ti 割合は TOKL 混播と同様に推移し、Mf 割合は冬枯れのため春に低く、夏以降高まったが、経年的に漸次低下し、とくに 10 上区でこの傾向が大きく、常に低い割合で推移した。Kb と Lc は、Mf の減少に伴って補完的に増加し、とくに 10 上区で高い割合となった。Kb 割合が増加した 4 年目では、Lc 割合が低下した。雑草割合は、Mf の衰退によって侵入し、

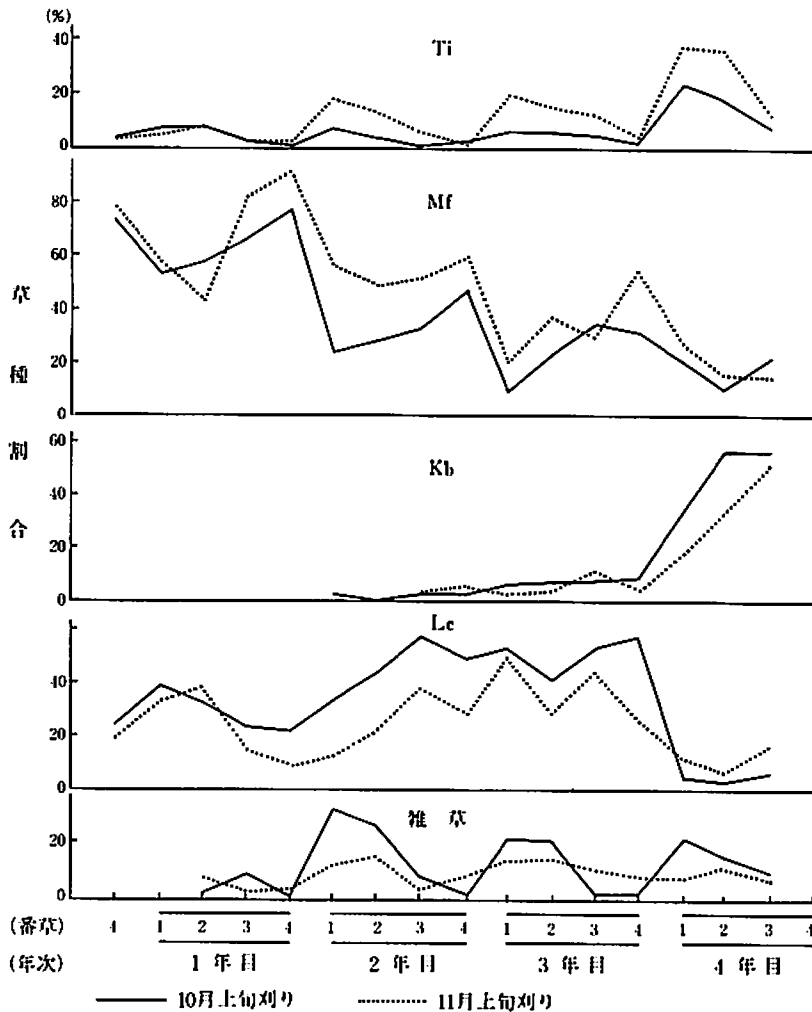
10 上区、1～2 番草で高い割合となった。

OMKL 混播 (第 22 図) では、Or 割合は Mf の生育不振のため、10 上区で高かったが、4 年目以降 Mf が衰退し、Kb が多くなってくると、10 上区の Or 割合は低くなった。Mf 割合は TMKL 混播と同傾向であったが、Or との競合のため、やや変動が少なかった。Kb, Lc および雑草の割合は上記の 2 混播と同様であった。

(4) 考 察

秋の放牧期間を延長するためには、(1)秋の現存草量を確保すること、(2)秋の利用によって、翌年の牧草生産に影響を及ぼさないことが必要である。

晩秋の草量確保のためには、Mf, Or, Kb および



第21図 TMKL混播の草種割合の推移

Lcが適し、Tiは若干劣っていた。また、KbやTiは晩秋の乾物率が高いため、他草種より現存草量は少なかった。伊藤⁷⁸⁾は、Or、Mf、Tfなどは秋の低温条件下で良く伸長することを認めており、早川ら⁶¹⁾はTi、Kb、Rtなどは短日、少肥で休眠に入り易いと報告している。

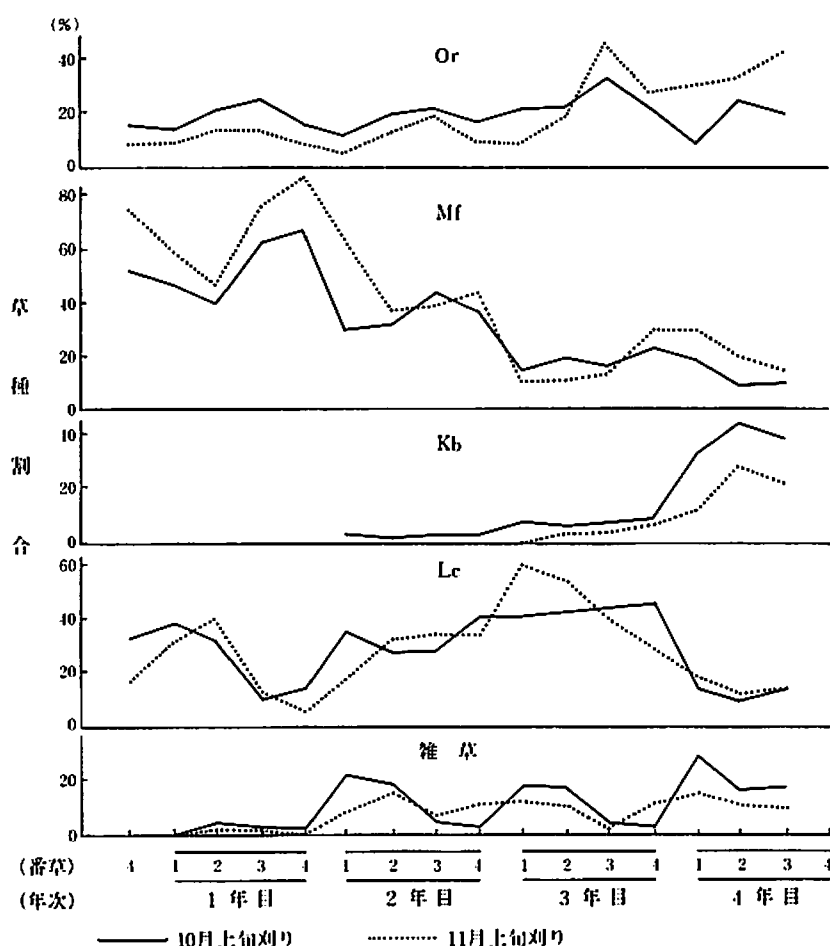
晩秋に放牧可能な600~1000 kg/10 aの草量を確保するためには、一定の再生期間が必要である。本地方では、施肥条件にもよるが、Ti、Kb、Wcなどでは、8月中~下旬、Or、Mf、Lcなどでは遅くとも9月上旬から再生させることが必要である。

晩秋放牧草地は牧草生育の衰えた10月以降に

利用される。しかし、本地方では10月上旬には例年初霜があり、9月の再生草は急激に枯葉が増加し、乾物率も高まってくる。このような晩秋の牧草では、一般に栄養比が高く¹⁶⁸⁾、育成牛や肉牛の増体には差支えない⁹¹⁵⁷⁷⁸⁾とされているが、枯葉が多いため消化性が低く、TDNもADAMSの方式²⁾で求めた値より低く¹⁶⁸⁾、嗜好性も劣る²⁶⁾という。

