

第4章 草種構成と栽培要因との関係

第1節 随伴草種および施肥量の影響

混播草地の各構成草種の立毛と生産性を長年にわたり維持することは草地研究の大きな課題の1つである (DONALD 1963, BLASER et al. 1952, RHODES 1970)。自然のおよび人為的環境要因に対して各構成草種の生育反応が異なり、更に構成草種間の相互関係も加わるので、草種構成におよぼすこれら要因の影響は極めて複雑である。RHODES (1970) は構成草種の栽培条件による競争力の変化やある種の競争圧に対する草種の反応などについての知見はいまだに十分ではないと述べている。

前章までは比較的単純な要因の下で草種間の相互関係をみてきたが、この章ではいくつかの栽培条件を設定して、草種間の相互関係を明らかにしようとした。

前章においてチモシーは採草型の他のイネ科草種との混播によって著しく抑制されることを述べたが、ARENS (1962), LAMPETER (1960), GREENAWAY・BUDDEN (1959) も同様な結果を報告している。しかし、DAVIES (1960), FRAME et al. (1973) はチモシーとメドーフェスクはすぐれた随伴草種であると述べており、チモシーの混播適性について異なる見解がみられる。オーチャードグラスは初期年次の侵攻性は大きくないが、後期年次になると非常に侵攻的となり、同様な結果は COWLING・LOCKYER (1965) の報告にもみられる。

主体イネ科草種を異にした採草地に対して、それぞれ特定の肥培管理や刈取り管理を施し、合理的な草地利用を図ることが必要であろうと考えられる。チモシーやオーチャードグラスがそれぞれ主体性を維持できるように、随伴草種や施肥処理の効果を検討する目的で、直交表による多因子実験の手法を用いて本試験を行った。

試験方法

オーチャードグラス (北海道在来種およびフロード)、チモシー (北海道在来種およびクライマックス)、メドーフェスク (レトール)、ラジノクロバ (普通種)、アカクロバ (北海道在来種)、イタリアンライグラス (2倍体普通種) を供試した。

草種要因の第1水準にチモシー、第2水準にオーチャードグラスを配し、品種要因の第1水準に在来種、第2水準に導入種を配した。マメ科要因の第1水準はラジノクロバ (40万粒/10アール) + アカクロバ (20万粒/10アール)、第2水準はアカクロバ (40万粒) + ラジノクロバ (20万粒)、イタリアンライグラス要因の第1水準は組合せなし、第2水準は組合せありとし、肥料要因の第1水準は窒素 3—リン酸 3—カリ 10—堆肥 2,000 (kg/10アール) (堆肥の推定含有成分量を加えると窒素 13—リン酸 9—カリ 22)、第2水準は 6—6—20—堆肥なし (kg/10アール) とした。

草種組合せとそれぞれの播種量を表10に示した。チモシーおよびオーチャードグラスは混播草地の主体草種として50万粒/10アール、メドーフェスクは随伴イネ科草種として各区共通に10万粒/10アールとなるように播種量を規制した。マメ科草種は各水準とも合計60万粒/10アールとした。イタリアンライグラスは全体の種子粒数、120万粒の10%となるようにした。

施肥要因の水準ごとの施肥量は表11に示すとおりで、2年次以降は早春、各刈取り後および晩秋にそれぞれ追肥した。

試験区は各要因を $L_{32}(2^{31})$ 直交表によってそれぞれわりつけた。反復、主体イネ科草種および施肥の各要因を組合せた8区 (1次単位) のそれぞれの中に主体イネ科品種、マメ科およびイタリアンライグラスの各要因を組合せた細区 (2次単位) を4区ずつ配置した。細区面積は22.5m² (4.5m×5m) である。

北海道立根釧農業試験場ほ場において、1967年

Table 10. The combinations of species and their seeding rates in grams per 10 are.

Combination			Timothy		Orchardgrass		Meadow fescue	Ladino clover	Red clover	Italian rye-grass
A ¹⁾	B ²⁾	C ³⁾	Local	Climax	Local	Frode				
1	1	1	191(50) ⁴⁾				262(10)	276(40)	487(20)	347(12)
1	1	2	191				262	138(20)	973(40)	347
1	2	1		244(50)			262	276	487	347
1	2	2		244			262	138	973	347
2	1	1			582(50)		262	276	487	347
2	1	2			582		262	138	973	347
2	2	1				764(50)	262	276	487	347
2	2	2				764	262	138	973	347

- 1) A, the main grass factor with two levels: timothy, 1 and orchardgrass, 2.
- 2) B, the grass variety factor with two levels: local variety, 1 and foreign variety, 2.
- 3) C, the legume combination factor with two levels: ladino clover of 400,000 kernels and red clover of 200,000 kernels, 1 and ladino clover of 200,000 kernels and red clover of 400,000 kernels, 2.
- 4) The number (10,000) of germinable seeds per 10 are.

Table 11. Two levels of the fertilization factor and their applications in Kg per 10 are.

