

V 施肥管理の省力化

従来、牧草に対する施肥法の原則は、早春および利用ごとに追肥する¹⁰⁵⁾¹⁸⁷⁾ことであった。ところが、大規模な永年放牧草地では、1回の追肥作業が1ヵ月以上にも及び、しかも年間数回利用されるため、利用ごとの追肥はほとんど不可能である。したがって、このような草地では、生産性や肥料経済上多少の損失があっても、年間の施肥回数を減少せざるを得ない⁶⁶⁾。しかし、放牧草地に対する省力的な施肥法についての検討はきわめて少なかった。

そこで、本章では、各種牧草に対する施肥時期および施肥回数が、牧草の生産性に及ぼす影響を検討し、それらの結果から永年放牧草地の合理的施肥法を明らかにしようとした。

1 最終利用後の草地に対する秋施肥効果

春の早期放牧のためには、早春追肥により牧草の萌芽、再生を促進する必要がある。しかし、根釧地方では、土壤凍結が融解し、草地が乾燥して機械作業が可能となる時期が遅く、また肥料の搬入さえ困難なため、早期追肥は困難である。そこで、機械作業が容易で、労力的に余裕のある秋の最終利用後、すなわち終牧後の施肥が早春追肥に代替できれば、より現実的な方法⁶⁸⁾である。そこで本節では(1)窒素、りん酸およびカリの秋施肥効果、(2)混播草地に対する窒素およびカリ施用量について検討を加えた。

(1) 窒素、りん酸およびカリの秋施肥効果

試験方法

A試験：Ti単播、Or単播、Lc単播、TiとLcの混播(TL)、OrとLcの混播(OL)の5種の経年草地(2～4年目)について、いずれも9月中～下旬に最終刈り後、10月中旬、11月上旬、11月下旬の3時期(ただし、Lc単播は10月中旬と11月中旬の2時期)に施肥し、それぞれ5月上旬の春施肥と比較した(以下、施肥時期は、10中、11上、11下、5上などと略記)。各施肥時期ごとに3要素(NPK)、無窒素(PK)、無りん酸(NK)、無カリ(NP)および無肥料(0)の5区を設け、Or単播およびOL混播の5上はNPK区のみとした。10a当たりの標準施肥量は、窒素はグラス単播では10kgN、Lc単播および両混播では5kgNとし、りん酸とカリはそれぞれ10kgP₂O₅、10kgK₂Oとし、塩安、過石、塩加で施用した。春の再生草量は6月下旬まで2回調査した。各処理時期は、第70表に示した。

B試験：裸地条件で、A試験の各施肥時期に、各種窒素肥料として硫酸、塩安、尿素、カリ肥料として硫酸、塩加を、1㎡の本枠内にA試験相当量を施用し、経時的に土壤中の無機態窒素と置換性カリを測定した。

試験結果

A試験：10中および11上の窒素施肥は、晩秋のグラスの葉色を濃くし、生育も若干促進した。

第70表 施肥時期および刈取り時期(月・日)

供試草地	施 肥 時 期					刈 取 り 時 期		試験年次
	10中	11上	11中	11下	5上	1番草	2番草	
Ti	10.16	11.6		11.26	5.2	5.26	6.25	1969～1970
Or	10.16	11.6		11.26	5.2	5.18	6.10	1969～1970
Lc	10.15		11.15		4.30	6.2		1970～1971
TL	10.15	11.5		11.25	5.2	5.18	6.16	1969～1970
OL	10.15	11.5		11.25	5.7	5.30	6.23	1968～1969

第71表 グラス単播草地における春の再生草量

草地	施肥区別	1 番草 (乾草kg/10a)				2 番草 (乾草kg/10a)			
		10中	11上	11下	5上	10中	11上	11下	5上
Ti 単 播	NPK	112	86	115	59	欠測	232	257	246
	PK	63	58	93	48	200	119	148	151
	NK	68	65	100	62	177	191	188	228
	NP	86	79	70	53	128	140	95	248
	O		51				91		
Or 単 播	NPK	65	43	61	42	229	235	169	210
	PK	31	30	23		81	73	69	
	NK	87	61	56		200	245	211	
	NP	79	56	39		180	243	204	
	O		28				65		

春の萌芽は一般に秋施肥区が良好で、とくにグラスでは窒素、クローバではカリの施用区で再生が良好であった。

春の再生草量(第71表)は、グラス単播草地では、春の1番草収量は、NPK区では春施肥に比べて秋施肥が勝っており、要素別には窒素の肥効が大きく、りん酸はTiの10中、11上の両区で、カ

第72表 Tiの斑点病による被害*

施肥区別	施 肥 時 期			
	10中	11上	11下	5上
NPK	0.8	0.8	0.8	0.5
PK	3.5	3.5	3.5	2.0
NK	1.0	2.0	2.5	1.0
NP	7.5	8.5	7.5	7.0
O		6.5		

注) なし～激甚を0～10の10段階表示。

第73表 Lc単播草地の春の裸地化率と再生草量

施肥区別	春の裸地化率(%)			1 番草(乾草, kg/10a)		
	10中	11中	5上	10中	11中	5上
NPK	59	16	10	37	133	153
PK	37	7	8	114	108	140
NK	56	15	18	37	86	102
NP	58	31	31	44	66	101
O		27			81	

リはTi、Orの11下区でそれぞれ肥効が認められた。とくにTiのNP区では斑点病の被害が多かった。(第72表)。2番草収量もほぼ同様の傾向であったが、春施肥の効果があらわれ、秋施肥の優位性は認められなかった。Lcの単播では春の裸地化が大きく、再生草量が少なく、とくに10中の窒素施用区で、この傾向が大きかった(第73表)。

混播草地でも全般に秋施肥効果が認められた(第74表)が、グラスに対する肥効が大きいので、マメ科率の低いOL混播で高い肥効を示した。混播の種類や施肥時期によって、各要素の肥効が異なったが、全般に窒素施用によって、マメ科率が

第74表 混播草地における春の再生草量とマメ科率

草地	施肥区別	1 番草乾草収量 (kg/10a)				マメ科率 (%)			
		10中	11上	11下	5上	10中	11上	11下	5上
TL 混 播	NPK	71	83	123	85	24	29	29	33
	PK	70	70	75	52	33	34	45	38
	NK	78	78	109	61	35	27	35	31
	NP	71	93	76	53	30	20	26	32
	O		76				45		
OL 混 播	NPK	211	206	211	176	13	14	11	10
	PK	123	127	152		27	19	27	
	NK	134	125	152		15	14	19	
	NP	187	172	140		16	13	23	
	O		101				18		

第75表 グラス単播草地における越冬前後の莖数
(本/1000cm)

草地	施肥区別	晩秋(12月3日)			春(5月18日)		
		10中	11上	11下	10中	11上	11下
Ti 単 播	NPK	109	87	74	380	294	218
	PK	89	61	62	272	200	232
	NK	93	77	72	322	244	197
	NP	96	74	65	296	194	180
	O		64			198	
Or 単 播	NPK	125	101	105	370	224	252
	PK	79	82	81	202	216	179
	NK	119	99	89	364	232	194
	NP	124	78	69	393	202	164
	O		81			223	

低下した。

一般に秋施肥によって、グラスの分けつ発生が促進され(第75表)、晩秋および早春の茎数が増加し、とくに10中区、窒素施用区でこの傾向が大きく、カリ施用区でも若干の茎数増加を認めた。

秋施肥された牧草の各要素含有率(第76表)は、秋のうちから高まり、その影響は翌春の再生草にまで及んでいた。すなわち、10中区のOrでは、生育促進とともに窒素含有率の上昇が顕著であり、Tiの生育は促進されなかったが、3要素とも含有率が上昇した。

春の再生草の要素吸収量(第77表)についてみると、秋施肥区では、春施肥区に比べて、Tiの窒素、りん酸、カリ、Orの窒素カリなどの吸収量が多かった。

第76表 秋施肥区の牧草の要素含有率(乾草当たり)

草地	要素	施肥 区 別	11月15日 調 査		5月18日調 査			
			10中	11上	10中	11上	11下	5上
Ti 単播	N	PK	3.83	3.46	5.00	4.61	4.43	4.67
	(%)	NPK	4.81	4.09	5.38	5.96	6.28	6.28
	P ₂ O ₅	NK	1.00	0.78	0.71	0.76	0.98	0.88
	(%)	NPK	1.20	1.15	1.20	1.21	1.15	0.96
	K ₂ O	NP	1.97	2.01	2.01	2.12	2.23	2.86
	(%)	NPK	3.33	3.06	2.65	3.80	3.87	4.18
Or 単播	N	PK	1.50	2.59	1.86	3.88	3.82	3.90
	(%)	NPK	5.01	3.37	5.34	6.08	5.98	5.84
	P ₂ O ₅	NK	0.84	0.81	0.82	0.99	0.82	1.13
	(%)	NPK	0.99	0.95	0.94	1.09	1.12	1.25
	K ₂ O	NP	2.82	3.60	5.00	5.76	5.40	4.95
	(%)	NPK	3.33	3.93	5.50	5.60	6.00	5.70

第77表 グラス単播草地の1番草の要素吸収量
および秋施肥肥料の利用率

項目	要素	Ti 単播				Or 単播			
		10中		11上		10中		11上	
		10中	11上	11下	5上	10中	11上	11下	5上
NPK区の	N	5.0	3.6	5.6	2.9	3.5	2.6	3.7	2.5
要素吸収量	P ₂ O ₅	1.1	0.8	0.8	0.7	0.5	0.4	0.5	0.5
(kg/10a)	K ₂ O	3.1	2.9	3.8	2.1	3.6	2.4	3.7	2.4
肥料利用率	N	31	18	30	13	29	15	27	-
(%)	K ₂ O	20	19	29	11	-	-	16	-

秋施肥により、各草種とも貯蔵器官中の要素含有率(第78表)が上昇し、とくにTiの球茎、根の3要素、Orの葉基の窒素、Lcのランナー、根のカリ含有率が高まった。また、一般に施肥によって、TAC含有率は低下したが、施肥後の再生が少なかった11上区では影響が小さかった。

秋施肥したグラスでは、晩秋の株、根重量が減

第78表 10月中旬施肥区における晩秋の貯蔵器官の
要素含有率およびTAC含有率(乾物当たり)

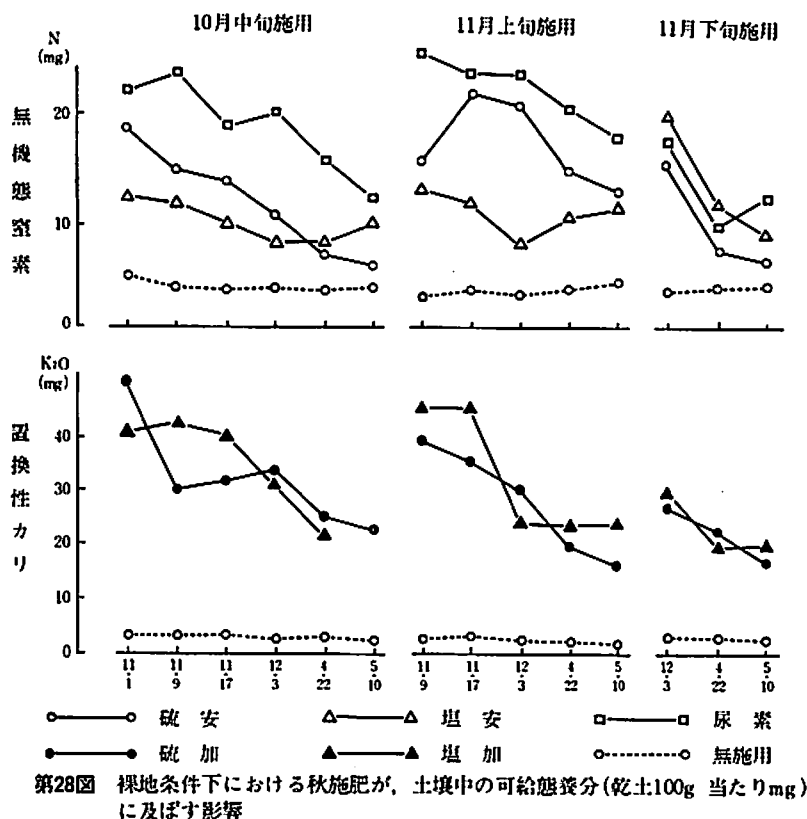
項 目	施 肥 区 別	Ti 単 播			Or 単播		Lc 単播	
		茎基	球茎	根	葉基	根	ランナー	根
N (%)	PK	2.66	0.52	0.14	0.53	0.03	3.86	3.62
	NPK	3.66	0.92	1.10	2.78	0.03	4.10	3.84
P ₂ O ₅ (%)	NK	0.29	0.64	0.60	0.40	0.58	0.31	0.29
	NPK	0.52	0.95	0.81	0.40	0.54	0.37	0.45
K ₂ O (%)	NP	1.71	0.69	0.31	2.51	0.45	0.97	1.27
	NPK	2.75	0.69	0.78	2.33	0.46	1.32	1.80
TAC (%)	O	44.0	40.0	23.3	67.0	18.9	18.1	12.9
	PK	37.5	35.8	21.5	57.5	21.5	16.8	11.8
	NK	43.3	38.9	18.9	46.8	17.5	11.8	9.5
	NP	33.9	40.0	17.8	38.0	15.5	11.4	8.6
	NPK	32.9	40.8	14.8	42.8	16.5	13.7	8.8

注) 試料採取は、Ti、Orは1969年12月3日、Lcは1970年11月26日。

第79表 晩秋における貯蔵器官重量および
要素吸収量*

項 目		施 肥 区 別	Ti 単播		Or 単播		Lc 単播	
			10中	11上	10中	11上	10中	11中
貯蔵器官 重 量 (g)		O	12.7		11.8		9.2	
		PK	5.9	7.6	7.7	9.5	10.4	11.4
		NK	6.3	10.0	9.1	8.2	9.3	9.1
		NP	8.9	5.7	9.0	10.5	8.1	8.5
		NPK	9.3	12.0	5.0	8.0	12.1	10.8
要 素 吸 収 量	N	PK	61	29	29	6	819	610
	(mg)	NPK	183	168	97	107	558	699
	P ₂ O ₅	NK	35	48	45	38	38	31
	(mg)	NPK	64	81	22	40	55	45
	K ₂ O	NP	61	52	95	138	138	71
	(mg)	NPK	146	155	147	157	205	170

注) 試料採取は第78表に同じ。*Ti、Orは100茎当たり、Lcはランナー1m当たり。



少し(79表), とくに Ti は 10 中区の無窒素(PK), 11 上区の無カリ(NP), Or では 10 中および 11 上区の 3 要素(NPK)などでこの傾向が大きかった。しかし、貯蔵器官中の要素吸収量(第 79 表)は、Ti では窒素, リン酸, カリ, Or では窒素, Lc で

はりん酸, カリなどが, 当該要素の施肥によって増加した。

秋施肥した草地土壌では, 晩秋および早春の可給態養分含量が多く, 各要素とも施肥の影響が認められた(第 80 表)。

B 試験: 秋施肥した窒素やカリは, 土壌中で秋から越冬中に若干減少したが, 早春でも明らかに無施肥区より高含量であり(第 28 図), 秋施肥肥料の一部は, 春まで土壌中に保持されていた。肥料の種類では, 尿素がやや高い値で推移し, 硫加と塩加では差が小さかった。

(2) 混播草地に対する窒素およびカリ施用量の影響

試験方法

Or, Mf 主体の 5 年目混播草地を供試し, 9 月 30 日に最終刈りし, 10 月 15 日(10 中)と 11 月 15 日(11 中)の 2 時期に秋施肥し, 春施肥(4 月 30 日)と比較した。各施肥時期について窒素施用量を 0, 3, 6, 9 kgN/10 a, カリ用量を 0, 5, 10, 15 kgK₂O/10 a とした。当該要素以外の共通施肥

第80表 秋施肥土壌中の可給態養分量*
(乾土 100g 当たり)

要素	施肥区別	11月15日測定		5月6日測定		
		10中	11上	10中	11上	11下
N (mg)	PK	5.9	4.8	6.4	7.3	6.8
	NPK	6.8	21.5	9.7	12.7	10.7
P ₂ O ₅ (mg)	NK	2.4	1.9	2.9	2.6	1.7
	NPK	2.8	5.0	3.0	3.6	2.8
K ₂ O (mg)	NP	13.7	15.9	18.9	15.0	14.6
	NPK	25.0	34.2	24.9	23.4	21.8

注) * 分析値はTi 単播とOr 単播の平均値

** N: 無機態窒素 (NO₃-N と NH₄-N の合量)

P₂O₅: 2.5% 醋酸可溶, K₂O: 置換性K₂O

第81表 春の裸地割合と再生草量

試 験	施 肥 量 (kg/10a)	裸 地 割 合 *			1 番 草 の 乾 草 収 量 (kg/10a)		
		10中	11中	4下	10中	11中	4下
窒 素 用 量	N 0	1.7	1.3	2.0	39	32	43
	3	3.7	2.4	1.8	94	61	48
	6	3.7	3.3	1.3	120	77	39
	9	3.9	3.0	2.2	82	87	69
カ リ 用 量	K ₂ O 0	3.5	3.0	2.2	93	69	70
	5	3.7	2.4	1.8	94	71	48
	10	3.7	3.3	1.3	120	77	39
	15	3.3	3.1	1.6	89	49	44

注) *裸地割合は観察による面積割合で10段階表示。5月17日調査。

は、10 a 当たり、3kgN、10kgP₂O₅ および 5kgK₂O とした。春の再生草量は 5 月 26 日に刈取り調査した。

試験結果

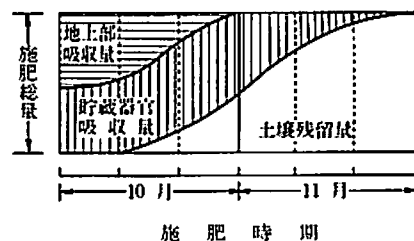
秋施肥区の牧草はいずれも早春の再生が良好で、とくに窒素では 6～9 kgN 区、カリでは 10～15 kgK₂O 区の生育が勝った。しかし秋施肥の 0 kgN 区を除いては、一般に冬枯れが多く、春の裸地割合が大きかった (第 81 表)。

春の再生草量は全般に 10 中区で勝り、6 kgN および 10 kgK₂O 区でもっと高収となった。

窒素およびカリ含有率 (第 82 表) は、当該要素の施用量増加に伴って上昇したが、吸収量は収量と同傾向であった。秋施肥肥料の見かけの利用率は、10 中の 3～6 kgN 区では 60% 前後となっ