牧草の晩秋利用が翌春の再生に及ぼす影響を明らかにするためには、牧草の越冬生理が重要である。

牧草の越冬生理については、従来から貯蔵養分または貯蔵炭水化物との関連で検討されてきた。



第22図 OMKL混播の草種割合の推移

すなわち、一般に牧草は秋に短日、低温になると地上部の生育が停滞し¹⁸⁹⁾、同化生産された炭水化物は貯蔵態として株や根に蓄積される¹⁹³⁾³⁶⁾⁹⁶⁾¹⁰⁸⁾。これらの貯蔵部位は、本試験でも明らかなように、草種によって異なる。分けつタイプのグラスでは、再生原基を含む株部のTAC含有率が高く、主要貯蔵器官と考えられる。Ti, Mfの根はTAC含有率は低いが、重量割合が大きく、重要な貯蔵器官と思われる。Tiの球茎は従来主要貯蔵器官といわれていたが、本調査結果では、TAC含有率は高いが、重量割合が小さいため、TAC含有量は茎基、根よりも少なかった。Kbの地下茎、Wcのランナー、根などは、それぞれ主要な貯蔵器官と思わ

れた。

貯蔵炭水化物の蓄積過程は、各草種の秋の生育特性と関連していた。すなわち、比較的秋の生育が良いMf, Or, Wcでは、TACの蓄積が緩徐であるが、早くから休眠に入り、地上部生育が衰えるTiでは、早期からTACが蓄積される。また著者らが既に報告¹²⁸⁾したように、秋の気温とも関連があり、比較的高温な秋にはTACの蓄積が遅れる。根や地下茎などの地下器官では、TAC蓄積は緩慢で、Kbの地下茎では9～10月に多く蓄積した。

晩秋の貯蔵炭水化物の蓄積は、牧草の越冬性および翌春の再生と深い関係がある。すなわち、(1) TAC含有率は牧草の耐寒性や外部の不良環境に

に対する抵抗性、(2)分けつ茎当たりのTAC含有量⁵⁾は越冬中の呼吸²⁷⁾や春の再生エネルギー、(3)面積当たりのTAC蓄積量²⁸⁾は春の面積当たりの牧草再生量とそれぞれ関連するものと思われる。本試験でも、春の再生草量と貯蔵器官重量、TAC含有率および分けつ茎当たりのTAC含有量などとの間には正の相関を示す場合が多かった。

一方、春の再生草量は貯蔵炭水化物の蓄積と関係が少ない場合も認められた。このような場合はつぎに述べるように、耐寒性や耐病性に強く影響されるためと思う。すなわち、越冬前の草丈と春の再生草量との間には高い相関があったが、観察結果をも考慮すると、晩秋の生育量が多いと、貯蔵炭水化物が多いばかりでなく、越冬中にこれらの茎葉によって草地が覆われ、株部に対する保温の効果があったと想像される。一方、OrやMfは主として雪腐大粒菌核病によって枯死することが多く、そのため春の再生草量が減少する。したがって、Orを中心とした天北地方や道央地方の草地に比べて、本地方における草地の越冬性は、牧草の貯蔵炭水化物蓄積とともに、冬期の寒害や大粒菌核病の問題も同時に考えてゆく必要がある。

秋の牧草利用は、越冬前の貯蔵炭水化物の蓄積および翌春の再生草量に大きな影響を与えた。すなわち、草種によっても若干の差はあったが、一般に9月下旬～10月中旬に最終刈りした牧草では翌春の再生が劣り、11月中旬に利用した場合の再生がむしろ勝っていた。また越冬前の貯蔵炭水化物の蓄積も10月中旬刈りの牧草は、11月中旬刈りの牧草より少なかった。

一般に貯蔵器官や貯蔵炭水化物は、刈取り後の再生によって消費される²⁹⁾¹⁰⁸⁾が、秋の早い時期の刈取りでは、この消費は越冬前までに回復¹⁵⁰⁾される。しかし、10月上旬～中旬の刈取りでは、この時期の気温がなお再生可能な範囲(およそ5℃以上)にあるため、若干の再生があり、貯蔵炭水化物が消費するが、漸次秋冷となるため越冬前まで十分回復しない。11月上旬～中旬のように遅い時期では、気温が低いので、刈取り後にはもはや再生せず、貯蔵炭水化物の消費もほとんどない。この現象は草種によっても異なる。秋の生育がよいMf、

Or、Lcなどでは、10月上旬～中旬の刈取り後の再生量が多いため、貯蔵炭水化物の減少が大きく、それだけ越冬前の回復は不十分となるが、秋の再生量が少ないTi、Kbではこの消費が少ない。

混播草地では、その組み合わせ草種によって、翌春の再生に及ぼす秋の刈取り時期の影響が異なるため、最終刈り時期を異にすると、翌春の草種構成が変化する。すなわち、混播草地でも10月上旬刈りは11月上旬刈りに比べて、翌春の牧草の再生が劣り、とくにOr、Mfでこの傾向が大きく、さらにこれらの草種は大粒菌核病の被害もうけやすかった。一方、地下茎やランナーで殖えるKbやLcでは、10月上旬刈りで早春の再生が劣っても、分けつタイプのOr、Mf、Tiなどよりも春の草生回復が早い。したがって、混播草地では、10月上旬刈りは11月上旬刈りに比べて、春にはOr、Mf、Tiなどが衰退しやすく、早期に回復するKb、Lcなどの構成割合が大きくなる。このようなKb割合の高まった草地では、Kbの年間生産量がOr、Mf、Tiよりやや低いので、全収量は低下し、また雑草の侵入も多くなる。春の回復力が早いLcは、グラスの草生低下あるいは冬枯れによって生じた裸地に早期に再生、補完するため、春には10月上旬刈りが11月上旬刈りよりも高いマメ科率を示すことが多い。

以上のことから、根釧地方の晩秋放牧草地は8月中～下旬から準備し、利用に当たっては、10月上旬～中旬には、この時期の利用で翌春の再生に影響が小さいTi、Kb主体草地を用い、OrやMf主体草地は10月下旬～11月中旬に利用すべきである。

2 晩秋利用草地に対する施肥効果

従来、秋の牧草に対しては、春や夏に比べて再生量が少ないことから、地上部吸収量に見合う程度の少量施肥か、無施肥のことが多かった。しかし、晩秋利用草地では、秋の草量を積極的に高めるため、十分な施肥が必要と思われる。

近年道内の各地で検討されているグラス主体の晩秋放牧草地では窒素の施用効果が大きいことが

報告されている⁵⁷⁾⁷⁸⁾⁹³⁾⁹⁴⁾¹⁵¹⁾。しかし、越冬条件が厳しい根釧地方では秋の牧草に対する施肥は、晩秋の草量確保とともに牧草の越冬性や翌春の再生との関連に十分留意する必要がある。そこで、本節では、当地方の主要牧草に対して、秋の窒素、りん酸、カリの施肥効果を検討した。

(1) 窒素、りん酸およびカリの施用効果

試験方法

Ti, Or, Mf, Kb, Lc および Wc 6 草種について、それぞれ2年目単播(条播)草地を供試した。最終刈りは10月上旬刈り(10上区)と11月上旬刈り(11上区)の2期とし、各最終刈りごとに、3要素、無窒素、無りん酸、無カリおよび無肥料の5区を配置した。1970年は8月25日(10上区)および9月7日(11上区)に刈取り、施肥処理後再生させ、それぞれ10月2日に10上区を、11月1日に11上区を最終刈りした。1971年は、10上区、11上区とも8月27日に刈取り、施肥処理し、10月5日に10上区、11月3日に11上区を最終刈りした。10a当たりの標準施肥量は、1970年にはグラスに3 kgN, 6 kgP₂O₅, 10kgK₂O, クローバに1 kgN, 6 kgP₂O₅, 10 kgK₂O, 1971年にはN, K₂Oは前年同様とし、P₂O₅のみ10 kgに増量した。翌春は秋の施肥の残効をみるため、無追肥で再生