第82表 再生草の要素含有率、吸収量および肥料利用率

要 素	施 肥 量 (kg/10a)	要素含有率 (%)			要素吸収量 (kg/10a)			肥料利用率 (%)		
		10中	11中	4下	10中	11中	4下	10中	11中	4下
N	0	3.15	3.48	3.46	1.23	1.11	1.49	—	—	—
	3	3.44	3.89	4.07	3.23	2.37	1.95	67	42	15
	6	3.89	4.06	4.25	4.67	3.13	1.66	57	34	3
	9	3.93	4.21	4.76	3.22	3.66	3.28	22	28	20
K ₂ O	0	1.91	3.96	3.78	1.78	2.73	2.65	—	—	—
	5	2.84	4.04	4.92	2.66	2.46	2.36	17	—	—
	10	3.12	4.16	5.08	3.74	3.06	1.98	20	3	—
	15	3.50	4.01	5.24	3.12	1.98	2.31	9	—	—



第29図 秋施肥時期と越冬前の肥料の存在割合(模式図)

たが、カリでは全般に低かった。

(3) 考 察

牧草に対する従来の施肥法は、つぎの牧草再生に必要な養分を補給することを原則としていたため、秋の最終利用後に追肥することは考えられなかった。しかし、牧草が越年性であるという観点からは、晩秋の追肥によって翌春の牧草再生を良好にすることが期待される。なお、ここでいう晩秋の施肥は前述のⅣの2で述べた晩秋利用牧草に対する施肥に対して、9月末に最終利用した草地 (従来、当地方の終牧限界は9月末であった) に、10月以降に施肥するもので、施肥時期が遅いことおよび施肥後利用しないことの2点で異なっている。

本試験の結果では、最終利用後の秋に施肥すると、翌春の牧草再生を早め、5月中の再生草量は慣行の春施肥より明らかに多くした。この理由としては、(1)秋施肥した肥料が、秋のうちから牧草の地上部および貯蔵器官に吸収され、グラスでは分けつ発生の促進および貯蔵器官の肥大に貢献したこと(2)貯蔵器官に蓄積された施肥要素が、春の再生時に有効に利用されること、(3)施肥要素の一部が土壌中に残留、保持されて、それが早春の牧草に吸収利用されることの3つが考えられる。したがって、秋施肥した肥料の越冬前の存在割合 (第 29 図) は施肥時期によっても異なってくる。一般に秋の早い時期の施

肥では、気温がなお牧草の生育適温にあるため、地上部の生育に伴って施肥成分が吸収され、株根の肥大や分けつ発生の促進に貢献する。とくに秋の生育良好な Or ではこの傾向が大きい。一方、牧草生育がほとんど停止した遅い時期では、施肥成分は若干吸収され、株根などの貯蔵器官に保持されるが、大部分は土壌中に残留する。この傾向は秋の再生量が少ない Ti で大きい。このように秋の牧草に吸収される施肥成分は、施肥時期や草種の晩秋の生育特性によって異なるが、翌春の再生草量に対する効果は秋の早い時期の施肥が有利であった。

秋施肥した肥料は、施肥時期が遅いほど牧草による吸収が少なくなり、土壌中に多く残留する。このような残留肥料成分の一部は、翌春までに溶脱する危険性があるが、溶脱の多少は降水量³²⁾、土壌の種類¹¹⁾および肥料の種類^{9,11)}などに影響される。森ら¹¹⁾は十勝地方の火山灰土壌では、秋の施肥窒素は翌春までかなり良く保持され、とくに尿素や燐安では溶脱が少ないとしている。根釧地方の火山灰土壌でも同様に窒素は春まで保持され、尿素でこの傾向が大きかった。本地方の腐植質火灰土のカリ保持力は弱い、本試験の範囲では、カリも春までかなり保持されていた。したがって、春まで土壌中に残留した肥料は、牧草の再生に有効に働くものと推定される。

このような秋施肥は、上述のように秋の牧草の栄養条件の変化を伴うので、既に IV の 2 で述べたように、牧草の越冬性とも関連する。本試験でも Or や Mf は、秋の窒素やカリの多用で冬枯れが多くなり（主として雪腐大粒菌核病による）、裸地割合が高まった。一方、早期に追肥して、越冬前の草量を増大すれば、ウインターカバーを多くし、低温の影響を小さくする。

クローバに対する秋施肥効果は、りん酸とカリについて認められるが、窒素はマイナスに働く。したがって、混播草地に対する秋施肥では、窒素施用量に留意する必要がある。

以上のことから、最終利用後の秋施肥は、10 月上旬～中旬の早い時期に行い、施用量は窒素については越冬性を考慮して、グラス主体草地では 6

kgN/10 a 程度、混播草地では 2～3 kgN/10 a とし、カリは 5～10 kgK₂O/10 a が適当と推定される。

2 施肥時期および年間施肥回数が牧草生産に及ぼす影響

永年放牧草地では、施肥の省力化のため、できる限り年間の施肥回数が少ないことが望ましい。そこで本節では、(1)施肥回数の減少が生産性に及ぼす影響、(2)施肥回数が少ない場合のもっとも効果的な施肥時期について検討し、とくに放牧草地の季節生産性の平均化について留意した。

1) 施肥回数の減少が生産性に及ぼす影響

試験方法

Ti と Lc (TL), Rt と Lc (RL), Kb と Lc (KL) の 2 草種混播および Ti, Rt, Kb, Lc, We の 5 草種 (5 種) の混播、合計 4 種の草地を供試した。年間 4 回刈りとし、施肥回数は春 1 回、春と 2 番刈り後の 2 回および春と各刈取り後 (最終刈り後を除く) の 4 回の 3 区とした。年間施肥量を一定とし、10 a 当たり、4 kgN, 5 kgP₂O₅, 10 kgK₂O をそれぞれ塩安、過石、塩加で施用した。早春施肥は、1 年目 5 月 9 日、2 年目 4 月 25 日、刈取り調査は、1 年目 5 月 23 日、6 月 19 日、7 月 13 日、9 月 1 日、2 年目は、6 月 3 日、6 月 27 日、8 月 4 日、9 月 20 日のそれぞれ 4 回であった。

試験結果

年間収量 (第 83 表) : 施肥回数の減少の影響は、混播の構成草種によって異なり、年間収量は、4 回区を 100 とすると、春 1 回および 2 回はそれぞれ TL は 112.102, RL は 102.103, KL は 103.82、5 種は 95.102 であり、TL の春 1 回は高収であ

第83表 年間乾草収量 (2 年間平均)

施肥回数	混播区全収量 (kg/10a)				混播中のグラス収量 (kg/10a)			
	TL	RL	KL	5種	TL	RL	KL	5種
春1回	627	558	573	546	411	231	262	365
2回	574	562	459	585	345	219	160	380
4回	562	546	559	576	348	208	195	339

第84表 マメ科率 (2年間の平均)

施肥回数	年間平均マメ科率 (%)				1~2番草の平均マメ科率 (%)			
	TL	RL	KL	5種	TL	RL	KL	5種
春1回	34	59	54	33	24	38	51	31
2回	40	61	65	35	37	40	55	34
4回	38	62	65	41	28	47	60	36

り、KLの2回は減収した。しかし、同様に混播中のグラス収量についてみると、TLは118.99, RLは111.105, KLは134.82, 5種は108.112で、いずれも春1回が高収となった。2回区はKLの全収量、グラス収量とも減収し、5種のグラス収量はやや高収であったが、TL, RLでは4回区と変わらなかった。

マメ科率(第84表): 年間収量とグラス収量からも明らかなように、年間の平均のマメ科率は春

1回施肥が全般に低い傾向があり、とくに1~2番草でこの傾向が大きかった。

要素含有率(第30図): 一般に牧草の要素含有率は施肥直後に高まり、吸収量も増加するが、刈取り後無追肥の場合は、漸次低下し、収量とともに吸収量も少なくなった。

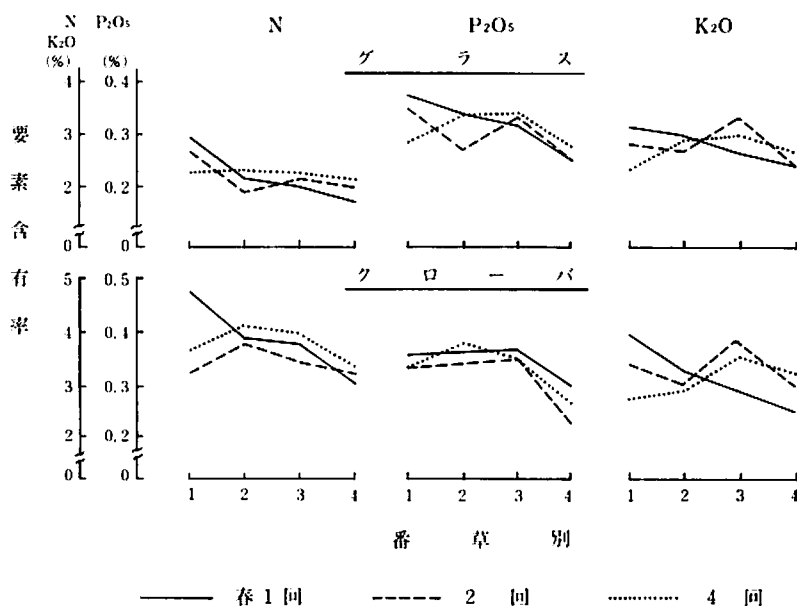
(2)各種牧草に対する時期別施肥効果

試験方法

Ti, Or, Mf, Kb および Lc の5草種の各単播(条播)を供試し、年間施肥量を一定として、年間1回および年間2回施肥区を作った。1回施肥区はさらに施肥時期を5月、6月、7月、8月の4区に分け、2回施肥区は5~8月区と、7月~10月区の2区に分け、いずれも各月初旬に施肥した(第85表)。10a 当たり年間施肥量は、グラスには、N, P_2O_5 , K_2O を各10kg, クローバにはNを5kg,

第85表 施肥および刈取り期日

年次	施肥期日(月・日)					刈取り期日(月・日)			
	5月	6月	7月	8月	10月	1番草	2番草	3番草	4番草
1年目	4.30	6.1	7.1	8.1	10.16	6.1	6.30	7.31	8.31
2年目	4.27	6.1	7.3	8.2	10.11	6.1	7.2	8.1	9.3
3年目	5.2	6.3	7.3	8.1	—	6.3	7.3	8.1	9.2

第30図 各刈取りごとのN, P_2O_5 , K_2O 含有率(5種混播, 1年目)

P_2O_5 , K_2O を各 10 kg とし、1 回施肥区では全量を 1 回に、2 回施肥区では半量づつを分施した。刈取りは原則として各月末に年間 4 回行った（第 85 表）。

試験結果

年間収量（第 86 表）：1 回施肥区では、年次や草種によって若干異なったが、Ti, Kb, Lc では 5 月施肥区, Or, Mf では 6 月または 7 月施肥区が高収となり、8 月施肥区は全般に低収であった。2 回施肥区の 5～8 月施肥区は、Ti, Kb では、5 月施肥区, Or, Mf では 5 月および 6 月施肥区に劣ったが、Lc では 1 回施肥の各区より高収であった。7 月～10 月施肥区では、Ti では 5～8 月施肥区よりやや低収となったが、Or, Mf, Kb などでは、5

～8 月施肥区より高収で、5 月または 6 月施肥区に近い高収を得、とくに Kb では最高収量となった。Lc でも 5～8 月施肥区とともに最多収を示した。

刈取りごとの収量分布割合（第 31 図）：各施肥区について、季節生産性を検討するために、年間収量に対する刈取りごとの収量分布割合をみた。

1 回施肥区のグラスの場合には、5 月または 6 月施肥区では、年間収量の 5～8 割が 1～2 番草によって占められ、7 月または 8 月施肥では、年間収量は低くなるが、後半の 3～4 番草が多くなった。しかし、Lc では、6 月施肥区の 1 番草がやや少なかった以外は、刈取りごとの収量分布割合の片寄りが少なかった。一方、2 回施肥区のグラス

は、1 回施肥区よりも刈取りごとの収量分布割合が平均化していた。5 月～8 月施肥区では、5 月の半量施肥によって、1～2 番草収量割合が 50% を越えたが、5 月の 1 回施肥区ほどにはならなかった。これに対して 7～10 月施肥区では前年 10 月の半量施肥によつて、1 番草は 5 月施肥区、

5～8 月施肥区について高収となり、さらに 7 月の半量施肥で 3 番草以降の収量が高められたので、刈取りごとの収量分布割合はもっとも平均化された。このような刈取りごと収量の変異係数をみると、1 回施肥区では、Ti は 7 月、8 月、Or, Mf は 7 月、5 月、Kb は 6 月、8 月、Lc は 5 月、6 月の各施肥区で小さかった。Or, Mf は毎春若干の冬枯れがあったため、5 月施肥区の 1 番草に対する増収効果が少なかったためであ

第86表 施肥時期別の年間乾草収量

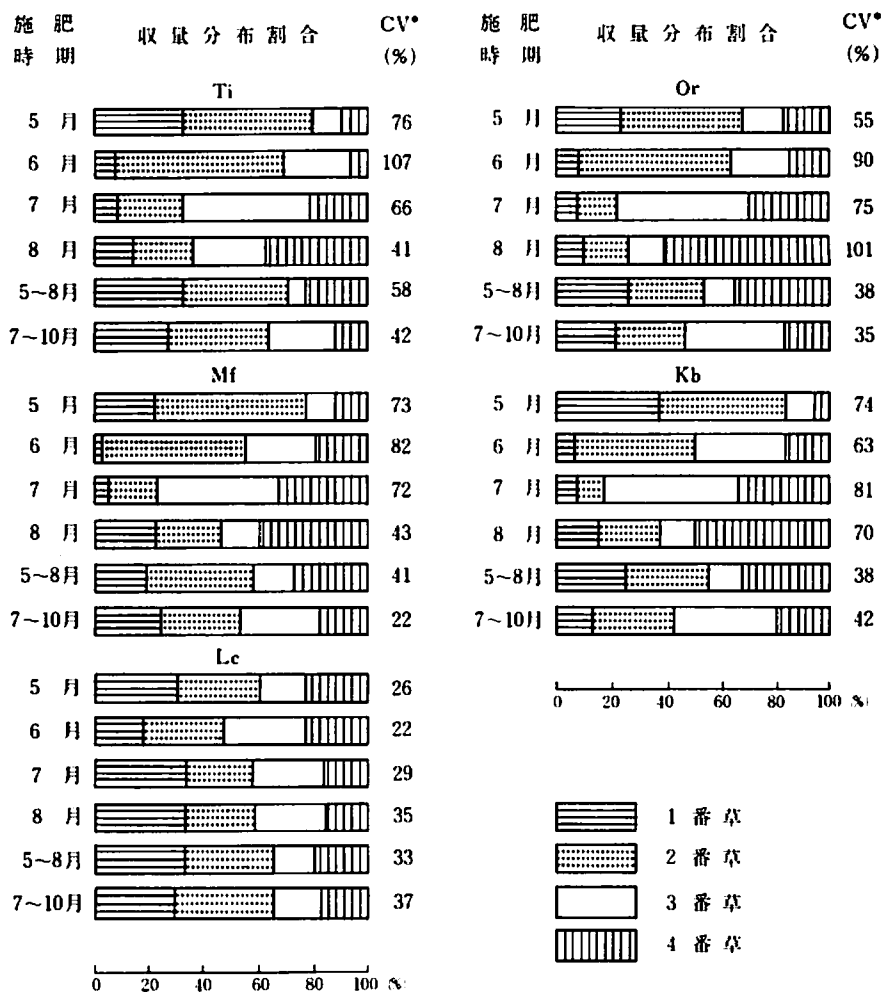
項目	施肥時期	1 年 目*					2 ～ 3 年 目 平 均				
		Ti	Or	Mf	Kb	Lc	Ti	Or	Mf	Kb	Lc
年間収量 (kg/10a)	5 月	560	554	588	555	630	429	390	361	427	420
	6 月	485	570	544	532	579	354	437	379	292	346
	7 月	455	568	674	477	529	275	338	286	363	324
	8 月	452	481	534	483	519	291	323	256	280	399
	5～8 月	485	545	575	525	596	404	373	298	423	449
	7～10月	404	474	429	387	481	378	437	347	497	451
同上 収量割合	5 月	115	102	102	106	106	106	105	121	101	94
	6 月	100	105	95	101	97	88	117	127	69	77
	7 月	94	104	117	91	89	68	91	96	86	72
	8 月	93	88	93	92	87	72	87	86	66	89
	5～8 月	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	7～10月	83	87	75	74	81	94	117	116	117	100

注) * 1 年目の 7～10月区の収量は 7 月の半量施肥の効果しか含まれていない。

第87表 1 番草の乾草収量に及ぼす前年施肥の影響（春無施肥の場合）

施肥時期	2 年目の 1 番草乾草収量 (kg/10a)					3 年目の 1 番草乾草収量 (kg/10a)				
	Ti	Or	Mf	Kb	Lc	Ti	Or	Mf	Kb	Lc
6 月	19	17	8	16	41	20	9	8	20	83
7 月	16	22	15	12	87	25	26	9	33	131
8 月	35	28	34	23	89	57	32	79	53	170
7～10月	120	90	95	62	92	85	89	77	73	167
5～8 月*	135	74	49	50	101	132	119	68	140	184

注) 5～8 月施肥区は早春に半量追肥してあるが、比較のため併記した。



注) *CVは刈取りごと収量の変異係数

第31図 年間収量に対する刈取りごと収量分布割合(2~3年目平均)

る。一方、2回施肥区は、ほとんどの場合1回施肥区より小さい変異係数を示し、とくに Ti, Or, Mf では最小であった。

なお、春の1番草収量は、5月施肥区を除くと、前年の施肥時期が遅いほど高収となり、10月の半量施肥は、5月の半量施肥(5~8月施肥区)に近い収量となった(第87表)。また Or, Mf の7~10月施肥区では冬枯れが少なく、1~3番草は5~8月施肥区より高収で推移し、前節の晩秋施肥効果が確認され、これが季節生産性の平均化と年

間収量の高収の原因になっていた。

グラスの基数(第88表): 一般に施肥によって増加し、その割合は5月または6月施肥よりも、7月または8月施肥で大きい傾向があった。しかし、このような基数増加も、その後施肥しないと漸減する。一方、7~10月施肥は、1番草では5月施肥以上の基数があり、2番草で若干減少するが、7月施肥でふたたび増加し、4番草での減少は少なかった。また、春の1番草の基数は、前年の施肥時期が遅いほど多く、これが上述の1番草