させ、1971年は5月27日、1972年は5月29日に刈取った。晩秋の肥料吸収状況やTAC蓄積については、1970年11月13日に調査した。

試験結果

最終刈り草量および翌春の再生草量に対する施肥効果(第51表):最終刈り草量に対する各要素の肥効は、グラスでは窒素がもっとも大きく、りん酸はOr以外の10上区で、カリはMf, Kb以外の草種で、それぞれ施肥効果があった(10上区のLcの3要素区は相対的に低収)。10月上旬以降はOr, Lcを除いては、施肥してもほとんど現存量は増加しなかった。

翌春の再生草量は、冬枯れの多かった10上区で劣ったが、秋の施肥の影響は、グラスには窒素の肥効が最大で、りん酸、カリは10上区のOr, Mfで認められ、クローバにはカリの肥効が最大で、ついでりん酸であった。

最終刈り牧草の要素含有率(第52表):施肥によって、いずれも上昇し、とくにカリ含有率の上昇が大きかった。また、貯蔵器官の要素含有率も上昇し、刈取り部同様カリ含有率が大きく上昇した。Kbの地下茎の窒素、Tiの茎基のりん酸含有率の上昇もやや大きかった。

各要素の吸収量(第53表):施肥によって、Kb

第51表 晩秋の草量および翌春の再生草量に及ぼす施肥要素欠除の影響(3要素区に対する収量指数)

最 終 刈 り	施肥区別	最 終 刈 り の 乾 草 収 量						翌 春 1 番 草 の 乾 草 収 量					
		Ti	Or	Mf	Kb	Lc	Wc	Ti	Or	Mf	Kb	Lc	Wc
10 月 上 旬	無 肥 料	28	26	31	23	113	57	55	30	36	73	64	32
	無 窒 素	25	28	28	21	155	91	72	40	36	56	129	90
	無りん酸	76	99	86	75	148	84	100	63	60	76	90	63
	無 カ リ	88	83	107	110	101	62	95	65	57	95	65	36
	3 要 素	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	同実数*	(122)	(146)	(148)	(158)	(117)	(146)	(44)	(20)	(24)	(38)	(87)	(111)
11 月 上 旬	無 肥 料	24	26	38	37	55	58	45	47	30	46	63	90
	無 窒 素	27	26	35	27	83	86	46	44	23	55	102	101
	無りん酸	96	91	103	110	95	82	112	128	89	74	74	83
	無 カ リ	87	86	108	105	87	57	92	111	96	93	71	62
	3 要 素	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	同実数*	(122)	(156)	(151)	(123)	(156)	(138)	(53)	(18)	(42)	(50)	(108)	(78)

注) *kg/10a

第52表 11月上旬刈りの牧草の要素含有率(乾草当たり)

草 種	器官別 要素 処理	N (%)		P ₂ O ₅ (%)		K ₂ O (%)	
		無窒素	3 要素	無りん酸	3 要素	無カリ	3 要素
Ti	刈 取 り 部	1.71	2.16	0.47	0.53	1.09	1.97
	茎 基	1.06	1.29	0.26	0.63	1.65	2.18
	球 基	0.34	0.42	0.31	0.32	0.47	1.10
	根	0.83	0.88	0.30	0.35	0.33	0.95
Or	刈 取 り 部	1.81	2.01	0.50	0.58	0.98	1.95
	葉 基	0.77	0.80	0.55	0.56	0.47	1.60
	根	0.76	0.77	0.21	0.24	0.23	0.75
Mf	刈 取 り 部	1.53	1.75	0.51	0.56	1.18	2.17
	葉 基	0.98	1.13	0.59	0.62	1.65	1.90
	根	0.64	0.79	0.26	0.31	0.13	0.55
Kb	刈 取 り 部	1.92	2.22	0.68	0.71	1.71	2.58
	地 下 茎	0.49	0.64	0.32	0.38	0.38	0.85
Lc	刈 り 取 部	3.89	3.96	0.62	0.69	0.91	1.82
Wc	刈 取 り 部	4.26	4.21	0.64	0.76	0.91	2.58

第53表 11月上旬刈り牧草の要素吸収量

草 種	器官別 要素 処理	N (kg / 10 a)		P ₂ O ₅ (kg / 10 a)		K ₂ O (kg / 10a)		欠除区 / 3 要素 (× 100)		
		無窒素	3 要素	無りん酸	3 要素	無カリ	3 要素	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ti	刈 取 り 部	0.52	1.77	0.40	0.50	0.16	1.32	29	80	12
	株 部	0.28	0.66	0.15	0.34	0.79	1.18	42	44	67
	根	0.32	0.69	0.28	0.27	0.23	0.74	46	104	31
	合 計	1.12	3.12	0.83	1.11	1.18	3.24	36	75	36
Or	刈 取 り 部	0.63	1.77	0.69	0.65	1.30	1.65	36	106	79
	株 部	0.33	0.68	0.43	0.98	0.51	1.40	49	44	36
	根	0.53	0.71	0.17	0.22	0.22	0.69	75	77	32
	合 計	1.49	3.16	1.29	1.85	2.03	3.74	47	70	54
Mf	刈 取 り 部	0.79	2.51	0.94	0.98	1.48	2.22	31	96	67
	株 部	0.23	0.57	0.26	0.31	0.62	0.96	40	84	65
	根	0.66	0.97	0.39	0.38	0.17	0.67	68	103	25
	合 計	1.68	4.05	1.59	1.67	2.27	3.85	41	95	59
Kb	刈 取 り 部	0.32	0.99	0.48	0.32	0.84	0.92	32	150	91
	地 下 茎	0.56	0.89	0.51	0.53	0.58	1.18	63	96	49
	合 計	0.88	1.88	0.99	0.85	1.42	2.10	47	116	68
Lc	刈 取 り 部	6.72	6.49	0.62	1.13	1.19	2.98	104	55	40
Wc	刈 り 取 部	4.81	5.77	0.67	1.04	0.70	3.53	83	64	20

注) 器官欄の株部は葉基、茎基、球基、幼分けつなどの合計吸収量

のりん酸以外は各要素とも吸収量は増加した。窒素は刈取り部の吸収量が多く、窒素欠除によって大きく低下し、同時に株部、根でも減少した。りん酸は Mf 以外の貯蔵器官に多く、りん酸欠除は株部、地下茎などのりん酸を減少させた。カリ吸収量は根で少ないが、カリ欠除によって刈取り部とともに大きく減少した。Lc, Wc の刈取り部は、いずれもカリ、りん酸の欠除で当該要素の吸収量が低下した。

晩秋の貯蔵器官重量、TAC 含有率および TAC 含有量(第 54, 55 表)：これらは、いずれも 11 月上旬刈りが勝っていた。施肥の影響は、窒素施用によって貯蔵器官重量が大きく増加し、Or や Mf では TAC 含有率が若干低下する場合もあったが、面積当たりの TAC 含有量は増加した。りん酸欠除は Or, カリ欠除は Wc の貯蔵器官重量をそれぞれ低下させた。TAC 含有率はりん酸、カリの施肥による影響は判然としなかったが、無カリ区では TAC 中のフラクトサン割合が低い傾向があった。

分けつ茎数に及ぼす影響(第 56, 57 表)：グラスでは窒素施用によって幼分けつ数が増加した。試験期間中は両年とも冬枯れが多かったが、施肥の影響は年次、草種によって異なり、判然としなかった(第 57 表)。しかし、窒素施用区では、秋の茎数が多かったため、再生茎数および出穂茎数が勝り、再生草量を多くした(第 51 表)。

(2) 窒素およびカリ施用量の影響

試験方法

A. 窒素用量試験：前項の 3 要素試験と並行して行ったもので、供試牧草は Ti, Or, Mf, Kb のグラスのみとした。窒素施用量は 2, 4, 6 各 kgN/10 a の 3 段階とし、窒素用量以外は前項試験と全く同じとした。

B. カリ用量試験：Or の 3 年目単播草地を供試し、カリ施用量を 0, 4, 8, 16 各 kg K₂O/10 a の 4 段階とした。8 月 17 日に窒素のみを追肥して再生させた牧草を 9 月 5 日に刈取り、その後上記のカリと、共通に 4 kgN/10 a を追肥して再生させ、10 月 26 日に最終刈りを行った。

第 54 表 貯蔵器官重量および TAC 含有量

項 目	草種 処理	貯 蔵 器 官 重 量						T A C 含 有 量			
		Ti	Or	Mf	Kb	Lc	Wc	Ti	Or	Mf	Kb
3 要素区 (g / m ²)	10 上 区	58	120	101	137	163	109	14.5	21.4	14.8	68.4
	11 上 区	126	191	153	139	248	183	44.0	33.7	38.2	69.1
11 上区の 3 要素区対比 (%)	無 肥 料	63	54	61	90	69	80	66	80	64	81
	無 窒 素	50	53	66	82	76	102	59	58	67	81
	無 りん 酸	108	79	101	114	102	109	102	94	106	124
	無 カ リ	99	88	95	110	94	76	98	125	96	115

第 55 表 主要貯蔵器官における TAC 含有率(乾物当たり)

最 終 刈 り (月, 旬)	草種 施肥処理	T A C 含 有 率 (%)				T A C 中のフラクトサン割合 (%)			
		Ti 茎基	Or 葉基	Mf 葉基	Kb 地下茎	Ti 茎基	Or 葉基	Mf 葉基	Kb 地下茎
10 上	3 要素	39.1	36.8	30.2	50.1	82	85	55	93
11 上	無 肥 料	46.6	50.5	46.7	48.8	81	87	53	91
	無 窒 素	50.2	46.3	36.8	48.8	90	89	59	95
	無 りん 酸	47.7	44.1	39.9	54.5	87	88	63	95
	無 カ リ	46.9	45.9	39.1	52.3	80	86	53	92
	3 要素	47.9	41.1	35.8	49.9	89	88	67	95

第56表 分けつ茎数またはランナーの長さ

項 目	草 種	分けつ茎数またはランナーの長さ						幼 分 け つ 数		
		Ti	Or	Mf	Kb	Lc	We	Ti	Or	Mf
3 要素区 (本/㎡) *	10 上 区	1188	1454	2869	6010	550	707	225	805	175
	11 上 区	1432	1720	3159	4110	512	842	270	945	185
11上区の3要素区 対 比 (%)	無 肥 料	50	60	53	120	125	109	78	29	11
	無 窒 素	52	49	52	98	87	82	57	64	49
	無 り ん 酸	100	83	94	133	157	104	74	103	120
	無 カ リ	102	102	92	138	149	105	130	105	127

注) * Lc, Weはランナーの長さ (cm/㎡), 1970年11月13日調査

第57表 冬枯れによる枯死茎率と出穂茎数

最 終 刈 取 り	項 目 草 種	枯 死 茎 率 (%) *				出 穂 茎 数 (本/㎡)	
		1971		1972		1971	
		Or	Mf	Or	Mf	Or	Mf
10 月 上 旬	無 肥 料	—	—	62	69	5	44
	無 窒 素	97	95	—	—	6	43
	無 り ん 酸	96	85	56	65	12	114
	無 カ リ	99	61	63	61	10	100
	3 要素	94	88	63	80	16	150
11 月 上 旬	無 肥 料	—	—	69	66	8	136
	無 窒 素	95	63	—	—	8	99
	無 り ん 酸	72	56	51	54	19	237
	無 カ リ	61	38	67	74	13	233
	3 要素	50	46	58	43	19	280

注) * 冬枯れによる枯死茎率は1株中の枯死茎割合 —は欠測

試験結果

A. 窒素用量試験：最終刈りの草量（第58表）は、窒素増施によって各グラスとも増収し、6 kgN/10 aでも頭打ちがみられなかった。また、これらの窒素増施区では、翌春の再生草量が多く、初秋（または晩夏）の施肥の残効が認められた。

最終刈り牧草の刈取り部の窒素含有率および吸収量（第59表）も窒素増施によって上昇した。

 第58表 最終刈り草量および翌春の再生草量
(2年間平均)

最 終 刈 取 り	施 用 量 (kg/10a)	最終刈りの乾草収量 (kg/10a)				翌春1番草の乾草収量 (kg/10a)			
		Ti	Or	Mf	Kb	Ti	Or	Mf	Kb
10月 上旬	N 2	93	123	136	139	29	13	8	17
	4	183	162	162	180	44	13	14	26
	6	199	244	208	250	53	21	20	39
11月 上旬	N 2	83	85	103	92	45	17	20	26
	4	128	134	151	122	52	17	33	42
	6	155	206	194	166	50	19	32	45

晩秋の貯蔵器官重量（第60表）は窒素増施によって増加傾向があり、Ti以外は4 kgN区でもっとも勝っていた。TAC含有率は、4 kgN区でやや高く、6 kgN区ではTACおよびフラクトサン含有率がやや低くなった。TAC含有量はOr, Mfでは4 kgN区、Tiでは4～6 kgN区が高く、Kbでは区間差が小さかった。

一般に晩秋の茎数は、窒素増施によって増加し、

第59表 最終刈り牧草の窒素含有率および吸収量 (1971年)

最 終 刈 取	施 用 量 (kg/10a)	窒素含有率 (%)				窒素吸収量 (kg/10a)			
		Ti	Or	Mf	Kb	Ti	Or	Mf	Kb
10 月 上 旬	N 2	1.31	1.09	1.27	1.53	1.6	1.7	2.2	3.2
	4	1.33	1.09	1.18	1.58	3.3	2.4	2.3	3.9
	6	1.79	1.29	1.99	1.75	4.4	4.2	4.9	5.7
11 月 上 旬	N 2	1.27	1.31	1.12	1.55	1.2	1.3	1.3	2.2
	4	1.31	1.33	1.36	1.62	1.9	2.0	2.4	2.4
	6	1.61	1.27	1.77	1.79	2.9	2.8	3.4	4.7

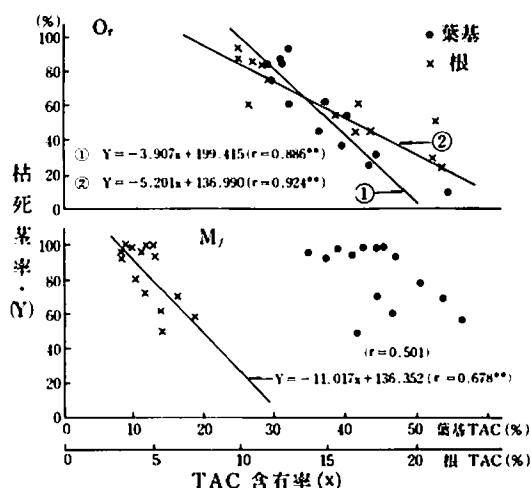
第60表 11月上旬刈りの牧草の貯蔵器官重量、
TAC含有率およびTAC含有量

項 目	施 用 量 (kg / 10a)	Ti	Or	Mf	Kb	備 考
貯蔵器官重量 (g / ㎡)	N 2	128	150	126	145	2年間
	4	138	193	195	163	平均
	6	145	170	174	127	
TAC含有率 (%)	N 2	43.1	53.7	44.1	53.3	1970年
	4	51.3	56.0	48.7	53.8	11月13日
	6	43.5	50.0	42.9	47.4	
フラクトサン 含 有 率 (%)	N 2	37.5	47.5	26.3	51.7	同上
	4	41.7	47.8	26.4	49.2	
	6	37.5	43.4	26.3	43.8	
TAC含有量 (g / ㎡)	N 2	22	43	42	77	同上
	4	32	62	68	68	
	6	33	44	61	77	