第88表 施肥時期別の茎数推移（条播の畦長20cm当たりの本数）

草種 調査*	施肥時期	Ti				Or			
		6.1	7.2	8.1	9.3	6.1	7.2	8.1	9.3
5 月		130	140	85	104	124	118	56	77
6 月		63	121	100	102	81	129	126	96
7 月		88	75	179	150	105	115	153	109
8 月		98	98	91	143	102	85	63	158
5～8月		116	80	71	122	110	108	56	150
7～10月		143	95	109	96	140	103	146	107

注）＊調査日で月・日を示す。

収量が多い1因と思われた。

要素含有率（第89表）：一般に各草種とも施肥によって、牧草中の要素含有率が高まり、5月施肥は1番草の窒素、りん酸、カリ、6月以降の施肥では窒素、カリの含有率が高まった。カリ含有率は施肥直後の再生草のみで上昇し、つぎの再生草では急激に低下する特徴があった。前年秋の施

肥区では、1番草の窒素、カリの含有率が高く、既述の晩秋施肥と同様であった。要素吸収量は収量に支配され、同様の傾向であったため、データは省略した。

(3) 考 察

牧草は季節によって特有の生育生理があり、また草種によってそのパターンも異なっている³⁾²¹⁾。したがって放牧草地の施肥もこのような周年の生育過程に基づいた施肥法がより合理的であろう。

公共牧場の放牧草地では、従来放牧終了ごとに追肥できないことから、早春あるいは春と7月中旬～下旬の2回に追肥することが多かった。この方法は従来の採草用牧草に対する追肥法の概念を適用し、単に施肥回数を機械的に減らしたに過ぎない。このような施肥法では、本試験でも明らかに、春のグラスの草量を高めてスプリングフラッシュを強調し、マメ科率を低下させる。さらに8月以降はグラスの生育が衰退し、クロー

第89表 代表草種の要素含有率（2年目、乾草当たり）

項目	施肥時期	Ti				Lc			
		1番草	2番草	3番草	4番草	1番草	2番草	3番草	4番草
N 含有率 (%)	5 月	3.51	1.90	2.25	2.41	3.96	3.80	4.16	2.09
	6 月	2.00	3.24	2.34	2.34	4.64	4.23	4.25	2.37
	7 月	2.04	1.69	3.59	2.57	4.00	4.05	4.20	2.86
	8 月	1.88	1.50	2.37	3.33	4.26	3.95	4.01	4.09
	5～8月	2.35	1.09	2.36	2.57	4.26	3.70	4.18	3.11
	7～10月	2.54	1.82	3.38	2.30	4.59	3.98	4.48	2.48
P ₂ O ₅ 含有率 (%)	5 月	0.79	0.53	0.83	1.46	0.74	0.71	0.82	0.84
	6 月	0.50	0.65	0.68	1.34	0.65	0.86	0.91	0.84
	7 月	0.58	0.57	0.83	1.02	0.54	0.77	0.99	0.82
	8 月	0.56	0.48	0.77	0.90	0.62	0.75	0.82	0.92
	5～8月	0.65	0.53	0.84	0.97	0.63	0.77	0.92	0.95
	7～10月	0.55	0.46	0.84	1.05	0.64	0.75	0.84	0.94
K ₂ O 含有率 (%)	5 月	2.89	1.83	2.31	2.55	1.57	1.84	2.10	2.21
	6 月	1.74	2.45	2.59	2.60	0.52	2.31	1.61	2.34
	7 月	1.74	1.72	3.29	2.50	0.75	0.80	3.22	2.35
	8 月	1.65	1.79	1.88	3.63	0.57	1.29	1.72	3.47
	5～8月	2.16	1.82	2.31	2.48	1.29	1.53	1.63	2.80
	7～10月	2.12	2.00	3.39	2.96	1.57	2.01	3.02	2.60

バが優占し、年間収量は高くとも季節生産性が片寄り、かつマメ科率の変動も大きいので、放牧草地としては好ましくない方法であった。

そこで、本試験では、まず主要な草種に対する施肥時期別の肥効について検討し、草種別の季節的生育特性との関連をみた。その結果を模式的に示すと、第32図のとおりである。

当地方の早春追肥は土壤凍結の融解後、圃場が乾燥した5月初旬に行なわれる。このような5月施肥（初旬に行う施肥、以下同様）は、5月の再生草の草量と茎数増加に若干寄与するが、大部分は5月末から6月の節間伸長期の牧草生育に利用され、肥効は大きい、スプリングフラッシュを

強調する。したがって7月以降の再生草に対する残効は小さい。

6月施肥は、各草種とも節間伸長期に当たるため地上部に対する肥効は高いが、5月施肥同様スプリングフラッシュを大きくする。しかし、分けつ発生が少ないので、茎数増加への肥効は期待できない。肥料利用率が高く、7月以降への残効は少ない。

7月施肥は、5月または6月施肥よりもやや肥効が小さい。すなわち、節間伸長期の利用で大部分の主茎が切除され、後発分けつ茎を主体とした栄養生長に移り、生産速度が低下するためである。施肥量が多いと土壤中に残留し、8～9月の再生草に吸収される。

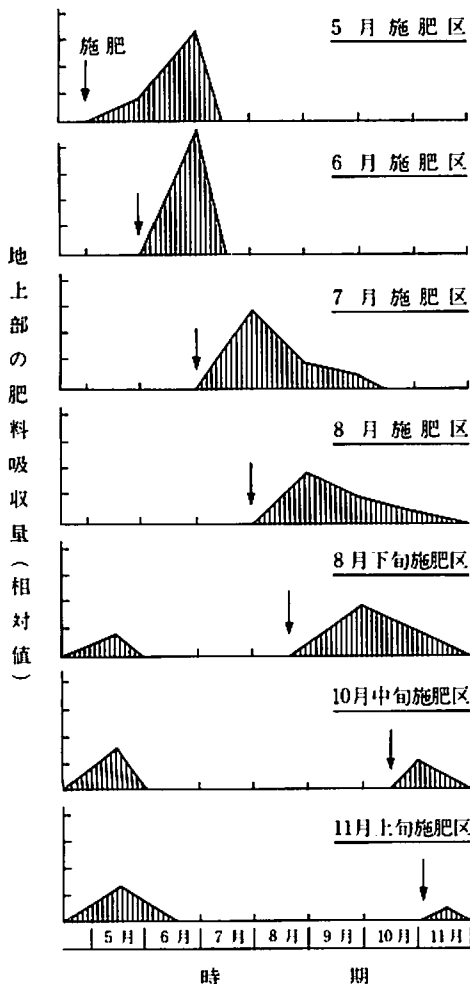
8月施肥の肥効はさらに低下する。すなわち、7月下旬から8月上旬までは高温となり、クローバの生育はやや良好であるが、グラスの生育量が少なく、肥料の一部は土壤中に残留し、9月以降の再生草に吸収される。暖地では夏期の施肥が多いが、高温のための夏枯れを多くするが、冷涼な本地方ではその懸念はない。

8月下旬施肥（晩秋利用草地に対する施肥）は、9月の再生草量および茎数を増加させ、さらに貯蔵器官の肥大と貯蔵炭水化物の蓄積を促進して、翌春の草生にも好影響を及ぼす。

10月以降の秋施肥は、一部は貯蔵器官に、一部は土壤中に残留して、翌春の再生草に利用される。

このような季節別施肥反応はまた、草種の季節的な生育特性によっても異なる。春から初夏に生育旺盛なTiやRtでは、5～6月の施肥効果が最大であるが、再生力が衰える7月以降の施肥効果は小さい。当地方では、Or、Mfは多少とも冬枯れをうけて、春の再生茎数が少ないため、5月の施肥効果はやや小さいが、その後の再生力が強いので、6月以降の施肥効果が大きい。とくにMfは秋の生育が良好なため、8月以降の肥効が大きい。Kbは9月までは平均した施肥効果がみられる。LcおよびWcは気温が高く、日照の多い7～8月の生育が旺盛で、この時期の窒素施肥による生育抑制が大きい。

放牧草地では、マメ科率の適正維持、草生密度



第32図 施肥時期別の地上部の肥料吸収状況(模式図)

の維持、季節生産性の平均化、放牧期間延長などが期待される。そこで、これらの事項を考慮しつつ、牧草の生育特性と施肥反応に基づいて、混播草地に対する省力施肥法について考えてみる。

春は施肥を省略して、前年の秋施肥によって早春の再生を促し、早期利用する。秋施肥効果は5月末まで持続するが、6月の残効は小さいので、春施肥のようにスプリングフラッシュを助長しない。また早期利用はグラスの生長点を切るため、スプリングフラッシュを抑圧³⁵⁾する。春の窒素施肥は、冬枯れが多いクローバの回復を遅らせ、春のマメ科率低下を促進する。

6月には、春に無追肥のため、土壤中の養分が欠乏するが、グラスの節間伸長を抑えるため施肥しない。この時期のグラスは分けつ発生が少ないため、密度低下は少ない。むしろ6月施肥で節間伸長を促進した後に利用した場合は、7月以降の再生莖数を大きく減少させる。クローバはカリ欠乏のおそれがあるが、放牧地ではふん尿由来のカリが多いため、その程度は緩和される。

7月には十分な施肥を行う。この時期はすでにグラスの節間伸長が終り、栄養生長が主体となるので、後発分けつの生育を促進する。気温が高まり、クローバの生育が旺盛となるので、施肥によってクローバを抑圧し、マメ科率の上昇を抑える。

8月には、施肥反応が小さいため、7月施肥の残効に期待し、施肥は省略する。しかし、マメ科率が高過ぎるような草地では、その調節のため施肥することもあり得る。

8月下旬には、晩秋利用草地に対する施肥を行い、9月の再生草の積極的増収を図り、かつ分けつ発生を促進して、草生密度を高める。晩秋利用草地以外は7月施肥の残効に期待する。7月施肥の残効は、施肥量にもよるが、ほぼ9月中旬頃までと推定される。

9月中に最終利用した草地は、終牧後に秋施肥し、貯蔵器官の肥大や分けつの発生を促進を図り、翌春の再生を早める。しかし、多量の秋施肥は冬枯れの危険性が増大し、かつクローバを減少させる。

VI 放牧条件下における草地の利用と施肥

放牧草地における草地管理では、放牧家畜が関与するので、刈取り条件とは必ずしも一致しない。草地管理に関連する家畜の影響は、採食性、ふん尿還元および蹄踏などがあげられる。そこで、本章では、前章までに刈取り法で検討してきた草地管理法について、実際の放牧条件下で実証を行った結果について述べる。

1 マメ科率の維持からみた放牧利用法と施肥

放牧草地は一般に輪換放牧されるが、その利用条件は休牧間隔と放牧強度によって定まる。そこで、これらの利用条件と草地生産性およびマメ科率の関係を調べた。

放牧草地の施肥に当っては、放牧家畜の排泄ふん尿によって、草地に還元される肥料要素を考慮する必要がある。そこで経年放牧草地における施肥効果を確認し、さらにマメ科率を調節するため、

利用間隔と施肥の組み合わせ試験を行った。

(1) 入牧時の草丈および放牧強度に関する試験

試験方法

Ti, Rt, Kb, Lc および Wc の5草種混播草地を供試し、平均体重約500 kgのホルスタイン牝牛を用いて、つぎのような放牧試験を行った。

A) 入牧時の草丈に関する試験

グラスの草丈が、10 cm, 20 cm, 30 cm および 40 cm の時に入牧する4区を設けた。各区の年間利用回数は、それぞれ、1年目は16, 9, 7, 4, 2年目は11, 6, 4, 4であった。1牧区470 m²で、牧区当たりの入牧頭数は現存草量によって4ないし5頭とした。

B) 放牧強度に関する試験

重放牧区(477 m²当たり4頭、すなわち119 m²/頭)と軽放牧区(570 m²当たり2頭、すなわち285 m²/頭)の2区を設け、現存草量が1.0~1.5

t/10aになったときに入牧し、年間5回放牧した。

試験結果

A試験：年間の再生草量は2年間とも入牧時の草丈が高いほど多く（第90表）、マメ科率は入牧時の草丈が低く、頻繁に利用した場合に低かった

第90表 入牧時の草丈と収量および可消化成分

入牧時 草 丈	年間乾草収量 (kg/10a)		可消化成分(%) (1年目)			
	1年目	2年目	6月中旬		8月中旬	
			DCP	TDN	DCP	TDN
10 cm	818	354	18.4	69.2	18.0	69.8
20 cm	900	413	15.2	63.7	16.8	68.7
30 cm	990	504	11.9	65.3	15.2	66.3
40 cm	1054	653	11.6	66.5	13.5	66.3

第91表 放牧強度に関する試験結果

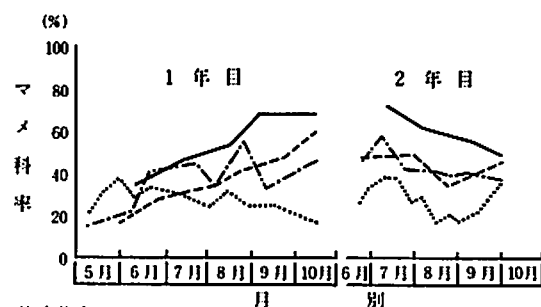
年次	項目		區別	放牧期					年間合計
				1	2	3	4	5	
1年目	再生草量*		重放牧	522	1705	2755	1230	1220	7432
	(kg/10a)		軽放牧	279	2505	2575	1102	1323	7801
2年目	再生草量		重放牧	216	1488	1851	1618	1225	6398
	(kg/10a)		軽放牧	189	1422	1510	1577	1205	5903
	採食率**		重放牧	100	65	75	86	81	77
	(%)		軽放牧	67	36	52	54	69	53
	マメ科率 (%)	再生草	重放牧	23	26	50	56	58	47
			軽放牧	11	12	44	52	50	39
		採食草**	重放牧	23	29	48	59	64	49
			軽放牧	12	17	50	69	51	49

注) *生草収量、ほぼ完全に採食された地点にプロテクトケージ(1㎡)を置き、その中の再生草量から算出した。

**採食草量は放牧前の現存量と放牧後の残草量との差から求め、各々のマメ科率から採食草のマメ科率を算出した。

第92表 放牧強度と栄養生産性(2年目、第2～第4放牧期合計)

項 目	区 別	平均含有率(%)		収量(kg/10a)	
		DCP	TDN	DCP	TDN
再生草	重放牧	15.2	65.5	137	591
	軽放牧	13.9	63.4	120	546
採食草	重放牧	17.4	68.0	109	424
	軽放牧	16.7	67.1	75	300



第33図 入牧時の草丈とマメ科率の推移

(第33図)。グラスの草種構成は7月まではTiが多く、利用間隔が短い区ではKb、長い区ではTiの割合が大きいことが観察された。また、入牧時の草丈が低いほどDCP、TDN含有率は高かった。

B試験：放牧強度の強弱によって、再生草量に

大きな差は認められなかったが、マメ科率は重放牧区で高い傾向があった(第91表)。一方採食草のマメ科率は、再生草のマメ科率より高く、とくに軽放牧区の第3、第4放牧期でこの傾向が大きかった。DCPおよびTDN含有率は再生草および採食草とも重放牧区で勝っていた(第92表)。

(2) 施肥法が放牧草地の収量と草種構成に及ぼす影響

試験方法

A試験：Ti、Kb、Tf、Rt、Lc、Wcの6草種混播の4

年目の放牧草地を供試し、無肥料、無窒素、無りん酸、無カリおよび3要素の5区を設けた。供試草地は輪換放牧のため、4牧区を設定し、各牧区毎に上記の5区を配置した。1牧区の面積は25a、1区面積は2.2aとした。基準施肥量は10a当たり、2kgN、3kgP₂O₅、10kgK₂Oとし、それぞれ塩安、過石、塩加を用いた。りん酸は早春1回に、窒素とカリは早春と第2放牧期後の2回に等量ずつ分施した。放牧は10～12ヵ月令の乳用育成牛2

第93表 A 試験における再生草の収量割合とマメ科率

項 目 区 別	放牧期別の再生草収量割合(%)					放牧期別のマメ科率(%)			
	1	2	3	4	合計	1	2	3	4
無 肥 料	69	69	76	66	70	19	14	28	25
無 窒 素	79	83	103	82	88	13	30	49	34
無 り ん 酸	78	75	68	92	79	23	23	42	31
無 カ リ	93	94	85	98	92	16	22	36	35
3 要 素	100	100	100	100	100	19	31	38	39
同上(kg/10a)	788	1022	1191	1254	4255	注) 乾草収量			

頭を用い、1 牧日 7 日間入牧、21 日間休牧の 28 日間で回帰する輪換放牧とし、年間 4 周した。

B 試験：A 試験と同一草地を供試し、カリ単用区と 3 要素区の 2 区を設けた。1 区面積は、1.0 ha とし、輪換放牧のためそれぞれ 4 牧区に分けた。基準施肥量、施肥法および放牧方法は A 試験と同様としたが、放牧頭数は 1 年目は両区とも 3 頭づつ、2 年目はカリ単用区 2 頭、3 要素区 3 頭とした。輪換放牧は 1 年目に 4 周、2 年目は 5 周した。

C 試験：標茶町営多和育成牧場(釧路支庁管内)において、Ti, Mf, Or, Lc, Wc の 5 草種の混播草地を供試し、放牧利用回数を年間 3 回と 6 回の 2 処理、施肥を窒素単用(N)、窒素倍量(2N)、窒素とカリ(N-K)、窒素倍量とカリ(2N-K)および 3 要素(N-P-K)の 5 区を設け、これらを組み合わせて 10 区を作った。基準施肥量は 10 a 当たり 5 kgN, 3 kg P₂O₅, 10 kg K₂O とし(マメ科率を低下させるため窒素を多くした)、それぞれ塩安、過石、塩加を用いた。1 区面積は放牧利用回数では、12.5 a、施肥法では、2.5 a と

した。施肥法は A, B 試験と同様に春と 7 月中旬の 2 回に分施した。放牧は利用毎に当該牧場の育成牛 5 ~ 10 頭を草量に応じて入牧、採食せしめた。

試験結果

A 試験：造成後 4 年間放牧利用してきた混播草地では、再生草量に対する肥効はりん酸がもっとも大き

く、ついで窒素、カリの順であった(第 93 表)。すなわち、りん酸は春から夏に、窒素は春と秋、カリは夏にそれぞれ追肥効果が認められた。

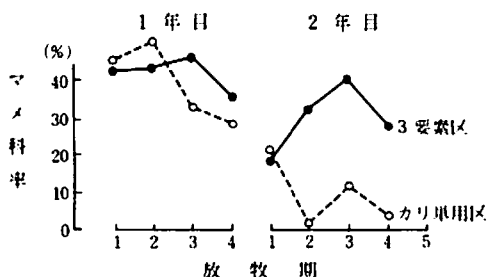
マメ科率は、無窒素では春は低いが、第 2 放牧期以降もっとも高く経過し、無りん酸、無カリでは逆に第 2 放牧期以降のマメ科率は相対的に低下した。しかし、3 要素区では無窒素区に近いマメ科率で推移した。

B 試験：カリ単用区の再生草量は 2 年間とも約 1.3 t/10 a であり、3 要素区では 1 年目 1.7 t/10 a、2 年目 3.1 t/10 a であり、明らかに窒素およびりん酸の施肥効果が認められた(第 94 表)。したがって、両区の入牧頭数が同じであった 1 年目では、カリ単用区は草量不足のため過放牧の傾向があり、2 年目にはカリ単用区の頭数を 2 頭に減じたが、なお 3 要素区よりも採食率が高かった。また面積当たりの家畜の年間増体量はカリ単用区では、草の利用率が高いにもかかわらず、3 要素区の約 8 割であった。

カリ単用区のマメ科率は、1 年目第 3 放牧期以

第94表 カリ単用区と3要素区の比較

年 次	区 別	再 生 草 (kg/10a)	採 食 草 (kg/10a)	採 食 利 用 率 (%)	延 入 牧 頭 数 (頭/10a)	年 間 家 畜 の 増 体 量 (kg/10a)
1 年 目	カリ単用	1322	1322	100	29.7	
	3 要素	1692	1539	71	29.7	
2 年 目	カリ単用	1316	965	73	36.3	33.7
	3 要素	3142	2046	65	48.4	42.8



第34図 マメ科率の推移

第95表 放牧時の現存生草量の年間合計 (kg/10a)

放牧利用回数		施 肥 区 別				
		N	2N	N-K	2N-K	N-P-K
3	回	3608	3595	3830	3781	4214
6	回	4146	4223	4256	4723	5240
6回/3回(×100)		115	117	111	125	124

降から低下し、2年目も引続いて著しく低く経過した(第34図)。また、2年目の第2放牧期に発生したウリハムシモドキによるクローバの被害は、草生の劣るカリ単用区で被害が大きかった。

C試験：放牧時の現存草量の合計は約30日ごとに放牧した6回利用で多く、とくに窒素倍量カリ区と3要素区が高収であった(第95表)。窒素増施およびりん酸追肥はグラスを増加させ、クローバを抑圧したが、その効果は6回利用の場合に大きかった。カリの追肥効果は小さかったが、窒素増施条件ではグラスの生育を促進した。

供試草地はグラスが衰退し、クローバが優占していたが、6回利用では放牧が進むにしたがい、3要素区と窒素倍量カリ区のマメ科率が低下したが、窒素単用区、窒素カリ区では、夏のマメ科率が60%以上となり、秋のマメ科率低下が少なかった(第35図)。3回利用の場合も6回利用の場合とほぼ同傾向であったが、施肥区間の差は小さく、利用間隔を延長すると、マメ科率低下がやや少なかった。

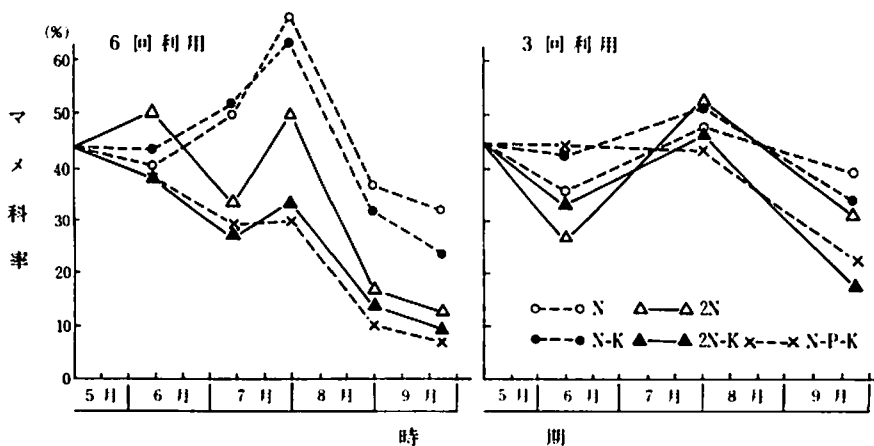
第96表 施肥効果(乾草収量割合, %)

放 牧 利用回数	草 種 別	窒素増施効果		りん酸 効 果	カリ効果	
		2N	2N-K	N-P-K	N-K	2N-K
		／ N	／ N-K	／ N-K	／ N	／ 2N
3 回	グ ラ ス	114	125	122	98	108
	クローバ	93	80	93	105	90
	合 計	107	110	112	100	103
6 回	グ ラ ス	125	158	171	101	128
	クローバ	78	72	77	88	81
	合 計	107	129	139	96	115

(3) 考 察

休牧間隔は牧草の再生期間に相当し、実際には入牧時の草丈が目安となる。本試験では30cm前後の草丈で入牧した場合には比較的高いマメ科率を維持し、かつ経時的変動が小さく、これより低い草丈での入牧はマメ科率を低下させた。牧草の再生期間からみると、30cm前後の草丈は刈取り間隔20~30日毎に相当し、放牧と刈取りの試験結果は一致していた。SPRAGUEら¹⁶⁴⁾もマメ科率維持のためには20~25cmの草丈で入牧すべきだとしている。

放牧強度は重放牧の場合、高いマメ科率を示した。これは重放牧によって、牧草は低くまで採食され、グラスの再生が抑制され、地表への光透過が良くなり、クローバのランナーの伸長が促進されたため⁸⁶⁾¹³⁴⁾¹³⁵⁾と思われる。これに対して、軽放



第35図 利用回数と施肥処理がマメ科率に及ぼす影響

牧は高刈りと類似の利用条件となり、グラスの残草によるクローバの再生阻害や、放牧牛によるクローバの選採採食¹⁷³⁾¹⁷⁴⁾などによってマメ科率は低下した。従来、草地生産性の面から適正な採食利用率は70%程度とされていたが、本試験の重放牧区では60~80%であり、軽放牧区の利用率はやや低過ぎた。したがって、マメ科率維持の面からも70%程度の利用率が好ましい。

放牧草地の土壤は、一般に放牧家畜のふん尿還元により養分が還元されるといわれているが、本試験によると、りん酸と窒素の施肥効果が大きく、カリの施肥効果はやや小さかった。ふん尿中の窒素は牧草に吸収されるが、実際には排泄後揮散や流亡によって損失が多いと考えられ、また排ふん跡地は不食過繁草となるため、直接採食草に利用される量は多くないと思われる。また、春と秋に窒素追肥効果が大きいのは、これらの時期には低温のため、ふんなどで蓄積されている窒素の可給化が少ないためと思われる。りん酸の肥効が大きかったのは、供試草地の基肥りん酸が少なく、またりん酸追肥が行なわれていなかったためである。しかし、実際の公共草地でもほぼ同様で、土壤中の可給態りん酸が不足することが多い。したがって、生産性やマメ科率維持の面から適量のりん酸追肥が必要であり、追肥量は牧草による吸収量などから考えて3~5 kg P_2O_5 /10 a 程度である。

放牧草地では、ふん尿還元に由来するカリが蓄積⁴⁷⁾¹⁵⁹⁾し、カリの肥効が小さいことは、本試験で

も確認された。また著者ら⁴⁷⁾はふん尿中のカリは、一般に緩効的であることを別途報告した。早川ら⁵⁵⁾は、混播草地では窒素はクローバの固定窒素、りん酸は基肥りん酸の十分な施用によって補給されるので、カリのみを追肥すればよいことを提案した。しかし、本試験でも明らかのように、放牧条件下ではカリ単用の効果は小さく、むしろ窒素とりん酸の不足によって、再生草量が減少し、牧養力が低下するばかりでなく、クローバの生育不振によってマメ科率が大きく低下する。

放牧草地では、しばしば夏以降クローバが優占する。これは放牧草地の高カリ水準も一因と考えられるが、窒素、りん酸の施肥不足によるグラスの衰退¹²⁷⁾も大きい。したがって、マメ科率の高過ぎる場合は、窒素の多用とともにりん酸を補給して、グラスの生育を促進し、適正な輪換放牧によってマメ科率を調節できる。

2 晩秋放牧草地に対する施肥効果

秋の放牧期間を延長するため、Ⅳでは晩秋利用牧草の管理と牧草の越冬性について検討したが、本節では実際の放牧条件下で検討した。

(1) 試験成績

試験方法

Or, Ti, Kh および Lc の4草種混播の8年目草地を供試し、2年間放牧試験を行った。試験処理は、準備開始時期の8月下旬の窒素施用量を4、8、12 kgN/10 a の3段階とし、晩秋の放牧時期を10月上旬と11月上旬の2期とし、これらを組み

第97表 晩秋放牧時の草量および草質（2年間平均）

放牧時期	窒素施用量 (kg/10a)	放牧時 生草収量 (kg/10a)	同左 割合	マメ 科率 (%)	粗蛋白 含有率 (%)	NO ₃ -N 含有率 (%)	粗蛋白 収量 (kg/10a)	乾物 消化率*
10月上旬	N 4	987	100	12	19.6	0.03	36.6	57.8
	8	1337	135	6	23.1	0.10	52.2	65.2
	12	1311	133	5	25.5	0.23	51.1	64.2
11月上旬	N 4	1031	100	6	15.0	0.02	25.5	59.8
	8	1382	134	6	16.3	0.02	35.0	62.4
	12	1669	162	3	18.4	0.07	47.7	65.4

注) *乾物消化率はin vitro 法による。

第98表 晩秋放牧における乳牛による採食率

放牧時期	窒素施用量 (kg/10a)	1 年 目			2 年 目		
		放牧前 乾草草量	採食量	採食率	放牧前 乾草草量	採食量	採食率
		(kg/10a)	(kg/10a)	(%)	(kg/10a)	(kg/10a)	(%)
10月上旬	N 4	168	128	76	207	124	60
	8	187	155	83	261	170	65
	12	182	145	80	215	138	64
11月上旬	N 4	210	113	54	194	120	62
	8	253	114	45	268	189	71
	12	285	135	47	304	217	71

第99表 早春のOrの再生状況および再生草量

放牧時期	窒素施用量 (kg/10a)	2 年 目 の 春					3 年 目 の 春				
		枯死 茎半*	再生 茎数*	出穂 茎数*	乾草 収量	マメ 科率	枯死 茎半*	再生 茎数*	出穂 茎数*	乾草 収量	マメ 科率
		(%)	(本/株)	(本/株)	(kg/10a)	(%)	(%)	(本/株)	(本/株)	(kg/10a)	(%)
10月上旬	N 4	54	8	8	392	13	10	16	10	204	6
	8	44	9	9	357	7	13	15	17	214	4
	12	45	12	10	401	4	14	16	9	275	1
11月上旬	N 4	51	10	9	309	4	13	14	13	226	4
	8	33	19	12	378	6	14	15	17	301	7
	12	29	22	12	354	13	27	14	21	305	1

注) *Or についての調査

合わせて6区を設けた。また、全区共通に10kg K₂O/10aを窒素とともに施用した。放牧は放牧利用時期によって2牧区に分け、1牧区15aとし、各牧区を3分して、1区5aの施肥区とした。放牧家畜は搾乳牛8頭を15aに放牧し、現存量によって放牧時間を調節した。各年の準備開始時期、10月上旬および11月上旬の放牧時期、翌春の再生草草量調査は、1972年ではそれぞれ、8月28日、10月3～6日、10月30～11月3日、および翌春の6月25日であり、1973年では同じく、8月27日、10月2～4日、10月29日～31日および翌春6月26日であった。

試験結果

供試草地は秋には再生良好なOrが優占し、晩秋放牧時の現存量は10月上旬区では8kgNおよび10kgNの両区で多く、11月上旬区では窒素施

用量が多いほど高収となり、10月以降も若干の収量増加がみられた(第97表)。窒素を多用した晩秋の牧草は、粗蛋白含有率が高まり、乾物消化率も若干高まったが、草量が多い場合には、下葉がむれて、嗜好性が若干劣っていた。12kgN区では、地上部生育が伴わず、窒素のみ吸収され、10月上旬の牧草では、硝酸態窒素(NO₃-N)が多く、放牧家畜に対して危険水準(NO₃-Nが0.20%以上では硝酸中毒の危険がある)にあった。

10月上旬放牧では、両年とも8～12kgN区で採食率が高かった(第98表)。11月上旬放牧では年次によって異なり1年目には、多窒素区では下葉のむれや踏倒しが多く、採食率が低かったが、2年目は放牧前に乾燥が続く再生草も乾草状であったため、草量の多い多窒素区でもやや高い採食率を示した。

翌春の再生は、兩年とも Ti, Kb などが早く、Or の再生は冬枯れの多少によって左右された(第 99 表)。2 年目の春は、冬枯れが多く、その枯死率は 11 月上旬放牧および窒素多用区で少なかった。3 年目の春は全体に冬枯れが少なかった。

春の再生草量も冬枯れの多少によって影響されたが、冬枯れの少なかった 3 年目の春では秋の窒素施用量の多いほど再生草量が多かった。また、11 月上旬区や窒素多用区では、春の再生茎数および出穂茎数が多く、増収の要因になっていた。

放牧草地では、刈取りと異なり放牧家畜のふん尿が還元されるが、このような排ふん、排尿の跡地では、いずれも翌春の牧草再生が良好で、排ふん跡の牧草では窒素、りん酸、カリ、排尿跡の牧草では窒素とカリの含有率が高かった(第 100 表)。

第100表 排ふん、排尿地点の Or の草丈と要素含有率 (3 年目春の再生草)

調査地点	草 丈 (cm)	要素含有率(乾草当たり, %)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
対 照	61.4	1.70	0.51	2.34
排 ふ ん 跡	86.4	1.91	0.60	2.96
排 尿 跡	90.9	2.22	0.46	3.58

(2) 考 察

晩秋放牧草地に対する管理法は、放牧条件下でも刈取り条件と同様であることが確認された。すなわち、8 月下旬に施肥して準備した Or 主体の混播草地では、10 月以降に、1000 kg/10 a 以上の現存量が確保された。この草量は採食利用率 80%、1 頭当たり採食量を 50 kg/日とすれば(350~400 kg の育成牛を想定し、体重の 12~13%を採食すると假定)、延 16 頭・日/10 a の放牧が可能となる。

窒素を施用した晩秋の牧草は粗蛋白が多く、乾

物消化率も若干高まる。しかし、窒素を多用すると草量は増すが、嗜好性が劣り、採食利用率が低下し(とくに乳牛では)、牧草中の硝酸態窒素が増加するなどによって、放牧利用上好ましくない。したがって、晩秋草量は 1000 kg/10 a 程度が適当と思われ、そのための窒素施用量は 3~6 kg N/10 a と推定される。この窒素量は前述の牧草の貯蔵炭水化物の蓄積・冬枯れおよび翌春の再生などの面からも適量と思われる。従来(報告⁵⁷⁾⁷⁸⁾¹⁶⁸⁾では、Or や Mf の草地に対し、8~10 kg N/10 a としているものが多いが、本地方では以上の理由から若干少ない方が安全である。カリはガラスのフラクトサン含有率を高め、かつクローバに対する肥効が大きいので 8~10 kg K₂O/10 a の施用が望ましい。混播草地ではクローバ維持の面から窒素を控え、カリとりん酸を十分に施用する。

晩秋の放牧利用時期は、冬枯れの多い Or, Mf 草地では 10 月上旬頃の利用を避け、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 主体草地に放牧するとよい。

3 放牧条件下における施肥の省力化

大規模な公共草地において、V 章で検討した施肥の省力化について実証試験を行った。

(1) 試験成績

試験方法

標茶町営多和育成牧場の放牧草地(Ti, Rt, Kb, Lc, Wc の 5 草種混播、3 年目草地)で、つぎの 2 つの試験を行った。

A 試験：年間 1 回施肥を前提とし、その施肥時期を 5 月、6 月、7 月、8 月の 4 区とした。

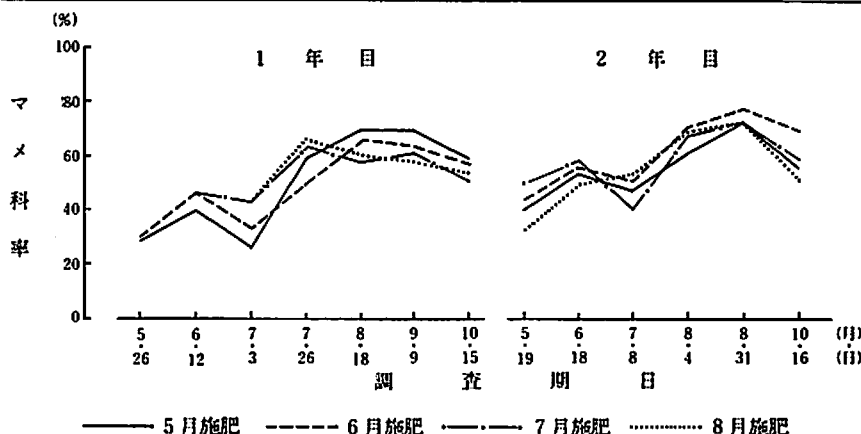
B 試験：年間施肥回数について、5 月 1 回施肥、5 月と 7 月の 2 回施肥、6 月と 8 月の 2 回施肥、5~8 月の各月に 1 回ずつ分施する 4 回施肥の 4 区を設けた。

第101表 A, B 両試験の施肥および草量調査期日

年 次	施 肥 期 日 (月・日)				草 量 調 査 期 日 (月・日)						
	5 月	6 月	7 月	8 月	第 1 回	第 2 回	第 3 回	第 4 回	第 5 回	第 6 回	第 7 回
1 年 目	4.30	6.12	7.10	8.14	5.26	6.12	7.3	7.26	8.18	9.9	10.15
2 年 目	5.6	6.18	7.8	8.4	5.19	6.18	7.8	8.4	8.31	10.6	

第102表 A試験における乾草収量と要素吸収量

施肥時期	乾草収量(kg/10a)		同左割合 (%)		2年目初期収量(kg/10a)			2年目要素吸収量(kg/10a)		
	1年目	2年目	1年目	2年目	1番草	2番草	計	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
5月	759	758	100	100	47	185	235	28.7	3.6	23.8
6月	695	683	92	90	47	150	197	27.3	3.7	22.7
7月	690	768	91	101	48	154	202	28.5	4.0	25.9
8月	653	788	86	104	49	188	237	29.6	3.9	26.4