越冬後の春の再生茎数も多かった(第61表)。Or、Mfでは、雪腐大粒菌核病により、春の枯死茎率が高く、とくにMfの4 kgN区以上の場合に顕著であった。

前項の3要素試験および本試験を一括した春の枯死茎率と前年晩秋のTAC含有率との関係(第23図)から、TAC含有率が高い場合には、枯死茎率が低いものと判断された。春の出穂茎数は、11月上旬区で多く、また窒素増施によってもやや多くなる傾向があった。

B. カリ用量試験(第62表)：カリの増施は、株、根の重量割合を高めたが、地上部収量に対する増収効果は認められなかった。カリ増施により原則としてカリ含有率が上昇し、カリ吸収量も増



第23図 秋の各器官のTAC含有率と越冬中の
枯死茎率の関係(1971年春)

加した。TAC含有率に対するカリ増施効果は判然としなかったが、TAC中のフラクトサン割合を高める傾向があった。

(3) 考 察

晩秋草量を効率的に確保するためには、秋の再生草に対して十分な施肥を行うことが必要である。すなわち、9月以降は短日となるが、気温はなお牧草の生育適温にあるため、十分な肥効が期待できる。本試験によると、8月下旬の施肥は9月の再生草量を増大し、その肥効は、グラスに対しては窒素が最大で、一部の草種ではりん酸、カリについても認められ、クローバに対しては、カリが最大で、ついでりん酸であった。

秋の再生草に対する施肥効果は、牧草の生育生

第61表 晩秋と春の茎数および冬枯れによる枯死茎率*

最終刈り	施 用 量 (kg / 10a)	晩秋の茎数 (本 / ㎡)			春の茎数 (本 / ㎡)			出穂茎数 (本 / ㎡)			枯死茎率(%)	
		Ti	Or	Mf	Ti	Or	Mf	Ti	Or	Mf	Or	Mf
10月上旬	N 2	103	93	215	88	59	53	32	0	26	83	40
	4	133	145	273	98	70	117	32	1	14	47	78
	6	134	149	300	125	77	96	22	0	38	74	70
11月上旬	N 2	91	110	266	99	72	193	32	6	196	24	15
	4	124	160	286	132	72	176	54	5	280	59	67
	6	134	170	326	113	87	188	64	13	238	45	63

注) * 晩秋および春の茎数は2年間平均。出穂茎数および枯死茎率は1972年の春の調査結果。

第62表 カリ用量試験の結果

施肥量 (kg/10a)	乾物収量(kg/10a)			K ₂ O含有率(%)			K ₂ O吸収量(kg/10a)			TAC フラクトサン B / A		
	刈取 り部 (T)	株・根 (R)	T / R (×100)	刈取 り部	株	根	刈取 り部	株・根	合計	含有率* (%) (A)	含有率* (%) (B)	A / B (×100)
K ₂ O 0	140	210	67	3.18	2.24	0.31	4.5	2.6	7.1	51.8	35.7	69
4	118	170	69	3.12	2.56	0.34	3.7	2.9	6.6	53.0	34.5	65
8	128	209	61	3.37	2.60	0.38	4.3	3.1	7.4	48.1	39.4	82
16	129	274	47	3.55	2.36	0.35	4.6	3.7	8.3	45.2	36.1	80

注) *葉基の分析値

理からみると当然春や夏の場合とは異なった意義がある。春や夏の施肥は地上部生育量を増大して株、根などの貯蔵器官を減少させる⁶⁾。しかし、秋は短日、低温のため、地上部の生育が鈍化し、貯蔵器官である株、根が肥大し、同時に新分けつの発生が多い。したがって、秋の施肥は地上部収量増大への貢献は、春、夏に比べて小さいが、施肥によって増大した同化産物は、株や根に多く分配され、これら貯蔵器官の肥大を促し、かつ分けつ発生を多くする。

施肥された肥料要素は再生草とともに株、根の要素含有率を高め、吸収量を増加させたが、とくに窒素とカリで明らかであった。株、根中では、窒素は葉基、根、りん酸は葉基、茎基、カリは茎基、地下茎、根などの含有量が増加し、吸収された要素の一部はこれら貯蔵器官に蓄積された。

秋の牧草は、TAC含有率の上昇と、貯蔵器官の肥大によって貯蔵炭水化物を蓄積する。本試験によるとグラスでは8月下旬に3~4 kgN/10 aを施用すると、晩秋のTAC含有率は無窒素に比べてやや低いが、貯蔵器官が肥大するため、TAC蓄積量は大きく増加した。しかし6 kgN/10 aの施用では、TAC含有率の低下とともに、貯蔵器官の肥大は3~4 kgN/10 a施用より少ないため、TAC蓄積量は少なかった。従来、窒素施用は貯蔵炭水化物、とくにフラクトサンを減少させるという報告が多いが、本試験では3~4 kgN/10 aの施用は、晩秋のフラクトサン含有率を低めず、むしろ若干高める例が多かった。グラスに対するり

ん酸やカリ施肥とTAC蓄積との関係は判然としなかったが、カリ施用はTAC中のフラクトサン割合を高める傾向があった。SUZUKI¹⁶⁷⁾は、カリ施用によってフラクトサンの重合度が高まることを報告しているので、8 kg K₂O/10 a程度の施用が必要と思われる。一方、クローバのランナーや根はカリ施用によって増加し、TAC蓄積量を高めたが、窒素は1 kgN/10 aの施用でも減少傾向を示した。したがって、クローバでは、カリを10 kg K₂O/10 a程度、窒素は無窒素ないし1 kgN/10 a程度の施肥が望ましい。

最終刈り時期との関連では、10月上旬利用では施肥によって地上部収量は高まるが、貯蔵炭水化物の蓄積が少なく、利用後の減耗を越冬前までに回復できず、晩秋の面積当たりTAC蓄積量は11月上旬利用の3~6割に過ぎなかった。坂本ら¹⁵⁰⁾¹⁵¹⁾も、10月上旬の刈取りと施肥が貯蔵炭水化物の蓄積を少なくし、翌春の再生にもっとも悪影響を与えたと報告している。

冬枯れと施肥の関係は、年次、草種および利用時期などによって異なるが、一般に窒素の適量施用(3~4 kgN/10 a)のとき、比較的冬枯れが少なかった。早川ら⁵³⁾はOrの雪腐大粒菌核病による被害は、牧草の生理的衰弱が誘因であり、新集草地ではりん酸、経年草地では窒素増施が必要であるとしている。本試験結果では、TAC含有率と冬枯れによる枯死茎率との間には負の相関があり、10月上旬利用や窒素の多用によってTAC含有率が低下すると、冬枯れの被害も増大するもの

と思われた。

春の再生草量に対する8月下旬の施肥効果は、グラスでは窒素の肥効が大きかった。この理由としては、(1)秋の分けつ発生が促進され、春の再生茎数を多くしたこと、(2)株、根が肥大し、貯蔵炭水化物の蓄積が多かったこと、(3)貯蔵器官に蓄積されていた施肥要素が、春の再生に好影響を及ぼしたことなどが考えられる。再生に対する幼分けつの重要性は、REYNOLDSら¹⁴³⁾や名田ら¹²⁰⁾も指摘している。とくに秋に発生した幼分けつは耐寒性や冬枯れ抵抗性¹³⁰⁾があり、越冬性にもすぐれている。また、OrやMfのように低温感温性の大きい草種²⁰⁾では、翌春の出穂茎となるため、春の再生活力が大きい。つぎに、窒素施用によってもたらされた晩秋の株、根の肥大およびTAC蓄積量の増加は、春の再生エネルギーとして有効と思われる。近藤⁹⁴⁾はOrについて、越冬前の茎数、株部量および面積当たりのTAC量などと、春の再生草量との間には、それぞれ高い正の相関があることを認めている。秋の貯蔵器官中に蓄積された施肥要素が、翌春の再生草に有効なことは、さらにV章で詳述する。