第36図 A試験におけるマメ科率の推移

A, B両試験とも、各区の年間施肥量を一定量とし、B試験の2～4回施肥は等分に分施した。実際の施肥量は、当該牧場の施肥計画にしたがい、草地化成肥料を用いたが、1年目は10a当たり、2.4kg N, 3.2kg P₂O₅, 3.4kg K₂O, 2年目は3.4kg N, 1.0kg P₂O₅, 3.4kg K₂Oであった。1区面積は5aとし、2反復とした。放牧利用は当該牧場の放牧スケジュールによって行い、入牧直前の再生草量を調査した(第101表)。

試験結果

A試験：年間収量は1年目では5月施肥がもっとも多収で、施肥時期が遅れるほど低収となったが、2年目では7月または8月施肥が、5月施肥と同等かやや勝る収量であった(第102表)。

5月または6月施肥によって、春から初夏にかけて、グラスの増収が大きく、マメ科率が低下したが、夏以降はグラスの生育が不振となり、マメ科率が高まった(第36図)。一方、7月または8月施肥では、春は施肥不足のため、グラスの生育が抑えられ、5月または6月施肥よりやや高いマ

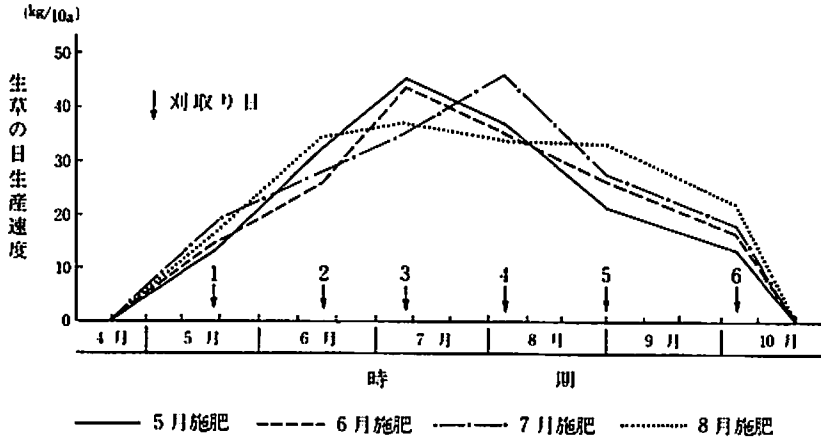
メ科率を示し、7月または8月の施肥によってグラスの生育が促進されると、マメ科率はやや低く推移した。

両年とも施肥時期が遅いほど春のスプリングフラッシュが抑えられ(第37図)、7月または8月施肥区では季節生産が平均化された。

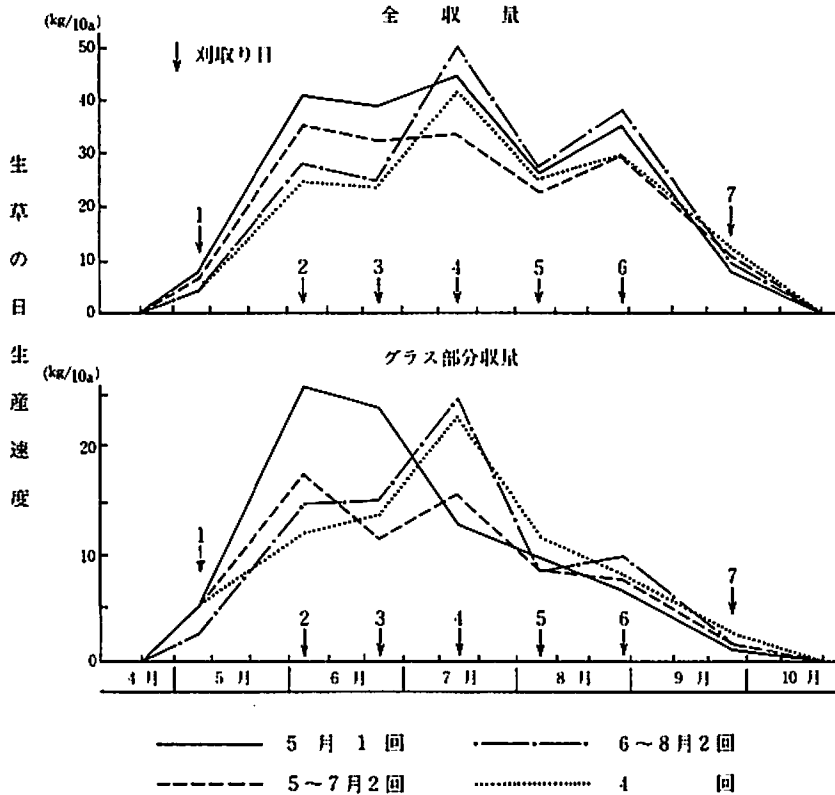
B試験：年間収量(第103表)は、5月1回施肥が多収で他の3区間には差がなかった。5月1回および5～7月2回施肥では、5月の施肥量に応じて、5～6月のグラスが増収し(第38図)、

第103表 B試験における乾草収量と要素吸収量(2年間の平均)

施肥時期	年間合計収量 (kg/10a)	同左割合 (%)	クローバ 収量割合 (%)	年間要素吸収量 (kg/10a)		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
5月1回	758	100	54	28.0	4.1	27.8
5～7月2回	698	92	60	25.9	3.7	26.0
6～8月2回	692	91	58	27.2	3.7	26.9
4回	698	92	57	26.1	4.1	26.6



第37図 A試験における生草の日生産速度の推移(2年目)



第38図 B試験における生草の日生産速度

マメ科率が低下した。6～8月2回施肥や4回施肥では、春の施肥量が少ないため、春の牧草生育がやや劣り、7月以降の施肥によって生育は促進されたが、春に比べて施肥効果が小さいため、年

間収量をそれほど高めなかった。しかし、季節生産性は施肥回数が多いほど平均化された。

牧草の要素含有率は施肥直後に上昇し、要素吸収量は収量に左右された。

(2) 考 察

実際の公共草地では、本試験にみられるように、施肥量が少なく（通常の期待量の $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ ）、しかも年間施肥回数は1～2回が現状である。したがって施肥はもっとも効果的な時期に行う必要がある。

本試験結果の施肥反応は、ほぼ刈取り試験の結果と一致した。すなわち、春の1回施肥は、グラスのスプリングフラッシュを助長し、採食率の低下や踏倒しを多くした。しかも7月以降は窒素不足のため、マメ科率が異常に高まり、放牧牛の跛張症が懸念された。これに対して7～8月の施肥は、春のスプリングフラッシュを抑え、かつマメ科率が低下せず、採食率を高めた。夏期は施肥に

よりグラスの生育が助長されて、マメ科率も高まらなかった。さらに翌年の早春の牧草再生は春施肥区よりもやや良いので、早期放牧が可能であった。

以上のことから、Ⅴ章の刈取り試験の結果をも考慮すると、年間1回施肥では7月上旬施肥が、年間生産量の減少を最小限とし、しかも季節生産の平均化、適正マメ科率の維持などの面から有利と思われる。年間2回施肥では7月施肥と、労力に余裕のある終牧後の10月の追肥を組み合わせる。とくに秋の追肥は草生密度を維持する効果が大いなので、永年維持の面からの利点が大いと思われる。

Ⅶ 総括および結論

根釧地方の酪農は、近年草地面積および飼養頭数が急増し、その経営規模も大型化した。一方、経営の効率化のため、後継育成牛を預託して集団管理する公共育成牧場が多数設けられ、広大な放牧専用の公共草地も急増した。しかし、このような公共草地については、従来の知見に乏しいため、その維持管理法を早急に確立する必要がある。

公共草地は一般に大面積で、立地条件にも恵まれないため、省力かつ低コストで管理される永年放牧草地（Permanent pasture）である。したがって、その維持管理に当たっては、草生の永年維持がもっとも重要である。根釧地方の気象的、土壌的条件下で草生の永年維持を図るためには、つぎの諸点が問題であり、これらの解決が必要である。

第1に夏期間の草生維持である。根釧地方の夏期間は冷涼、多湿なため、牧草生産性が低く、またマメ科率（混播中のクローバ混生割合）も低下しやすい。その結果、グラス優占となるが、低コスト管理の永年放牧草地では窒素補給が不足し、グラスも衰退し、荒廃化する。したがって、混播草地の生産性維持のためには、マメ科率を適正（30～50%）に維持し、クローバの固定窒素によって恒常的に窒素が供給されれば、肥料窒素が節減さ

れ、低コスト管理も可能となる。一方、育成牛対象草地では家畜栄養の面から30～50%のマメ科率が適当である。したがって、マメ科率維持の観点から、利用頻度の多い放牧草地の利用条件および養分分に乏しい本地方の火山灰土壌における施肥条件について明らかにする必要がある。

第2には牧草の晩秋利用と越冬性の関連である。根釧地方では、放牧期間が短いため、秋遅くまで放牧されることが多い。しかし、冬期間寒冷的な当地方では、晩秋まで放牧した草地の牧草は、越冬中にしばしば冬枯れし、翌春の草生を悪化させる。したがって、秋の放牧期間を延長するためには、牧草の晩秋利用と施肥が、越冬性および翌春の草生に及ぼす影響を明らかにする必要がある。

第3には施肥の省力化がある。省力管理が必要な放牧草地では、施肥労力がもっとも大きい。したがって、牧草の生育特性からみて、もっとも効果的な時期に施肥し、同時に季節生産性の平均化やマメ科率維持に留意する必要がある。

放牧草地の生産性は、採草地と異なって、放牧家畜の採食特性、ふん尿還元および蹄圧などの影響を強くうける。したがって、放牧草地の管理法

解明に当たっては、刈取り条件下での検討のみでは不十分であって、実際の放牧条件下で実証する必要がある。

以上の観点から根釧地方における永年放牧草地の維持管理法について検討した結果を取り纏めた。

1 混播草地におけるマメ科率の維持管理法

1) 窒素供給源としてのシロクローバの役割
レッドトップとシロクローバの混播草地は、レッドトップ単播草地より明らかに高収であり、安定なマメ科率を保つためには低窒素条件（年間 $4 \text{ kgN}/10 \text{ a}$ 以下）が必要である。クローバのラジノ型品種はコモン型品種より高収であるが、窒素施用による生育衰退が大きかった。

低窒素条件では、クローバと混播したレッドトップは、単播のレッドトップより高収、高窒素含有率で窒素吸収量も多い。これは、クローバの根粒が固定した窒素の一部が、レッドトップによって吸収されたものと推定される。このようなクローバの固定窒素に由来するグラスへの窒素移譲量は、クローバの品種やマメ科率の多少によって異なり、本試験の3年目草地では年間 $1.6 \sim 3.9 \text{ kgN}/10 \text{ a}$ であった。また、この窒素移譲量は、土壤中の易分解性窒素と密接な関係があることから、クローバの根や根粒の脱落、分解に起因するものと推定される。

したがって、永年放牧草地では、グラスに対する窒素移譲能力が高いシロクローバを導入する必要がある。

2) 温度と光条件がマメ科率に及ぼす影響

生育の適温域は、チモシーでは $15 \sim 20^\circ\text{C}$ 、ラジノクローバでは $20 \sim 22.5^\circ\text{C}$ で明らかに異なっていた。そのため両草種の混播では、 $15 \sim 20^\circ\text{C}$ ではチモシーの生育が良好で、マメ科率は低下するが、 20°C 以上ではラジノクローバの生育量が勝り、マメ科率が高まる。

光の弱い場合には、チモシー、ラジノクローバとも減収となるが、その程度はラジノクローバがより大きい。そのため、両草種の混播では、日照不足によりクローバが衰退し、マメ科率が低下し、

とくに温度が $15 \sim 20^\circ\text{C}$ のとき、この傾向が大きい。また、このような温度や日照不足の影響は窒素施用によって強調される。

温度や日照不足の影響は刈取り回次が進むほど大きくなるが、これは高温や日照不足により牧草の貯蔵炭水化物が減少し、漸次再生力が低下するためである。

ラジノクローバは、シロクローバに比べて、日照不足および窒素施用による衰退が大きく、有効根粒も減少しやすい。

以上のことから、根釧地方では他地域に比べて低温、寡照のためマメ科率が低下しやすく、とくに春から初夏にこの傾向が大きい。

3) 草地の利用条件がマメ科率に及ぼす影響

放牧草地の牧草は、短草で利用されるが、頻繁な刈取りでは、各草種とも年間草量が低下し、本試験条件下では $20 \sim 30$ 日毎利用が高収であった。この理由は、頻繁な刈取りでは、刈取り後の再生長期間が短いので、貯蔵器官や貯蔵炭水化物が十分に回復せず、漸次再生量が低下するが、刈取り後に十分な再生期間があれば、再生草量が増加するばかりでなく、つぎの再生を良好にするためである。

混播草地では、構成草種の再生力が異なるため、草種間に生育競合が生じ、草種割合を変動する。すなわち、刈取り後の再生長の早い草種は、遅い草種を抑圧して優占しやすい。グラスの再生力はオーチャードグラスがもっとも強く、ついでチモシー、ケンタッキーブルーグラスであり、これらとクローバの混播では、この順序でクローバが抑圧され、マメ科率が低下する。しかし、夏以降には、チモシーの再生力が極端に弱いので、クローバが優占しやすい。

ラジノクローバは、利用後、生育が十分に回復するためには、 $20 \sim 30$ 日間を要する。したがって、混播草地のマメ科率は、 $20 \sim 30$ 日毎の利用で比較的安定しており、これより頻繁な利用ではマメ科率が低下する。季節的には、5～6月のグラスの節間伸長期には、グラスによって遮光されるため、マメ科率が低下しやすく、刈取り間隔が長いとこの傾向が助長される。

一方、放牧条件下では、牧草の草丈が30 cm前後になったとき入牧すると、マメ科率が30~50%で、かつ経時的変動が少なかった。この草丈までに達するための再生期間は20~30日間が必要であり、刈取り条件下の結果と一致した。

高刈りは直立型のチモシーやオーチャードグラスの再生を良好にし、混播草地ではマメ科率を低下させる。一方、軽放牧では家畜による草の踏倒しがあり、重放牧より再生草量が低下し、かつクローバが選択採食されて、マメ科率は低下する。

一般に育成牛対象の放牧草地では、30~50%のマメ科率が適当であるが、このようなマメ科率を安定に維持するためには、利用間隔を20~30日毎とし、適正放牧強度(70%程度)で利用することが望ましい。しかし、季節や草種によっても異なるので、利用方法や窒素施肥などの調節によって、優占草種の抑圧と劣勢草種の生育促進を図ることが必要である。

4) 草地に対する施肥条件が、マメ科率に及ぼす影響

根釧地方の火山灰土壌では、混播草地の収量を高め、適正なマメ科率を維持するためには、草地造成時に20 kgP₂O₅/10 a程度の基肥りん酸の施用が必要である。りん酸質資材としては、過石よりもようりんが勝るが、これは随伴する苦土の肥効と土壤酸性化の緩和によるものである。

春のりん酸追肥はマメ科率を高め、かつ収量も向上させたが、とくに基肥りん酸が少ないとき、または基肥に過石を用いたときに追肥効果が大きかった。これは追肥した水溶性りん酸が、クローバの節根の定着を良好にしたためである。

カリの施用は、低窒素条件下では、マメ科率を高めるが、高窒素条件下ではグラスによる吸収が多く、マメ科率を高めない。

石灰と苦土は、クローバの節根定着に好影響を及ぼし、低窒素、高カリ条件ではクローバ収量を高めるが、それらの肥効は、窒素質肥料の種類によっても影響される。炭カルの表面散布による追肥効果は大きくない。

以上のことから、マメ科率に及ぼす追肥の影響は窒素がもっとも大きく、ついでカリ、りん酸、

苦土、石灰の順と考えられる。

一方、放牧草地では、家畜のふん尿還元があるため、刈取り条件の場合より施肥効果が小さく、とくにカリの追肥効果が小さい。また、実際の公共草地で、夏以降にクローバが優占しやすいのは、窒素、りん酸の不足によるグラスの衰退も一因であった。したがって、放牧草地のマメ科率を適正に保つためには、りん酸、苦土、石灰などを十分に補給した条件で、窒素施肥量を調節することが有効である。

2. 晩秋利用草地の管理と牧草の越冬性

1) 牧草の晩秋利用が、翌春の再生に及ぼす影響

晩秋利用草地の草量は、主として9月中の再生草で確保されるが、チモシー、ケンタッキーブルーグラスは8月下旬から、秋の生育が良いオーチャードグラス、メドウフェスクおよびラジノクローバは9月上旬から準備する必要がある。しかし、利用時期が遅くなると、粗蛋白が減少し、栄養比が高まり、枯葉が増加する。

秋に短日、低温になると、牧草の地上部生育は鈍化するが、株や根が肥大し、貯蔵炭水化物が蓄積される。しかし、この貯蔵炭水化物の蓄積過程は草種によって異なり、早くから茎葉の生育が衰えるチモシーでは、早い時期に急速に蓄積されるが、秋の生育が良好なオーチャードグラス、メドウフェスクおよびラジノクローバでは、やや緩徐に増加し、ケンタッキーブルーグラスの地下茎における蓄積もやや遅い。

一般に、牧草の最終利用時期が、9月下旬から10月上旬の場合には、翌春の再生を低下させ、とくに秋の生育が良いオーチャードグラスやメドウフェスクでこの傾向が大きい。しかし、11月上旬の最終利用では、このような春の再生に対する影響は小さい。この理由は、10月上旬は、気温がそれほど低くないため、利用後の再生によって減少した貯蔵炭水化物が、越冬前までに十分回復せず、越冬牧草の呼吸や翌春の再生のためのエネルギーが不足するためである。しかし、11月上旬では、すでに十分な貯蔵炭水化物が蓄積され、かつ利用

後は低温のため、再生量は極く少なく、貯蔵炭水化物がほとんど消耗されないためである。

混播草地でも同様に10月上旬の最終利用により、春の再生草量が劣り、とくにメドウフェスクやオーチャードグラスを含む混播では、これらの草種の冬枯れが多い。このように基幹となるグラスが衰退すると、地下茎やランナーで増加するケンタッキーブルーグラス、ラジノクローバあるいは雑草が侵入し、漸次草種構成割合が変動する。しかし、11月上旬利用では、このような現象は比較的少ない。

2) 晩秋利用草地に対する施肥効果

晩秋の草量を積極的に増大させるためには、8月下旬の施肥が有効である。窒素の施用はグラスの晩秋草量を高めるとともに、秋の分けつ発生を促し、貯蔵器官の肥大および貯蔵炭水化物の蓄積を増大し、その結果翌春の再生茎数、出穂茎数が多くなり、再生草量を増加させた。しかし、窒素を多用した牧草は、家畜の嗜好性が劣り、採食利用率を低下させ、また牧草中の硝酸態窒素が増加するので、家畜の健康に対する危険性が高まる。さらに、牧草の貯蔵器官のTAC含有率を低下させて、冬枯れの危険性を高める。したがって、晩秋利用草地に対する窒素施肥量は4~6 kgN/10 aが適当である。

カリの施用は、クローバや一部のグラスの晩秋草量を増大し、また貯蔵炭水化物中のフラクトサン割合を高めて越冬性に貢献し、翌春の再生量を高めた。とくに混播草地では、マメ科率維持の面からも有効である。したがって、晩秋利用草地に対しては、8~10 kgK₂O/10 a程度が望ましい。

りん酸の施用効果は、クローバや一部のグラスで認められたが、窒素やカリに比べて、肥効が小さい。

3) 各種牧草の耐寒性に関する二・三の検討

根釧地方では、10月上旬に初霜がある。この初霜の影響は刈取り後3~7日後の牧草に対してもっとも強く、冬枯れを多くし、翌春の再生草量を減少せしめた。

12月には各牧草とも十分に耐凍性が高まり、-25℃の低温に耐えたが、秋遅くまで生育するメド

ウフェスクやクローバでは-25℃に耐え得なかった。2月には、12月に比べて各牧草の耐凍性は低下し、-15℃で凍害をうけた。

冬期の地表温度は気温と積雪の多少によって影響されるが、寡雪、寒冷な根釧地方では1~2月の地表温度が-15℃以下になることが多い。したがって、凍害は当地方の冬枯れの重要な要因と思われる。しかし、越冬前に茎葉が十分に繁茂し、牧草の株部を覆っている場合には、このような凍害の影響を受け難いと思われる。

春の融雪後、土壤凍結の融解前の草地では、低温、高温の日変化が繰り返されるが、牧草に対する低夜温の影響は、再生や肥料吸収に若干認められる程度であった。

3. 施肥管理の省力化

1) 最終利用後の草地に対する秋施肥効果

最終利用後の施肥肥料は、牧草生育可能な間は地上部の茎葉に吸収されるが、一般に貯蔵器官に蓄積され、分けつ発生および株の肥大を促進し、とくに窒素とカリの肥効が大きく、晩秋利用草に対する8月下旬の施肥効果と同傾向であった。しかし、牧草生育が停止した11月の施肥では、肥料の一部は貯蔵器官に吸収保持され、残りの大部分は翌春まで土壌に残留し、春の再生に利用される。その結果、秋施肥した牧草は、春の萌芽、再生が良好で、茎数も多く、5月中の再生草に対しては春施肥より高い肥効を示した。とくに窒素とカリの肥効が認められ、放牧開始時期を約1週間早めうると推定された。

2) 施肥時期および施肥回数が牧草生産性に及ぼす影響

一般に、草地に対する施肥回数を減ずると、施肥直後には増収するが、その後肥効が漸減する。したがって、早春の1回施肥は、春の牧草生育を増大し、利用ごとに分施する施肥法に比べて年間収量は同程度かやや多くなった。しかし、季節生産性が片寄り、春のマメ科率を低下させ、夏以降はグラスの生育が不良となり、逆にマメ科率を高めた。

年間1回施肥を前提とした場合には、5月また

第104表 永年放牧草地の維持管理法総括

時 期	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月
草地の特徴	(冬枯れによる裸地発生)	(グラス増大、スプリングフラッシュ、マメ科率低下)	(グラス衰退、マメ科率上昇)	(生育鈍化)	(越冬体制確立)	(生育)	(停止)
牧草生育の調節	(再生促進、莖数確保)	(スプリングフラッシュの抑圧、マメ科率向上)	(グラスの生育促進、マメ科率適正化)	(生育促進、分けつ発生促進、株・根の増大)			
放 牧 地	(早期放牧)	(夏期放牧草地)	(10月上旬の放牧 Ti, Kb)	(晩秋放牧地)			
放 牧 方 法	(短期輪換 10~20日毎)	(適正間隔の輪換 20~30日毎)	(現存草量に応じた輪換)				
施 肥	(マメ科率が低いとき、りん酸石灰施用)	(7月上旬施肥)	(晩秋放牧草地への施肥)	(終牧後の施肥)			

は6月の施肥効果が最大であったが、7月以降の再生草量が急減する。7月または8月施肥は、施肥直後の肥効が小さく、年間収量もやや低くなる。しかし、グラスのスプリングフラッシュが抑圧され、かつ夏以降の草量が増加するので、季節生産性が平均化し、放牧条件下では採食利用率が高まり、またマメ科率の変動を小さくした。

7月~10月の年間2回施肥は、10月の秋施肥によって春の再生莖数および再生草量を高め、さらに7月施肥によって夏以降の草量が増加し、その結果、年間収量を高めるとともに季節生産性を平均化した。したがって、年間1回施肥では7月施肥がよいが、年間収量および季節生産性からみると、7月~10月の2回施肥が望ましい。

以上の結果から根釧地方における放牧草地の維持管理法を集約するとつぎのとおりである。(第104表)。

春は前年の秋施肥によって、牧草の再生が促進された草地に、施肥を省略し、スプリングフラッシュを抑圧するため、5月20日過ぎから早期放牧し、滞牧期間を短くし、短期放牧する。6月以降は、クローバの再生を保証する20~30日に輪換し、マメ科率の維持を図る。7月上旬には、グラスの節間伸長が終り、再生力がやや衰えるので、十分に施肥して、グラスの再生促進とクローバの

抑圧を図り、休牧間隔は20~30日とする。8月下旬には、10月以降に利用する晩秋放牧用草地を準備し、十分に施肥する。晩秋放牧用以外の草地は、9月下旬で終牧し、終牧後の秋施肥を行う。10月上旬には、比較的冬枯れの少ないケンタッキーブルーグラスやチモシー主体の草地に放牧する。なお、風当たりが強く、積雪が少ない高台などでは、早期に終牧し、越冬前の草丈を高くして、越冬中の凍害を避けるようにする。

以上のような周年草地管理によって、適正なマメ科率を保ち、牧草の越冬性に配慮し、かつ省力的施肥を行えば、季節生産が平均化されると同時に、草生密度および草地生産性が永年にわたって維持することが可能である。

現在、公共育成牧場の放牧草地では、ha当たり3頭以上を収容し、年間160~170日の放牧利用が期待されているが、この場合には、年間の再生草量は生草で約35 t/haが必要である。本研究の混播草地では、ほぼこの草量が確保され、上述の草地管理法で十分に対応しうる。しかし、実際の放牧草地では、放牧家畜の複雑な影響をうけるため、草地管理の効果は一般に鈍感である。したがって、本研究成果の適用に当たっては、長期にわたって継続した場合においてのみ顕在化することを念頭におくべきである。

謝 辞

本報告は、北海道立根釧農業試験場において、農林省指定試験事業としての大規模草地造成維持管理試験の研究成績のうち、主として昭和42年より昭和50年までの分について取りまとめたものである。

本研究の遂行に当たり、北海道立根釧農業試験場草地科の研究職員能代昌雄技師、同袴田共之技師および元同科研究職員能勢公技師（現釧路北部農業改良普及所）の諸氏には、絶大な御協力をいただき、また有益な論議をともにした。ここに記して深甚なる謝意を表する。

本研究の取りまとめに際し、当場の元土壌肥料科長早川康夫博士（現九州農業試験場草地部長）および元草地科長奥村純一博士らによって開始され、筆者によって継続された試験結果の一部も使用させていただいた。また、この間に在任された

北海道立根釧農業試験場長の坪松戒三博士（現弘前大学教授）、松村宏氏（現北海道立新得畜産試験場長）、平沢一志氏（現北海道立滝川畜産試験場長）、および現場長松代平治氏、北海道立中央農業試験場前化学部長森哲郎氏（現北海道立上川農業試験場）の諸氏には、終始御指導と御援助をいただいた。また、農林省農業技術研究所元化学部長石沢修一博士、同北海道農業試験場前農芸化学部長江川友治博士（現農業技術研究所長）、同現部長出井嘉光博士には終始御助言と御激励を賜わり、また農林省農林水産技術会議事務局の関係各位には絶大な御支援を賜わった。ここに記して謝意を表する。

本稿を草するに当たり、終始御懇篤な御助言を賜わり、御校閲をいただいた北海道大学農学部教授 田中 明博士、同 広瀬可恒博士および同岡島秀夫博士に謹んで感謝する。

引 用 文 献

- 1) 阿部喜美子, 瀬野信子, 1968: 生物化学実験法, XI 糖類実験法 13~26, 共立出版, 東京.
- 2) ADAMS, R. S., 1961: Results of feed analysis in feeding dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, **44**, 2105-2112.
- 3) ANSLOW, R. C. and J. O. GREEN, 1967: The seasonal growth of pasture grass. *J. Agric. Sci.*, **68**, 109-122.
- 4) BAKER, H. K., 1956: Note on the influence of previous management on the death of perennial ryegrass during winter. *J. Br. Grassl. Soc.*, **11**, 235-237.
- 5) ———, 1957: Studies on the root development of herbage plant III The influence of cutting treatment on the root, stubble and herbage production of a perennial ryegrass sward. *J. Br. Grassl. Soc.*, **12**, 197-208.
- 6) ———, 1960: The production of early spring grass I. The effect of autumn management and different levels of nitrogenous manuring on the production of early spring grass from a general ley. *J. Br. Grassl. Soc.*, **15**, 275-280.
- 7) ——— and J. R. CHARD, 1961: The production and utilization of winter grass at various centers in England and Wales, 1954-60 I. Management for herbage production. *J. Br. Grassl. Soc.*, **16**, 185-189.
- 8) ——— and E. A. GARWOOD, 1961: Studies on the root development of herbage plants, V. Seasonal changes in fructosan and soluble-sugar contents of cocksfoot herbage, stubble and root under two cutting treatments. *J. Br. Grassl. Soc.*, **16**, 236-267.
- 9) BAKER, H. K. and J. R. A. CHARD, 1965: A comparison of cocksfoot and tall fescue dominant swards for out-of-season production. *J. Br. Grassl. Soc.*, **20**, 84-90.
- 10) BLACKMAN, G. E. and W. G. TEMPLEMAN, 1938: The interaction of light intensity and nitrogen supply in the growth and metabolism of grass and clover (*T. repens*) I. The effects of light intensity and nitrogen supply on the clover content of a sward. *Ann. Bot. N. S.*, **2**, 257-280.
- 11) BLAND, B. F., 1967: The effect of cutting frequency and root segregation on the yield from perennial ryegrass-white clover associations. *J. Agric. Sci.*, **69**, 391-397.
- 12) BLASER, R. E. and N. C. BRADY, 1950: Nutrient competition in plant association. *Agron. J.*, **42**, 128-135.
- 13) ———, T. TAYLOR, W. GRIFFETH and W. SKRDLA, 1956: Seedling competition in establishing forage plants. *Agron. J.*, **48**, 1-6.
- 14) BOMMER, D. F. R., 1969: ヨーロッパにおける草地研究の課題, 日草誌, **15**, 105-111.
- 15) BROWN, R. H. and R. E. BLASER, 1965: Relationships between reserve carbohydrate accumulation

- and growth rate in orchardgrass and tall fescue. *Crop Sci.*, 5, 577-582.
- 16) BURNS, J. C., L. GOODE, H. D. GROSS and A. C. LINNERN, 1973 : Cow and calf gains on ladino clover-tall fescue and tall fescue, grazed alone and with coastal bermudagrass. *Agron. J.* 65, 877-880.
 - 17) BUTLER, G. W., 1957 : New light on clover nitrogen. *Dairy farming annual*, 55-61.
 - 18) CALDER, F. W., 1970 : The use of cattle and sheep for evaluating grass and legum swards, a comparison of methods. *J. Br. Grassl. Soc.*, 25, 144-153.
 - 19) COLBY, W. G., M. DRAKE, D. L. FIELD, and G. KREOWSKI, 1965 : Seasonal pattern of fructosan in orchardgrass stubble as influenced by nitrogen and harvest management. *Agron. J.*, 57, 169-173.
 - 20) COOPER, J. P., 1951 : Studies on growth and development in *Lolium*. II. Pattern of bud development on the shoot apex and its ecological significance. *J. Ecol.*, 39, 228-270.
 - 21) ———, 1960 : The use of controlled life-cycle in the forage grasses and legumes. *Herb. Abstr.*, 30, 71-79.
 - 22) ——— and N. M. TANTON, 1968 : Light and temperature requirements of growth of tropical and temperate grasses. *Herb. Abstr.*, 38, 167-176.
 - 23) COWLING, D. W., 1962 : The production of winter grass from a row crop of cocksfoot and lucern. *J. Br. Grassl. Soc.*, 17, 161-166.
 - 24) ———, J. O. GREEN and S. M. GREEN, 1964 : The effect of white clover and nitrogenous fertilizer on the production of a sward III Statistical interpretation of their relative contributions. *J. Br. Grassl. Soc.*, 19, 417-424.
 - 25) ——— and D. R. LOCKYER, 1967 : A comparison of the reaction of different grass species to fertilizer nitrogen and to growth in association with white clover III Yield of nitrogen. *J. Br. Grassl. Soc.*, 22, 53-61.
 - 26) COWLISHAW, S. T. and F. E. ALDER, 1960 : The grazing preferences of cattle and sheep. *J. Agric. Sci.*, 54, 257-265.
 - 27) DAVIDSON, J. L. and F. L. MILTHORPE, 1966 : Leaf growth in *Dactylis glomerata* following defoliation. *Ann. Bot.*, 30, 173-184.
 - 28) DAIVS, A. G. and M. M. COOPER, 1951 : White clover trial I. Production in terms of liveweight increase, II. Changes in botanical composition. *J. Br. Grassl. Soc.*, 6, 229-243.
 - 29) DEVINE, J. R. and M. R. J. HOLMES, 1965 : Field experiments comparing winter and spring application of ammonium sulphate, ammonium nitrate, calcium nitrate and urea to grassland. *J. Agric. Sci.*, 64, 101-107.
 - 30) DEXTER, S. T., 1956 : The evaluation of crop plants for winter hardiness. *Adv. Agron.*, 8, 203-239.
 - 31) DIETZ, K. and E. G. MULDER, 1962 : Effect of associated growth on yield and nitrogen content of legume and grass plants. *Plant and Soil*, 26, 229-237.
 - 32) DOLL, E. C., 1962 : Effects of fall-applied nitrogen fertilizer and winter rainfall on yield of wheat. *Agron. J.*, 54, 471-473.
 - 33) DONALD, C. M., 1963 : Competition among crop and pasture plants. *Adv. Agron.*, 15, 1-118.
 - 34) DRAKE, M., J. VIENGRIS and W. G. COLBY, 1951 : Cation exchange capacity of plant roots. *Soil Sci.*, 72, 139-147.
 - 35) ———, W. G. COLBY and E. BREDAKIS, 1963 : Yield of orchardgrass as influenced by rates of nitrogen and harvest management. *Agron. J.*, 55, 361-362.
 - 36) ———, ——— and D. L. FIELD, 1965 : Factors influencing the fructosan level in orchardgrass. *カリシンポジウム*, 15-23, 養賢堂, 東京
 - 37) 江原薫, 梶和一, 1961 : 牧草の夏刈れに関する生理生態学的研究, 1, 気温および土壌水分がラジノクロバ, アルファルファの成育ならびに耐旱の性質に及ぼす影響, *日作紀*, 30, 35-38.
 - 38) 江原薫監修, 1971 : 飼料作物・草地の研究, 養賢堂, 東京.
 - 39) EDMOND, D. B., 1958 : The influence of treading on pasture, a preliminary study. *N. Z. J. Agric. Res.*, 1, 319-328.
 - 40) ETHREDGE, J., E. R. BEATY and R. M. LAWRENCE, 1973 : Effects of clipping height, clipping frequency, and rates of nitrogen on yield and energy content of coastal bermudagrass. *Agron. J.*, 65, 717-719.
 - 41) FRAME, J., 1973 : The yield response of a tall fescue/white clover sward to nitrogen rate and harvesting frequency. *J. Br. Grassl. Soc.*, 28, 139-148.
 - 42) FREYMAN, S., 1969 : Role of stubble in the survival of certain ice-covered forages. *Agron. J.*, 61, 105-107.
 - 43) GARWOOD, E. A., 1967 : Seasonal variation in appearance and growth of grass roots. *J. Br. Grassl. Soc.*, 22, 121-130.
 - 44) ———, 1969 : Seasonal tiller populations of grass and grass/clover swards with and without irrigation. *J. Br. Grassl. Soc.*, 24, 333-344.
 - 45) 後藤寛治, 森行雄, 川端晋太郎, 1966 : オーチャードグラスの越冬性について, *北農*, 33 (12), 44-46
 - 46) GRUNES, D. L., P. R. STOUT and J. R. BROW-