クローバでは、8月下旬のりん酸、カリの施肥により翌春の再生草量を高めた。この理由もグラスと同様、ランナーおよび根の生育、貯蔵炭水化物および施肥養分の蓄積などが考えられる。

晩秋における牧草の利用と施肥について、草種ごとの特徴を整理するとつぎの3つに大別される。

(A) 秋の生育が良好なグラス〔Or, Mf, (Tf)〕：施肥効果が一般に大きく、晩秋草量は確保しやすいが、貯蔵炭水化物の蓄積がやや遅い。越冬前までに十分な貯蔵炭水化物を蓄積するため、10月上旬利用や窒素の多用を避ける必要がある。とくに、大粒菌核病などの病害による冬枯れが多いので留意する。

(B) 秋の生育がやや劣るグラス〔Ti, Kb, (Rt)〕：晩秋草量がやや少ないが、施肥効果は認められる。Tiは早くから休眠に入り、貯蔵炭水化物は早期より蓄積される。Kbは秋の生育量はTiよりやや大きい、乾物率が高く現存量は多くな

い。地下茎における貯蔵炭水化物の蓄積はやや遅い。両草種とも耐寒性が強く、大粒菌核病に対する抵抗性も大きいので、10月上旬利用による翌春の草量低下や冬枯れの影響は少ない。

(C) クローバ〔Lc, Wc〕：秋のりん酸、カリの肥効が大きく、LcはWcより秋の生育が良好で、晩秋草量は確保しやすい。貯蔵炭水化物は主としてランナーに蓄積されるが、その蓄積は緩徐で10月上旬利用による翌春の草量低下が大きい。耐寒性に劣り、冬枯れが多いが、春のランナーによる回復が早い。

以上のことから、晩秋利用牧草は、草種の特性に応じて適量の窒素とカリを施用し、草量を確保する。利用時期は、冬枯れの多いOr, Mf, Lcでは10月上旬利用を避け、10月下旬以降に利用する。10月上旬には、十分に施肥したTi, Kbなどを用いる。

3 各種牧草の耐寒性に関する二・三の検討

根刈地方では、OrやMfは冬枯れが多く、翌春の再生草量を低下させ、また積雪地帯に導入されているペレニアルライグラスはほとんど越冬しない。このような冬枯れは、従来土壌凍結による物理的障害⁵³⁾¹⁸⁰⁾や雪腐大粒菌核病などの病害¹⁵²⁾によるとされてきた。また前節までに検討したように晩秋の貯蔵炭水化物蓄積量の不足による生理的衰弱も病害の誘因となり、春の再生不良や枯死を増加する。

一方、本地方では冬期間の積雪が少ないため、厳寒期の牧草は直接、極端な低温に曝されることが多い。したがって、本地方の冬枯れ原因としては、牧草の凍害の影響¹²⁹⁾も懸念される。しかし、わが国では、牧草の凍霜害についての検討はきわめて少なかった。

そこで、本節では、本地方の主要牧草について、(1)秋の初霜害、(2)厳寒期の凍害、および(3)早春における低夜温の影響の3点について検討した。

(1) 晩秋利用牧草に対する初霜の影響 (ポット試験)

試験方法

刈取り後の経過日数を異にしたTi, Or, KbおよびWcの4草種を供試し、人工的に結霜し、そ

の後の再生状態によって結霜の影響を調査した。刈取り後の経過日数は、刈取り直前 (C_0)、刈取り直後 (C_1)、3日後 (C_3)、7日後 (C_7) および 14 日後 (C_{14}) の 5 段階とした。供試牧草は 7 月下旬に経年草地から角型 A ポットおよび 5000 分の 1

第63表 低温室内の温度推移

時 間	午 後				午 前		
	6:00	8:00	10:00	12:00	2:00	4:00	6:00
温度(℃)	1.1	-1.3	-4.6	-5.1	-6.1	-7.0	-2.2

アールポットに移し、あらかじめ処理の 2 回前の刈取り時から調節して、同一再生期間の材料を供試した。9 月中旬以降は、処理前の低温をさけるため、ファイロンハウス内で生育させた。人工結霜は、10 月 1～2 日に低温室内で行ったが、その温度経過は第 63 表に示した。室内は午後 6 時に噴霧して加湿した。

処理後の牧草は全体に凍結したが、下葉の一部を除いては白く結霜しなかった。結霜処理後、角型 A ポットは直ちに 15～20℃ の温室で再生さ

第64表 結霜処理後の茎数変化 (本/Aポット)

草 種	Ti					Or				
	処 理 時 の 茎 数 a	処 理 後 1 週 間 日				処 理 時 の 茎 数 d	処 理 後 1 週 間 日			
		枯死	枯死	再生	茎数		枯死	枯死	再生	茎数
		茎数	割合 b/a	茎数	変化 c/a		茎数	割合 e/d	茎数	変化 f/d
処 理		b	×100	c	×100		e	×100	f	×100
C	94	4	4	193	205	255	17	7	356	140
C_0	116	19	16	104	90	314	93	30	709	226
C_3	165	26	16	69	42	372	49	13	258	69
C_7	81	11	14	68	84	192	9	5	278	144
C_{14}	82	0	0	87	106	317	13	4	375	118

第65表 結霜直後再生の場合の草丈伸長量(cm/11日間)

結霜処理	Ti	Or	Kb	Wc
C	14.0	18.4	16.5	6.5
C_0	9.4	16.9	16.0	7.0
C_3	11.4	13.4	13.1	5.3
C_7	15.7	14.5	16.9	8.5
C_{14}	17.6	19.0	18.5	8.3

せ、5000 分の 1 アールポットは戸外に放置し、越冬させた後、それぞれ再生状態を調査した。

試験結果

結霜処理直後には、大部分の茎葉は凍結により萎凋した。Ti、Or では C_0 区と C_3 区の牧草は枯死茎数が多かったが、再生茎数は C_3 および C_7 区で

少なかった(第 64 表)。処理後の再生は、Ti では C_0 区、他の 3 草種では C_3 区でもっとも強く抑制され、Ti の C_3 区および Or の C_7 区でもやや抑制された(第 65 表)。

結霜処理後、直ちに再生させた場合には、枯死茎数が多く、再生茎数の少なかった C_3 区および C_7 区の再生草量がもっとも少な

第66表 結霜処理が牧草の再生量に及ぼす影響

結 霜 処 理		処理直後再生 (10月21日) [角型 A ポット]				越冬後再生 (1/5000) (5月25日) [a ポット]			
		Ti	Or	Kb	Wc	Ti	Or	Kb	Wc
C ₀ 区の再生乾草収量 (g / ポット)		2.7	16.4	15.0	7.3	0.38	1.20	1.45	1.18
再生草量 割 合 (%)	C ₀	244	74	124	123	74	82	86	113
	C ₀	100	100	100	100	100	100	100	100
	C ₃	30	58	58	107	74	129	74	110
	C ₇	70	36	69	70	79	74	69	66
	C ₁₄	111	55	89	121	74	67	78	246

第67表 低温処理時の牧草の貯蔵器官* におけるTACおよびフラクトサン**含有率(%)

処理時期	項 目	Ti	Or	Mf	Tf	Kb	Rt	Wc	Rc
12月	T A C 含 有 率	58.4	55.6	31.4	44.6	54.3	39.3	35.3	41.0
	フラクトサン含有率	45.9	47.8	16.0	14.1	47.4	13.8	(11.8)	(17.5)
2月	T A C 含 有 率	52.8	59.1	46.0	51.5	40.9	40.2	38.1	36.3
	フラクトサン含有率	44.7	53.5	22.9	18.4	32.3	14.7	(16.1)	(8.9)

注) *貯蔵器官はグラスでは株部、クローバはランナー。

**フラクトサン含有率欄中、() 内は、デンプン含有率。

く、再生草量の多かったOrやKbでは、C₁₄区でもなお処理の影響が強かった(第66表)。Wcでは、C₆区およびC₃区は、再生葉の初期生育が抑制されたが、(第65表)再生草量はC₇区で最低となった。