- NELL., 1970 : Grass tetany of ruminates. *Adv. Agron.*, 22, 332-374.
- 47) 袴田共之, 平島利昭, 奥村純一, 1971 : 極寒冷地域における放牧草地の維持管理法, 第2報, 排泄ふん中の窒素, リン酸, カリの土壌および牧草中への移行 *道農試集報*, 24, 82-92.
- 48) 原田勇, 1967 : 牧草の養分吸収過程並びにそれに基づく合理的施肥法に関する研究, *酪農大紀*, 3 (1), 1-160.
- 49) HART, R. H., 1972 : Forage yield, stocking rate, and beef gains on pasture. *Herb. Abstr.*, 42, 345-355.
- 50) 早川康夫, 1962 : 根釧地方に分布する火山性土の理化学的特性と主幹作物の肥培法について, *道農試報告*, 11.
- 51) ———, 橋本久夫, 1963 : 根釧地方火山灰地における牧草地土壌の理化学的特性とその施肥法に関する試験, 第7報 放牧用牧草の施肥法について, *道農試集報*, 10, 42-58.
- 52) ———, ———, 1963 : 根釧地方の牧野改良, 第1報, 牧野の生産力について, *道農試集報*, 10, 59-75.
- 53) ———, ———, 1963 : 根釧地方火山灰地における牧草地土壌の理化学的特性とその施肥法に関する試験, 第8報 牧草の秋播限界, *道農試集報*, 11, 11-19.
- 54) ———, 奥村純一, 1964 : 根釧地方の牧野改良, 第4報, 放牧による土壌成分の偏倚, *道農試集報*, 14, 47-55.
- 55) ———, 橋本久夫, 奥村純一, 1967 : 根釧地方の牧野改良, 第6報, 耐減肥性牧草の比較とイネ科牧草へのクローバ固定窒素の移譲, *道農試集報*, 15, 101-122.
- 56) ———, 伊藤巖, 1968 : 永年放牧地の特性と管理, 第1報, 放牧時間の長短と放牧時の草高について, *北農試集報* 92, 62-72.
- 57) ———, 宮下昭光, 1970 : 放牧期間の延長, 第1報 Foggageの維持管理と利用限界, *北農試集報* 97, 7-16.
- 58) ———, 佐藤康夫, 1970 : 永年放牧地の特性と管理, 第3報, 季節生産の平準化に及ぼす草丈と代表的放牧用草種, *北農試集報*, 99, 17-27.
- 59) ———, ———, 1971 : 永年放牧草地の特性と管理, 第6報, 季節生産平準化のための施肥法, *北農試集報*, 99, 110-116.
- 60) ———, ———, 1972 : 放牧期間の延長, 第3報, 延長利用草地における翌春の収量と家畜の利用, *北農試研報*, 102, 117-124.
- 61) ———, ———, 1973 : 放牧期間の延長, 第4報, ASP用草種の選定と晩秋放牧, *北農試研報*, 104, 19-32.
- 62) 林 満, 1970 : 牧草の刈取り処理と生産性の関係, その1, イネ科草, *北農*, 37 (7), 1-14.
- 63) ———, 1970 : 牧草の刈取り処理と生産性の関係, その2, マメ科草, *北農* 37 (10), 1-18.
- 64) 林 満, 新田一彦, 1971 : 光の強度に対する牧草の生育反応の草種間比較, *北海道草地研究会誌*, 5, 20-23.
- 65) 平井義孝, 1964 : 大豆の無機磷の利用からみた磷酸施肥の一考察, *道農試集報*, 14, 80-89.
- 66) 平島利昭, 1970 : 北海道根釧地方における永年放牧地の施肥法 第3報, 施肥時期が草地の生産性におよぼす影響, *土肥学会講要* 16, 103.
- 67) ———, 能勢公, 袴田共之, 奥村純一, 1971 : 極寒冷地域における放牧草地の維持管理法, 第1報, イネ科牧草に対するシロクロバの窒素移譲, *道農試集報*, 23, 44-54.
- 68) ———, 能代昌雄, 1973 : 極寒冷地域における放牧草地の維持管理法, 第3報 主要イネ科牧草に対する秋施肥効果, *日草誌*, 19, 53-62.
- 69) ———, 1974 : 草地管理指定試験成績書, 北海道立根釧農試
- 70) 広瀬又三郎, 1964 : 草地の放牧利用について, *日草誌*, 10, 137-140.
- 71) 広田秀憲, 1953 : ニュージーランドの草地農業, 畑地農業研究会, 東京.
- 72) HOLMES, W. and D. S. MACLUSKY, 1955 : The intensive production of herbage for crop-drying. VI. A study of the effect of intensive nitrogen fertilizer treatment on species and strains of grass, grown alone and with white clover. *J. Agric. Sci.*, 46, 267-286.
- 73) 星野正生, 守屋直助, 金武フミエ, 1956 : Orchard-grassの採種に関する研究, *農技研報*, G 12, 29-35.
- 74) ———, ———, 池田十五, 松本フミエ, 1959 : 草類の種子発芽及び初期生育に及ぼす環境要因の影響に関する研究, I 草類の初期生育に及ぼす光の影響, *日作紀*, 27, 111-114.
- 75) HOWELL, J. H. and G. A. JUNG, 1965 : Cold resistance of Potomac-orchardgrass as related to cutting management, nitrogen fertilization, and mineral levels in the plant sap. *Agron. J.*, 57, 525-529.
- 76) HUNT, O. J. and R. E. WAGNER, 1963 : Effects of management practices on yield and composition of three grass-legume mixtures. *Agron. J.*, 55, 13-16.
- 77) 石塚喜明, 尾形昭逸, 1965 : 泥炭地の排水水位の問題, 第5報, 排水位を異にして牧草を栽培した場合のその生育と加里, 磷酸用量との関係, *土肥誌*, 36, 297-303.
- 78) 伊藤巖, 1972 : 積雪寒冷地帯の永年放牧草地に関する生態学的研究, *北農試研報* 103, 77-158.
- 79) 岩崎穂, 1973 : 放牧の強さ, 追肥の量および利用方法の相違が混播放草の収量と草種構成とに及ぼす影響, *草地試研報*, 3, 43-57.
- 80) JACKMAN, R. H. and M. C. H. MOUAT, 1972 : Competition between grass and clover for phos-

- phate I. Effect of browntop (*Agrostis tenuis* Sibth) on white clover (*Trifolium repens* L.) growth and nitrogen fixation. N. Z. J. Agric. Res., 15, 653-666.
- 81) JUNG, G. A. and R. E. KOCHER, 1974: Influence of applied nitrogen and clipping treatments on winter survival of perennial cool-season grasses. Agron. J., 66, 62-65.
- 82) 堀山幸夫, 1963: 牧草の最終刈取り時期が越冬性並びに収量に及ぼす影響, 北農, 30(1), 14-17.
- 83) 川端晋太郎, 1972: 秋期の最終刈取り日の差異に対するオーチャードグラス品種の反応, 北海道草地研究会誌, 6, 17-20.
- 84) 川鍋祐夫, 吉原潔, 上野昌彦, 1959: 牧草の夏かれ防止に関する研究, I, 高温が牧草の光合成及び呼吸作用に及ぼす影響, 日作紀, 27, 361-362.
- 85) KILMER, V. J., O. L. BENNETT, V. F. STAHL, and D. R. TIMMONS, 1960: Yield and mineral composition of eight forage species grown at four levels of soil moisture. Agron. J., 52, 282-285.
- 86) 岸 洋, 1973: イネ科牧草とマメ科牧草の競合に関する研究, 第1報, オーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) とラジノクローバ (*Trifolium repens* L.) 混播草地における両草種の生育, 日作紀, 42, 397-406.
- 87) ———, 1974: イネ科牧草とマメ科牧草の競合に関する研究, 第2報, クローバと種々のイネ科牧草と組み合わせた草地におけるイネ科牧草の混生率および生育特性の比較, 日作紀, 43, 382-388.
- 88) ———, 1974: イネ科牧草とマメ科牧草の競合に関する研究, 第3報, オーチャードグラスとラジノクローバの混播草地における両草種の生育に及ぼす刈取り回数の影響, 第4報, オーチャードグラスとラジノクローバの混播草地における両草種の生育に及ぼす光の影響, 日作紀, 43, 498-509.
- 89) 木下彰, 1973: 土壌水分特性と水管理, 北農試資料, 1, 55-80.
- 90) 北岸隆三, 1961: ニュージーランド草地農業における土壌肥沃度の諸問題, 土肥誌, 32, 115-120.
- 91) ———, 1962: 火山灰土壌における牧草集約栽培に関する土壌肥科学的研究, 東北農試報, 23, 1-69.
- 92) KLETER, H. J. and J. A. BAKHUIS, 1972: The effect of white clover on the production of young and older grassland compared to that of nitrogen fertilizer. J. Br. Grassl. Soc., 27, 229-239.
- 93) 近藤秀雄, 1973: 牧草地に対する秋施肥に関する研究, 第1報, オーチャードグラス草地の早春の生産性に対する秋施肥と春施肥の比較, 北農試研報 106, 109-123.
- 94) ———, 1974: 牧草地に対する秋施肥に関する研究, 第2報, オーチャードグラス草地の早春の生産性に対する秋期の施肥時期の影響, 北農試研報 107, 63-72.
- 95) KRESGE, C. B., 1965: Response of orchardgrass to fall-, spring-applied nitrogen. Agron. J., 57, 390-393.
- 96) 熊井清雄, 広瀬又三郎, 桜井茂作, 真田雅, 1964: 牧草の再生に関する研究, II, オーチャードグラスの貯蔵炭水化物の季節的消長について, 畜試研報, 7, 59-64.
- 97) ———, 真田雅, 1973: 牧草の再生に関する研究, 第IV報, オーチャードグラスの再生に及ぼす貯蔵炭水化物ならびに体内窒素の意義, 草地試研報, 3, 25-31.
- 98) ———, 長沢忠, 野本達郎, 1973: 牧草の収量に対する単播, 混播の比較並びに施肥水準の影響, 畜産の研究, 27, 1131-1135.
- 99) LANGER, R. H. M., 1963: Tillering in herbage grasses. Herb. Abstr., 33, 141-148.
- 100) LAUGHLIN, W. M., 1963: Bromegrass response to rate and source of nitrogen applied in fall and spring Alaska. Agron. J., 55, 60-62.
- 101) ———, 1964: Bromegrass response to fall and spring applications of three rates of phosphorus and potassium in Alaska. Agron. J., 56, 78-79.
- 102) ———, 1965: Effect of fall and spring application of four rates of potassium on yield and composition of timothy in Alaska. Agron. J., 57, 555-558.
- 103) LAWRENCE, T., 1963: The influence of fertilizer on the winter survival of intermediate wheatgrass following a long period of drought. J. Br. Grassl. Soc., 18, 292-294.
- 104) 前野休明, 江原潔, 1970: 牧草の再生に関する生理生態学的研究 第10報, 牧草の再生に及ぼす温度の影響, 日草誌 16, 136-140.
- 105) ———, ———, 1970: 牧草の再生に関する生理生態学的研究 第11報, 牧草の再生に及ぼす窒素追肥の影響, 日草誌, 16, 141-143.
- 106) 藤田秀夫, 1970: 乳用子牛の早期集団放牧育成法に関する試験 第3報, イネ科, マメ科, 植生比率の違いが, 早期放牧子牛の発育および健康状態におよぼす影響 (予報) 北海道草地研究会誌, 4, 53-54.
- 107) MARSH, R. and R. C. CAMPLING, 1970: Fouling of pastures by dung. Herb. Abstr., 40, 123-130.
- 108) MAY, L. H., 1960: The utilization of carbohydrate reserves in pasture plants after defoliation. Herb. Abstr., 30, 239-245.
- 109) MITCHELL, K. J., 1956: Growth of pasture species under controlled environment I. Growth at various levels of constant temperature. N. Z. Sci. Technol., A, 38, 203.
- 110) 三井進午, 中川正男, 馬場昂, 天正満, 熊沢喜久雄, 1956: 作物の養分吸収に関する動的研究, 第10報, 作物根のアシドイド及び塩基未飽和土壌コロイドによる培性苦土燐肥 (P^{32}) の接触溶解吸収について,

- 土肥誌, 26, 497-501.
- 111) 森哲郎, 渡辺公吉, 藤田勇, 1965: 北海道の畑地土壌における施肥養分の動態と施肥技術の改善に関する研究, 第1報, 十勝火山性高丘地土壌における各種窒素肥料の形態的消長, 北農試集報, 86, 18-39
 - 112) 本山栄一, 久保田収治, 1964: イタリアンライグラスの施肥法に関する研究 第3報, 刈取再生に伴う体内成分の消長, 四国農試報, 10, 69-109.
 - 113) MOUAT, M. C. H. and T. W. WALKER, 1959: Competition for nutrients between grasses and white clover II. Effect of root cation-exchange capacity and rate of emergence of associated species. Plant and Soil 11, 41-52.
 - 114) MUNRO, J. M. M. and R. HUGHES, 1966: White clover and hill land improvement. J. Br. Grassl. Soc., 21, 224-230.
 - 115) ———, and D.A. DAVIES, 1974: Potential pasture production in the upland of Wales 5. The nitrogen contribution of white clover. J. Br. Grassl. Soc., 29, 213-223.
 - 116) 村上登, 金子幸司, 赤城望也, 小島昌也, 1955: 根釧地域における牧草地の実態調査, 北農試資料 37.
 - 117) ———, ———, ———, ———, 1957: 牧草と草地II, 北農 24, 393-409.
 - 118) MURATA, Y. and J. IYAMA, 1963: Studies on the photosynthesis of forage crops. II. Influence of air-temperature upon the photosynthesis of some forage and grain crops. Crop Sci. Soc. Jap., 31, 315-322.
 - 119) 村田吉男, 1967: わか国における牧草栽培の基礎的問題, 畜産の研究, 21, 926-928.
 - 120) 名田陽一, 江原薫, 1970: 牧草の再生に関する生理生態学的研究 第17報, 数種イネ科牧草の生育段階別再生産量と株, 根の化学成分および分けつとの関係, 日草誌 16, 254-262.
 - 121) 仁木巖雄, 牛山正昭, 富井光一, 1958: 霜柱氷層による作物の断根並びにその防除に関する研究 第4報 霜柱氷層の形成を妨げる要因としての根群 第5報 栽培方法と被害, 日作紀, 26, 75-77.
 - 122) 西埜進, 和泉康史, 大橋尚夫, 小林道臣, 曾根章夫, 塚本進, 1966: 混播牧草の最終利用時期が, 翌年の収量ならびに牧養力におよぼす影響, 北農, 33(12), 51-54.
 - 123) 野村琥, 兼田裕光, 山口宏, 大村邦男, 1970: 根釧地方における草地の環境と牧草生育との関連について, 第1報, 牧草生育と気象, 道農試集報, 20, 44-51.
 - 124) ———, 1971: 根釧地方における草地の環境と牧草生育との関連について, 第2報 永年草地における土壌と草勢のうごき, 道農試集報, 24, 93-104.
 - 125) 農林水産技術会議編, 1974: 飼料作物の品種解説, 日本飼料作物種子協会, 東京.
 - 126) NORMAN, M. J. T., 1960: The relationship between competition and defoliation in pasture. J. Br. Grassl. Soc., 15, 145-149.
 - 127) 能勢公, 平島利昭, 1973: 放牧草地におけるマメ科率抑圧現地実証試験, 北海道草地研究会誌, 7, 32-34.
 - 128) 能代昌雄, 平島利昭, 1974: 極寒冷地域における放牧草地の維持管理法, IV, 主要イネ科牧草の貯蔵炭水化物蓄積に及ぼす秋の刈取りと施肥の影響, 道農試集報, 30, 75-84.
 - 129) ———, ———, 安達篤, 1975: 根釧地方におけるイネ科牧草の耐寒性, 北海道草地研究会誌, 10, 71-74.
 - 130) 沼田真, 1969: 図説植物生態学, 朝倉書店, 東京.
 - 131) 小原道郎, 1962: 草地土壌と牧草の養分吸収, 土肥誌, 33, 259-270.
 - 132) ———, 1964: 牧草地の施肥管理, 日草誌, 10, 146-152.
 - 133) 小幡稔実, 進藤武郎, 富井光一, 阿部二朗, 1967: 中部高冷地の酪農における牧草の栽培と利用に関する体系的研究, 第1報, 高冷地におけるラジノクロバ, オーチャードグラス草地の永続性に関する研究, 農事試研報, 10, 51-70.
 - 134) ———, 富井光一, 牛山正昭, 1967: 中部高冷地の酪農における牧草の栽培と利用に関する体系的研究, 第III報, ラジノクロバ, オーチャードグラス草地の混生率変動の観察, 農事試研報, 10, 83-97.
 - 135) ———, 岡角清一, 進藤武郎, 1967: 中部高冷地の酪農における牧草の栽培と利用に関する体系的研究, 第IV報, 高冷地におけるラジノクロバ, オーチャードグラス混播草地の放牧利用について, 農事試研報 11, 145-156.
 - 136) 越智茂登一, 室賀利正, 1967: ラジノクロバの再生に関する研究(第2報)刈取期の間隔を異にした場合の再生とその季節的变化について, 日作紀, 36, 145-150.
 - 137) 奥村純一, 1973: 天北地方に分布する各種土壌とそれに対応する草地造成, 管理の基本方式, 道農試報告, 22, 1-107.
 - 138) 小野茂, 中島尚徳, 江原薫, 1968: 牧草の再生に関する生理生態学的研究, 第8報 刈取りの時期と高さ, オーチャードグラスの既分けつの再生ならびに新分けつの出現に及ぼす影響について, 日草誌, 14, 10-19.
 - 139) PETERSON, M. L. and L. E. BENDIXEN, 1961: Plant competition in relationship to nitrogen economy. Agron. J., 53, 45-49.
 - 140) REID, D., 1961: Factors influencing the role of clover in grass-clover leys fertilized with nitrogen at different rates I. The effects of variety of companion grass on the yields of total herbage and of clover. J. Agric. Sci., 56, 143-153.
 - 141) ———, 1961: Factors influencing the role of clover in grass-clover leys fertilized with nitrogen at different rates. III. The effects of the variety of companion grass and of the variety of clover on the