結霜処理後、戸外で越冬させた牧草は、かなり冬枯れし、Orでは雪腐大粒菌核病による枯死葉が多かった。春の再生草量(第66表)は、C₃区のOrを除いては、上述の処理直後の再生と同様の傾向であった。

(2) 厳寒期における各種牧草の耐寒性(ポット試験)

試験方法

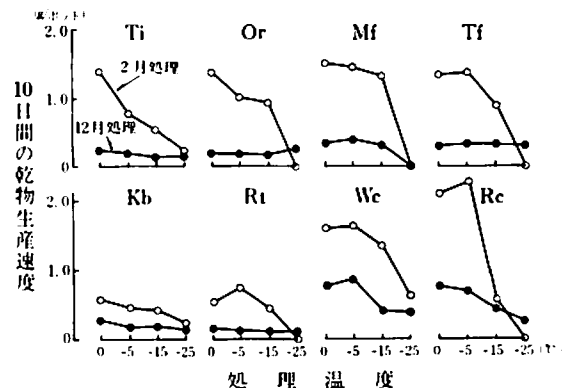
Ti, Or, Mf, Tf, Kb, Rt, WcおよびRcの8草種を供試した。低温処理は、(A)12月16~18日に行ったもの、(B)2月16~18日に行ったものを作り、処理温度は両時期とも0℃、-5℃、-15℃、-25℃の4段階とした。供試牧草は、9月中旬に、2年目の各単播草地より5000分の1アールポットに移植し、11月中旬以降0℃の低温室に移し、極端な低温に遭わないようにした。低温処理は各温度で24時間行ない、直ちに温室(昼間20~22℃、夜間16~18℃)で再生させた。

試験結果

12月処理の場合：処理時の牧草は、なお緑葉の一部が残っており、株部のTAC含有率およびフラクトサンまたはデンプン含有率は十分に高まっていた(第67表)。低温処理後、温室に移すと、凍結した緑葉が枯れ上り、その後新葉の発生がみられた。低温の影響は-25℃ではMfがほとんど枯死し、-15~-25℃ではRc、Wcが生育遅延または一部枯死したが、その他の草種ではほとんど影響がなかった(第26図)。

2月処理の場合：供試牧草は大部分の莖葉が枯

れ、TAC含有率は12月の牧草よりTi, Kb, Rcなどでやや低かったが、なお十分に高い値であった(第67表)。低温処理後、温室に移すと、直ちに新葉が発生し、12月の場合に比べてきわめて良好な再生を示し、その再生速度は数倍であった(第24図)。低温の影響は各草種とも12月の場合より



注) 再生期間は12月処理44日間、2月処理23日間

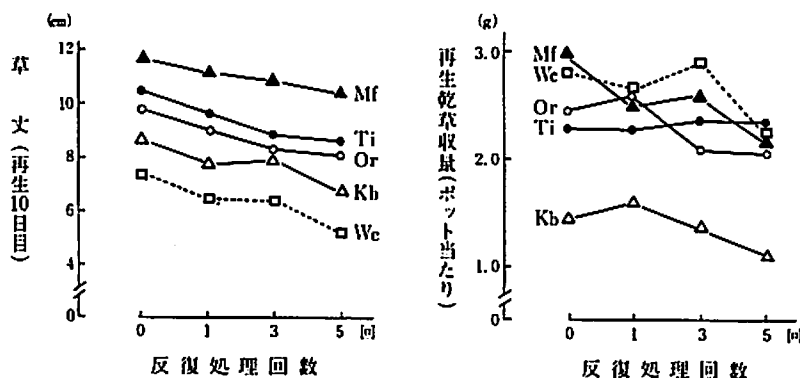
第24図 低温処理後の再生草量

大きく、-25℃でほとんどの草種が枯死し、-15℃ではTi, Or, Wc, Rcなどの再生が遅れ、Rcの一部は枯死し、その他の草種も若干の影響が認められた。

(3) 早春における低夜温の反復が、牧草の再生に及ぼす影響(ポット試験)

試験方法

Ti, Or, Mf, KbおよびWcの5草種について、前年9月12日に5000分の1アールポットに移植し、戸外で越冬させた後、供試した。低夜温の反復処理は、0(無処理)、1、3、5回の4段階とし、昼間はファイロンハウス、夜間は-5℃の低



第25図 低夜温の反復が草丈と再生草量に及ぼす影響

温室に移した。実際の温度経過は、昼間は 10～22℃、夜間は、無処理が 2～8℃、低温処理の場合は -2～-7℃の間で推移した。反復処理後の牧草は温室（昼間 20～22℃、夜間 15～16℃）で、4月25日から5月8日まで再生させた後、刈取り調査した。

試験結果

各牧草とも低夜温の反復処理回数が多いほど初期の草丈伸長が劣り、とくに Wc でその傾向が強かった（第 25 図）。また、再生草量も同様に反復処理回数が多いと減収になったが、Ti では回復が早く、再生草量にはほとんど影響がなかった（第 25 図）。しかし、5月8日の刈取り後、5月25日まで再生させた草量では、各草種とも処理の影響は認められなかった（データは省略）。低夜温の反復処理した牧草（5月8日の刈取り草）では、窒素とリン酸の含有率が低下した（第 68 表）。

第68表 低夜温の反復処理牧草の要素含有率
(乾草当たり%)

反復回数	Ti			Or			Mf		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
0	2.61	0.74	3.60	2.46	0.70	4.44	2.77	1.06	3.54
3	2.35	0.43	4.26	2.09	0.69	4.32	2.06	0.84	2.88
5	2.37	0.49	3.84	2.06	0.66	3.82	2.22	0.93	3.12

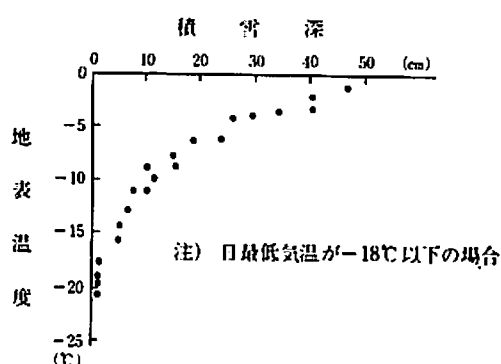
(4) 考察

多年性牧草は秋の短日低温によって、地上部生育が抑制され¹⁸⁹⁾、乾物率が高まり、貯蔵器官の肥大⁵⁾⁴³⁾と貯蔵炭水化物の蓄積⁸⁾¹⁹⁾³⁶⁾⁹⁶⁾が進み、耐寒

性が増大し⁷⁵⁾¹⁴⁶⁾、越冬体制を整える。しかし、牧草を秋に刈取りまたは放牧によって利用すると、この越冬体制への移行が中断される。

秋になると、牧草はまず初霜によって凍害をうける。本試験によると、刈取り後 3～7 日目に初霜に遭った場合、その害がもっとも大きかった。この理由は、刈取り後 3～7 日目の牧草は、主茎の切除によってつぎの分けつが再生し、さらにこの再生のために貯蔵養分が使われて²⁷⁾³⁹⁾¹⁰⁸⁾、もっとも減少している時期に相当し、牧草の耐寒性が低下⁷⁵⁾しているためと推察される。また、地上部茎葉が刈取られているため、株や再生分けつが直接降霜に曝されることになる。これに対して、刈取り後日時が経過し、茎葉が繁茂している牧草では、初霜によって緑葉先端は凍害をうけて萎凋するが、下方の幼分けつは炭水化物濃度が高く、かつ茎葉によってある程度低温から保護され、凍害をうけ難いためと思われる。BAKER⁴⁾は秋の余分な生長は、生長点が高くなり、霜害をうけやすいとしているが、伊藤⁷⁸⁾は十分な茎葉をもつ牧草では -5℃まで障害を少ないとしている。