- botanical composition of the sward. J. Agric. Sci., 57, 231-236.
- 142) REID, D., 1970 : The effects of a wide range of nitrogen application rates on the yield from a perennial ryegrass sward with and without white clover. J. Agric. Sci., 74, 227-240.
- 143) REYNOLDS, J. H. and D. SMITH, 1962 : Trend of carbohydrate reserves in alfalfa, smooth brome-grass, and timothy grown under various cutting schedules. Crop Sci., 2, 333-336.
- 144) RHODES, I., 1970 : Competition between herbage grasses. Herb. Abstr., 40, 115-121.
- 145) ———, 1971 : The relationship between productivity and some components of canopy structure in ryegrass (*Lolium* spp.) II. Yield, canopy structure and light interception. J. Agric. Sci., 77, 283-292.
- 146) RUELKE, O. C. and D. SMITH, 1956 : Overwintering trends of cold resistance and carbohydrates in medium red, ladino, and common white clover. Plant Physiol., 31, 364-368.
- 147) ラッセル, E. J., 1956 : 植物生育と土壌 (藤原彰夫ら訳), 朝倉書店, 東京.
- 148) 酒井昭, 1972 : 植物の寒害と耐凍性, 雪氷, 34, 1, 44-53.
- 149) 坂本宣崇, 奥村純一, 中村文士郎, 1971 : 天北地方における草地の季節生産性に及ぼす施肥の影響, 北農, 38 (12), 12-27.
- 150) ———, ———, 1973 : 晩秋から早春にかけての牧草の生育特性と肥培管理, 第1報, 秋期の刈取り時期が翌春の収量に及ぼす影響, 道農試集報, 28, 22-32.
- 151) ———, ———, 1974 : 晩秋から早春にかけての牧草の生育特性と肥培管理, 第2報, 秋期の施肥時期が、翌春収量に及ぼす影響, 道農試集報, 30, 65-74.
- 152) 佐久間勉, 成田武四郎, 1963 : イネ科牧草, とくにオーチャードグラスの雪腐大粒菌核病について, 道農試集報, 11, 68-84.
- 153) 佐々木 信 介, 1969 : ラジノクローバ (*Trifolium repens* L.) の再生に関する研究, 弘前大学農学部学術報告, 15, 65-153.
- 154) 佐藤辰四郎, 1975 : 根圏土壌の化学性と牧草生育, 北海道土肥研究通信, 特集号
- 155) 沢田泰男, 五十嵐孝典, 小梁川忠士, 本橋裕, 1962 : 永年牧草地における土壌の理化学性の変化, 北農試集報, 77, 68-77.
- 156) 沢村浩, 鈴木慎二郎, 高野信雄, 山下良弘, 1971 : 乳牛の晩秋放牧用草地の特性と利用, 畜産の研究, 25, 687-690.
- 157) SEARS, P. D., 1953 : Pasture growth and soil fertility I. The influence of red and white clovers, super-phosphate, lime and sheep grazing on pasture yields and botanical composition. N. Z. J. Sci. Technol., 35, A. Suppl. I., 1-29.
- 158) SEARS, P. D., V. C. GOODAL, R. H. JACKMAN and G. S. ROBINSON, 1965 : Pasture growth and soil fertility. 8. The influence of grasses, white clover, fertilizers and the return of herbage clipping on pasture production of an impoverished soil. N. Z. J. Agric. Res., 8, 270-283.
- 159) 関口久雄, 奥村純一, 豊田広三, 1970 : 放牧牛の排泄物が放牧草地の化学性に及ぼす影響, 道農試集報, 20, 52-60.
- 160) 瀬尾春雄, 佐々木竜男, 富岡悦郎ほか, 1963 : 主としてカムイヌプリ火山灰の分布について, 北農試土性調査報告, 13, 169-197.
- 161) SMITH, Dale, 1952 : The survival of winter-hardened legumes encased in ice. Agron. J., 44, 469-473.
- 162) ———, 1964 : Winter injury and the survival of forage plants. Herb. Abstr., 34, 203-209.
- 163) ——— and O. R. JEWISS, 1966 : Effects of temperature and nitrogen supply on the growth of timothy (*Phleum pratense* L.). Ann. Appl. Biol., 58, 145-157.
- 164) SPRAGUE, V. G. and R. J. GARBER, 1950 : Effect of time and height of cutting and nitrogen fertilization on the persistence of the legume and production of orchardgrass-ladino and brome-grass-ladino associations. Agron. J., 42, 586-593.
- 165) STERN, W. R. and C. M. DONALD, 1962 : Light relationships in grass-clover swards. Aust. J. Agric. Res., 13, 599-614.
- 166) STEWART, D. A., 1974 : Some mathematical aspects of the clover, grass, and fertilizer nitrogen relations, J. Agric. Sci., 82, 331-342.
- 167) SUZUKI, M., 1971 : Behavior of long-chain fructosan in the basal top of timothy as influenced by N, P, and K and defoliation. Crop Sci., 11, 632-635.
- 168) 鈴木慎二郎, 山本神朗, 沢村浩, 1974 : 晩秋用放牧草地の栄養価と育成牛の発育, 北農試報, 107, 45-62.
- 169) TABOR, P., 1957 : Early references to giant white clover. Agron. J., 49, 520-521.
- 170) 田口啓作, 高橋直秀, 喜多富美治, 吉田稔, 1964 : 飼料作物の生理生態学的研究 第1報, 主要豆科牧草の播種当年における最終刈取り時期が越冬性に及ぼす影響, 北大附属農場報告, 12, 97-125.
- 171) 高橋達見, 1974 : 草地土壌の肥沃度, 土肥誌, 45, 142-148.
- 172) 武田友四郎, 梶和一, 1964 : 飼料作物の生育に関する研究, 第1報 ラジノクローバの乾物生産と葉の生産に及ぼす高温の影響, 第2報 光合成, 呼吸および体内成分の消長からみたラジノクローバの高温生育障害, 日作紀, 33, 1-15.
- 173) TAYLOR, T. H., J. B. WASHKO, and R. E. BLA-

- SER, 1960 : Dry matter yield and botanical composition of an orchardgrass-ladino white clover mixture under clipping and grazing conditions. *Agron. J.*, 52, 217-220.
- 174) 坪松戒三, 藤田保, 1961 : 放牧型式を異にした牧草地における草生産力と植生推移並びに若令牛の発育, 北農 28 (7), 14-16.
- 175) ———, ———, 1965 : 根刈地方における乳牛の放牧飼養管理法に関する試験, I, ラジノクローバ草地放牧と舎飼の経済比較, 根刈農試資料 1, 54-56.
- 176) ———, ———, 1965 : 根刈地方における乳牛の放牧飼養管理法に関する試験, III, 各種混播草地の産乳効果比較, 根刈農試資料, 1, 58-60.
- 177) WALKER, T. W., H. D. ORCHISTON and A. F. R. ADAMS, 1954 : The nitrogen economy of grass/legume associations. *J. Br. Grassl. Soc.*, 9, 249-274.
- 178) ———, A. F. R. ADAMS and H. D. ORCHISTON, 1956 : Fate of labeled nitrate and ammonium nitrogen when applied to grass and clover grown separately and together. *Soil Sci.*, 81, 339-351.
- 179) WARD, C. Y. and R. E. BLASER, 1961 : Carbohydrate food reserves and leaf area in regrowth of orchardgrass. *Crop Sci.*, 1, 366-370.
- 180) 渡辺潔, 1975 : オーチャードグラスの再生におよぼす季節, 刈取り並びに施肥の影響に関する研究, 東北農試研報, 49, 1-59.
- 181) WEINMAN, H., 1961 : Total available carbohydrates in grasses and legumes. *Herb. Abstr.*, 31, 255-261.
- 182) WHEELER, J. L., 1958 : The effect of sheep excreta and nitrogenous fertilizer on the botanical composition and production of a ley. *J. Br. Grassl. Soc.*, 13, 196-202.
- 183) WILKINSON, J. F. and D. T. DUFF, 1972 : Effects of fall fertilization on cold resistance, color and growth of Kentucky bluegrass. *Agron. J.*, 64, 345-348.
- 184) WILSON, D. B. and W. S. Mc GUIRE, 1961 : Effects of clipping and nitrogen on composition between three pasture species. *Can. J. Plant Sci.*, 41, 631-642.
- 185) WOLTON, K. M. and J. S. BROCKMAN, 1970 : The effect of fertilizer nitrogen and white clover on herbage production. *J. Br. Grassl. Soc.*, 25, 7-19.
- 186) ———, J. S. BROCKMAN and P. G. SHAW, 1971 : The effect of time and rate of N application on the productivity of grass sward in two environments. *J. Br. Grassl. Soc.*, 26, 123-131.
- 187) ———, 1973 : An effect of time of N application in a growth period on herbage production. *J. Br. Grassl. Soc.*, 28, 181-182.
- 188) 山田忍, 田村昇市, 山内正視, 1955 : 火山性土の凍結並びに融凍作用が土壌と作物に及ぼす影響とこれが対策に関する研究 (第3報), 土肥誌, 25, 273-279.
- 189) 山神正弘, 奥村純一, 1973 : オーチャードグラスの再生と温度および日長の関係, 北農, 40 (5), 10-19.
- 190) 山本毅, 佐々木健治, 1968 : 施肥ならびに刈取り管理が混播牧草の生育と土壌の化学性におよぼす影響, 東北農試報告, 36, 113-124.
- 191) 山根一郎, 黒崎順二, 伊藤巖, 佐藤勝信, 佐藤和夫, 1962 : 山地草原における牧草に対する施肥効果, 日草誌, 8, 133-140.
- 192) 吉原潔, 川鍋祐夫, 上野昌彦, 日高雅子, 1958 : 牧草の混播に関する研究 I, 単播の場合の数種牧草の収量とその季節的, 年次的分布, 農技研報告 G 14, 179-183.
- 193) ———, ———, ———, 1958 : 牧草の混播に関する研究 II, まめ科牧草の混播による草地の収量及び2-3の土壌性質の変化について, 農技研報告 G 14, 185-190.
- 194) ———, 上野昌彦, 川鍋祐夫, 岡田忠篤, 日高雅子, 1960 : 牧草の混播に関する研究 IV, オーチャードグラス, ラジノクローバの単播と混播の比較, 日作紀, 29, 179-181.

Studies on the management of permanent pastures in Konsen district in HOKKAIDO

by
Toshiaki HIRASHIMA

Summary

Konsen district in the eastern Hokkaido is characterized by cool and humid summer, cold winter, and infertile nature of the volcanic ash soils. Recently, dairy farming has been developing rapidly in this district, and many public stock farms were established to keep the successive calves, which were collected from individual dairy farmers who can not afford to maintain them in their own pasture with limited area.

Permanent pastures on the public stock farms are introduced in Hokkaido only recently, and it is needed to establish the method of management for such permanent pastures under the environmental conditions mentioned above, at low cost and with limited number of labors.

Productivity of pastures in this district has a tendency to decrease year after year, due, mainly, to insufficient nitrogen supply of the soil and to winterkilling of herbage.

In order to maintain a high productivity of pastures, it is necessary to establish and maintain a proper ratio between grasses and legumes (legume ratio) in a mixed pasture. To maintain the productivity of a mixed pasture at high levels, it is necessary (a) to maintain a proper legume ratio, and (b) to protect productive grasses from the winterkilling during cold winter.

Following points were investigated in these studies.

- (1) How to keep a proper legume ratio.
- (2) The influence of management in autumn on winterkilling of herbage.
- (3) Time and frequency of fertilizer application to have high and uniform production throughout the year with minimum labor.
- (4) Application of the experimental results obtained from cutting tests to the grazing condition.

The results obtained from above mentioned studies were summerized as follows :

I Managements to keep a proper legume ratio in mixed pastures.

- 1) The role of white clover (*Trifolium repense* L.) to supply nitrogen to grasses.

Grasses were more productive when they grow mixed with clover than grow alone, if nitrogen level in the soil was low (0~3kg N/10a/year). Ladino clover (ladino type) was higher in yield and was suppressed more strongly by nitrogen fertilization than white clover (common type).

Without nitrogen supply, redtop (*Agrostis alba* L.) accompanied with various white clovers was higher in nitrogen content and nitrogen yield than redtop alone, because a part of nitrogen fixed by

clovers was transferred to redtop in the mixture. The amount of transferred nitrogen ranged from 1.6 to 3.9kg N/10a/year in the third year after establishment of mixtures depending upon varieties or species of clovers. This amount was closely related to the amount of available nitrogen in the soil which is enriched by clovers.

2) Influence of temperature and light intensity on the legume ratio.

Optimum temperature for growth was 15~20°C in timothy (*Phleum pratense* L.) and 20~25°C in ladino clover. Accordingly, the legume ratio of the mixture of these two species decreased at 15~20°C and increased at above 20°C.

Under low light intensity conditions, the growth of ladino clover decreased more remarkably than that of timothy, and the legume ratio decreased especially at 15~20°C.

The influence of temperature and light intensity on the legume ratio become larger with frequent cuttings of herbage, because the weights of stubbles and roots were decreased more significantly by cuttings under a conditions of higher temperatures or lower light intensities. Thus, it can be expected that the legume ratio is lower in this district than other areas, because of low temperature and insufficient sunshine.

3) Influence of cuttings on herbage yield and the legume ratio.

Herbage yield and composition in mixture was influenced by frequency of cuttings, due to differences in the ability of regrowth among species of herbage. The regrowth was most vigorous in orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.), and the next in timothy and Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.). Ladino clover mixed with various grass was suppressed, and the legume ratio was lower in the order of the regrowth vigor of grass species in the mixture.

When the interval of cuttings is long enough for regrowth, the weight of stubbles and roots increases, regrowth becomes vigorous, and annual yield of herbage is high. With a cutting interval of 20~30 days ladino clover can recover sufficiently and the legume ratio is maintained at a constant level through-out the year.

The legume ratio can be kept at a proper level if stocking is made at the stage of herbage at 30 cm height. Light stocking decreased the legume ratio by selective clover-grazing by animals.

For the maintenance of proper legume ratio, it is necessary to suppress vigorous species and to encourage weak species by regulating the frequency of stocking and nitrogen application.

4) Influence of P, K, Ca and Mg application on herbage yield and the legume ratio.

Phosphorus application at about 20 kg P_2O_5 /10a at the stage of establishment is desirable to maintain sufficient herbage yields and a proper legume ratio in mixture. Fused magnesium phosphate is more effective than super-phosphate. When phosphorous application is insufficient or when super-phosphate is applied at establishment of a pasture, top dressing of phosphate in spring accelerates the rooting of stolons of clovers into the soil and increases the legume ratio.

Potassium application increases the legume ratio at low nitrogen levels, whereas at high nitrogen levels the growth of grasses is accelerated.

Calcium and magnesium application caused an acceleration of rooting of stolons and an increase of the legume ratio under conditions of low nitrogen and high potassium levels. The effects of top dressing of calcium carbonate on herbage yield and the legume ratio were rather small. Therefore, the influence of top dressing on the legume ratio is most prominent in nitrogen, followed by potassium,

phosphorus, magnesium and calcium, in this order.

Effect of application of fertilizers, especially of potassium, is less prominent in pasture on which grazing is made than those on which cutting is made, because the plant nutrients are returned to pastures as dung and urine of grazing animals. Therefore, the level of potassium application to keep a proper legume ratio should be decreased under grazing condition.

II Managements of autumn saved pasture and its influence on winterkilling of herbages.

1) Influence of cutting in autumn on the regrowth of herbages in the following spring.

Autumn saved pastures in this district can be prepared from pastures consisted of timothy or Kentucky bluegrass starting from late August and from pastures consisted of orchardgrass, meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) or ladino clover starting from early September. Nutritional value for animals of herbages decreases gradually in late autumn.

The growth of herbages in the following spring is weaker when the final cutting is made during the period from late September to early October than when it is made earlier or later, particularly in the cases of pastures of orchardgrass, meadow fescue and ladino clover. If pastures are cut during the period from late September to early October, the content of reserved carbohydrates in storage organs of herbage plants decreases after cutting, because the temperature during this period is high enough for the regrowth of herbages and the reserved carbohydrates in the plants are used, and the content of carbohydrates does not recover before winter. On the other hand, when the cutting is made on early November, the amount of reserved carbohydrates becomes large, and the decrease after cutting is small because the regrowth is limited due to low temperatures.

When mixtures of grasses and legumes are used at early October, (a) the winterkilling of orchardgrass and meadow fescue in the mixture is more serious, (b) the yield in the following spring is low, (c) the proportion of Kentucky bluegrass or ladino clover increases because they can propagate by rhizomes or stolons, and (d) other weeds invade into the pasture. However, such phenomena are not so prominent in pastures used at early November.

These results obtained under the cutting condition are applicable to the grazing condition.

2) Fertilizer application to autumn saved pasture.

Fertilizer application to pastures in late August generally increases the yield of herbages in autumn.

Nitrogen application increases the yield, tiller number, weight of storage organs, amount of reserved carbohydrates in late autumn, and also regrowth in the following spring. However, nitrogen application at higher levels than a critical makes the herbages more susceptible to winterkilling, and the grasses higher in $\text{NO}_3\text{-N}$ content which is dangerous to animals. Optimum level of nitrogen application in late August to autumn saved pastures is 4–6 kg N/10a.

Potassium application increases the yields of clover and some grasses, and also the content of fructosan in storage organs, by which the resistance to winterkilling is increased. Optimum level of potassium application to autumn saved pastures is 8–10 kg K_2O /10a.

Phosphorus application to autumn saved pasture caused only a slight increase of the yield of clover and some grasses.

3) Cold resistance of herbages.

The first frost comes usually in early October in this district. The damage caused by frosts is most serious when herbages is subjected to frost 3~7 days after cutting.

Cold resistance of herbages increases with the season in late autumn and early winter and becomes high in December. In this season many herbages can resist to -25°C except for meadow fescue and some clovers. In February, however, most of herbages become more susceptible to cold damage, and are injured by temperatures below -15°C . In this district, the air temperature becomes extremely low in winter, and the depth of snow on the ground is shallow. Thus, low temperature is one of the important causes of winterkilling. When the leaves and stems of herbages grow sufficiently before winter and stubbles are covered with them, the degree of frost injury becomes less, because stubbles and roots are protected from the low temperature during winter by leaves and stems.

In the spring, diurnal fluctuations of the temperature near the soil surface is large. It is above 0°C during day-time and below 0°C at night. However, the low temperature at night does not cause serious adverse effects on the regrowth of herbages and absorption of nutrient elements.

III Labor-saving managements for fertilizer application.

1) Effects of fertilizer application after the final utilization in autumn.

Nitrogen and potassium applied in early autumn encourage the growth of stubbles, and increase the number of tillers and the weight of the storage organs. Namely, their effects were similar with application to autumn saved pastures mentioned above. On the other hand, those applied in November remain at least partly, in the soil due to almost no growth of herbages when fertilizers are applied and are absorbed by the herbages in the following spring. Consequently, fertilizer application in late autumn is more effective for the regrowth during May than that in early spring.

2) Effects of time and frequency of fertilizer application.

If fertilizer application is to be made only once a year, the application in May or June is the best to obtain the maximum annual production. However, with this method the production is very high in spring and decreases rapidly with season. The application in July or August comes an increase of production in summer and the seasonal pattern of production, which is important for grazing animals, is improved, although the annual productivity is not the best due to the suppression of spring flush.

If fertilizer application can be made twice a year, applications in July and October are the best to have a high annual production with a relatively uniform seasonal production pattern. Furthermore, with this method the legume ratio in mixtures can be kept at a almost constant level by the encouragement of clovers in spring and the suppression of clovers in summer.

It can be concluded from above mentioned experimental results that, for the maintenance of productivity of permanent pasture, the legume ratio in mixture should be kept at about 30~50% by manipulating the methods of utilization of pastures and of fertilizer application. For this purpose, the growth habits of herbages and climatic condition in this district, such as low temperature and insufficient sunshine, should be taken into consideration. Management in autumn to prolong the grazing period should be made to favor the regrowth of herbages in the following spring, because winterkilling is a serious problem due to low air temperature with a limited snow cover on the ground in winter.