10月上旬～中旬に刈取った牧草が、翌春の再生が劣るのは、このような早い時期の霜害（当地方の平均初霜日は 10月6日）による分けつ茎の減少とともに、その後の再生不良で、越冬前まで貯蔵炭水化物の回復が益々困難になるためと考えられる。また、本地方では、このような霜害をうけて衰弱した Or や Mf では、雪腐大粒菌核病による冬枯れが多いことは、本試験でも観察された。一方、



第26図 地表温度と積雪深の関係

11月以降の刈取りでは、低温のため再生量が少なく、牧草の耐凍性も増大しているため、霜害は緩和される。

牧草の耐凍性は、秋から冬にかけてハードニングによって漸次増大し、12月から1月に最高となり⁷⁵⁾、その後漸次低下する⁸³⁾。本試験でも12月中旬には、Mf, Rc, Wcなどを除いては、大部分の草種が -25°C に耐えた。ところが、2月中旬の牧草は、12月の牧草に比べて低温の影響が大きく、 -25°C ではほとんどの草種が枯死し、 -15°C でもTi, Or, Wc, Rcの再生が遅れ、明らかに耐

凍性が低下していた。

そこで、本地方の厳寒期の気象条件から、越冬中の牧草がうける低温の程度について考えてみる。一般に積雪が多いと外気温が低下しても地表温度はそれほど低下しない。当地方で調査した結果(第26図)によると、気温が -20°C 程度まで低下したときの地表温度は、積雪10cm以下では $-10\sim-20^{\circ}\text{C}$ 、積雪10~20cmでは、 $-5\sim-10^{\circ}\text{C}$ 、積雪20~25cmでは、 $0\sim-5^{\circ}\text{C}$ であり、積雪の多少によって牧草のうける低温の程度が異なると思われる。

つぎに、当地方の32年間の気象観測値から、1~2月の旬別の積雪深と平均最低気温を調べ、両者の段階別の組み合わせを作り、32年間におけるそれらの出現頻度を整理してみた(第69表)。それによると、積雪が20cm未満の場合は1月の上、中、下旬でそれぞれ20, 12, 11回、2月では同じく7, 5, 6回であった。また積雪20cm未満で、かつ平均最低気温が -15°C 以下の場合は、1月の上、中、下旬でそれぞれ9, 6, 4回、2月では各旬とも2回であった。すなわち、1月上旬~中旬には、地表温度がかなり低下し、越冬中の牧草が明らかに低温の影響をうけるものと推定さ

第69表 根釧地方の1~2月の旬別平均最低気温と積雪深別の頻度分布(回)
(根釧農試1943~1974年の観測値より)

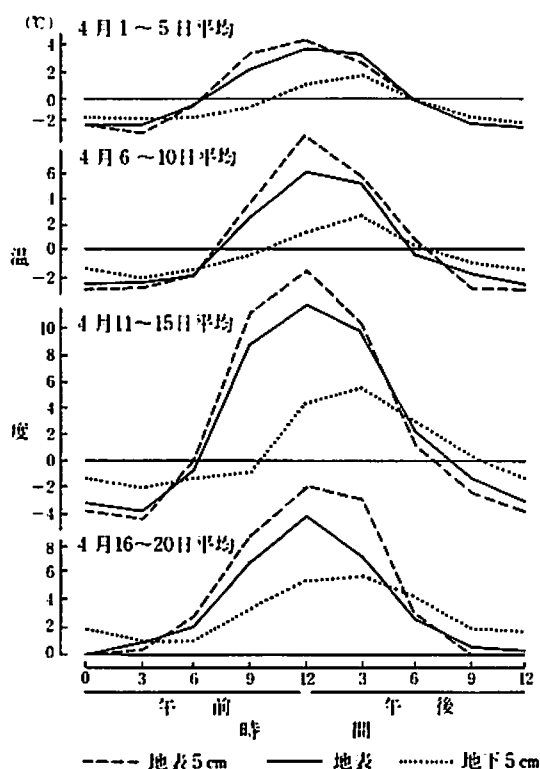
月 別	最低気温 積雪深	1 月				2 月			
		-15°C 以 上	-15°C 以 下	-20°C 以 下	計	-15°C 以 上	-15°C 以 下	-20°C 以 下	計
上 旬	20 cm 未 満	11	9		20	5	2		7
	40 cm 未 満	4	4	1	9	7	7		14
	40 cm 以 上	1	1	1	3	7	3	1	11
	計	16	14	2	32	19	12	1	32
中 旬	20 cm 未 満	6	6		12	3	2		5
	40 cm 未 満	5	6	1	12	7	6	1	14
	40 cm 以 上	5	3		8	5	8		13
	計	16	15	1	32	15	16	1	32
下 旬	20 cm 未 満	6	4	1	11	4	2		6
	40 cm 未 満	3	5	1	9	3	6		9
	40 cm 以 上	4	8		12	9	6	2	17
	計	13	17	2	32	16	14	2	32

れる。最近の調査¹²⁹⁾でも、寡雪年では雪腐大粒菌核病よりも凍害によって冬枯れすることが多いことが確認された。

越冬直前の草丈が高く、越冬中に枯草で十分に覆われている場合（一般にウインターカバーといわれる）には、積雪が若干少なくとも、株部や幼分けつが低温から保護される。すなわち、前述の第44表の調査結果では、Ti, Mf, Kbなどは、越冬前の草丈と翌春の再生草量との間に正の相関があることは、このことを裏付けるものと思う。また積雪が多い天北や道央地方では、春の再生草量は主として越冬前の貯蔵炭水化物に左右される⁵⁾⁹⁴⁾⁽¹⁵⁰⁾が、本地方ではこのような凍害の影響も重要と考えられる。

牧草の耐凍性は、草種⁴⁵⁾や器官¹³⁰⁾によって異なり、また再生原基と地表との相対的位置にも関係する¹³⁰⁾⁽¹⁶²⁾。分けつ型の草種では、幼分けつは地表にあるため低温の影響をうけやすい。Kbの地下茎のような地下器官は一般に耐凍性は弱い、低温の影響をうけにくい¹⁴⁸⁾。Kbの越冬性は良好である。クローバのランナーは、耐凍性が弱く、かつ地表にあって低温の影響をうけやすいため、本地方では冬枯れが多い。しかし、春の回復力が大きい¹⁴⁹⁾ため、影響は少ない。

当地方では、融雪後、土壤凍結が融解するまでは10～15日間を要し、この間草地表面は滞水状態となり、凍結～融解を繰り返す。このような状態を知るため、1968年4月1日より4月20日まで、地表附近の温度を連続的に測定した。その結果（第27図）、4月に入ると昼間の温度は漸次高まり、4月上旬で5℃、中旬で10℃を越え、明らかに牧草生育が可能となった。しかし、夜間は-2℃以下となるため、地表は氷結した。4月中旬以降、ようやく土壤凍結が融けて、それまでの地表停滞水が排除され、同時に夜間温度は0℃以上となり、牧草は一斉に萌芽した。



第27図 早春の草地における地表附近の温度の日変化(1968年)

このような凍結～融解を繰り返す時期の低夜温は、牧草の再生と無機養分の吸収を阻害したが、その影響は一般に軽度で回復も早いことから、春の再生草量にはそれほど障害にならないことがわかった。

牧草の越冬性に関連して、このほかに、播種直後の幼牧草の根や直根性クローバの根などの土壤凍結による浮上や切断が報告されている⁵³⁾⁽¹⁸⁸⁾が、永年放牧草地では比較的影響が少ない。また、近年草地表面の凹地で、冬期に滞水、結氷し、そのために牧草が窒息して枯死するという現象⁴²⁾⁽¹⁶¹⁾があるが、本地方ではなお未検討である。