Fertilizer	Times of fertilization						
	1st year			2nd and 3rd year			
	basal	after the 1st cutting	late fall	early spring	after the 1st cutting	after the 2nd cutting	late fall
1st level							
N	3	3	—	1	1	1	—
P ₂ O ₅	25	5	—	1	1	1	—
K ₂ O	6	6	—	4	3	3	—
Manure	—	—	2,000	—	—	—	2,000
2nd level							
N	4	4	—	2	2	1	1
P ₂ O ₅	25	5	—	2	2	—	2
K ₂ O	8	8	—	5	5	5	5

5月に播種し、1974年までの8年間にわたって調査を続けた。刈取りは播種当年は2回、2年次以降は3回ずつ刈取った。

試験結果

刈取りごとに各構成草種ごとの風乾草収量について分散分析を行ったが、ここには年間合計風乾草量についての結果を示した。

主体イネ科草種の品種要因は草種構成に及ぼすほどの効果を示さなかったので品種区分は主体イネ科草種区ごとにまとめた。構成草種に対する各

要因の効果を表12～16に示し、平均的な草種構成の年次的推移を図26に示した。

1. 第1年次

表12に示すように、構成草種の平均草量はイタリアンライグラスやメドーフェスクがすぐれ、次いでアカクローバおよびラジノクローバであり、主体構成草種となることを期待したオーチャードグラスやチモシーの草量は極めて少なかった。ハコベやオオツメクサの雑草が相当量混生したが除草は行わなかった。

イタリアンライグラスによって主体イネ科草種

は有意に抑制され、チモシー主体区のメドーフェスクに対しても抑制的に働いたのに対して、オーチャードグラス主体区のメドーフェスクに対してはその効果が認められなかった。アカクロバおよびラジノクロバはイタリアンライグラスによって著しい抑制を受けた。マメ科要因の効果はいずれの草種も播種割合が多い場合に他方草種よりも優勢になった以外は構成草種に対する効果が認められなかった。構成草種に対する施肥要因の効果も有意性が認められなかった。

2. 第2年次

表13に示すように、構成草種間の草勢はイタリアンライグラスが消失した中で、メドーフェスクがもっともまさり、次いでアカクロバ、ラジノクロバであり、主体草種としてのオーチャードグラスおよびチモシーは依然として草量が劣っていた。

主体イネ科草種のオーチャードグラスに対してイタリアンライグラスによる抑制の残効果が大きく、チモシーに対してはほとんど認められなかつ

た。メドーフェスクの草量はチモシー区に多く、イタリアンライグラス要因の抑制的残効果が有意であった。マメ科草種に対してはイタリアンライグラス要因の効果がイネ科草種とは逆に増大効果として認められたが、イネ科草種の草勢が回復していない区ではマメ科草種の草勢がより増大したためである。マメ科要因の効果は第1年次と同様にマメ科自身にのみ認められ、施肥要因とともに構成草種に対する効果は認められなかった。

3. 第3年次および第4年次

第3年次の草量を表14に示した。構成の中でメドーフェスクの草量がもっとも多く、次いでオーチャードグラスが前年よりも草勢が増大し、チモシーは依然として劣勢であった。また、アカクロバは著しく劣勢となり、代ってラジノクロバの草勢が増大し、全体としてイネ科優勢の状態となった。

主体イネ科草種の草量の差異が著しく、従ってチモシー主体区におけるメドーフェスク、アカクロバ、ラジノクロバの草量はオーチャードグ

Table 12. The mean cured hay yields in Kg per 10 are of the components in the mixtures in the first year.

Factor and level	Type of mixture	Italian rye-grass	Main grass	Meadow fescue	Red clover	Ladino clover	Total
Main grass							
Local	Timothy	205	3	105	90	125	528
Climax	Timothy	177	4	115	89	89	474
Local	Orchardgrass	152	25	126	90	75	468
Frode	Orchardgrass	160	40	99	80	68	447
Italian ryegrass							
not mixed	Timothy	—	4	122	107	118	351
	Orchardgrass	—	50	83	96	89	318
mixed	Timothy	191	3	98	73	71	436
	Orchardgrass	156	15	124	73	54	422
Legume combination							
1st level	Timothy	175	4	107	78	112	476
	Orchardgrass	160	33	108	55	102	458
2nd level	Timothy	206	3	113	102	77	501
	Orchardgrass	152	31	99	114	41	437
Fertilization							
1st level	Timothy	171	4	110	87	92	464
	Orchardgrass	158	30	106	88	70	452
2nd level	Timothy	211	2	110	93	81	497
	Orchardgrass	155	33	100	82	73	443

Table 13. The mean cured hay yields in Kg per 10 are of the components in the mixtures in the second year.

Factor and level	Type of mixture	Italian rye-grass	Main grass	Meadow fescue	Red clover	Ladino clover	Total
Main grass							
Local	Timothy	—	37	299	233	287	856
Climax	Timothy	—	28	275	239	279	821
Local	Orchardgrass	—	92	169	186	232	679
Frode	Orchardgrass	—	136	150	193	255	734
Italian ryegrass							
not mixed	Timothy	—	31	383	232	248	894
	Orchardgrass	—	137	214	178	225	754
mixed	Timothy	—	33	192	241	318	784
	Orchardgrass	—	91	106	201	261	659
Legume combination							
1st level	Timothy	—	32	275	172	349	828
	Orchardgrass	—	122	140	148	296	706
2nd level	Timothy	—	33	300	300	217	850
	Orchardgrass	—	106	180	231	190	707
Fertilization							
1st level	Timothy	—	33	274	247	294	848
	Orchardgrass	—	122	152	199	230	703
2nd level	Timothy	—	31	351	227	272	881
	Orchardgrass	—	106	167	180	256	709

Table 14. The mean cured hay yields in Kg per 10 are of the components in the mixtures in the third year.

Factor and level	Type of mixture	Main grass	Meadow fescue	Red clover	Ladino clover	Total
Main grass						
Local	Timothy	36	604	60	328	1,028
Climax	Timothy	16	557	72	336	981
Local	Orchardgrass	282	361	47	279	969
Frode	Orchardgrass	342	248	40	286	916
Italian ryegrass						
not mixed	Timothy	29	592	62	323	1,006
	Orchardgrass	305	324	45	265	939
mixed	Timothy	23	569	71	341	1,004
	Orchardgrass	319	285	43	301	948
Legume combination						
1st level	Timothy	19	612	46	329	1,006
	Orchardgrass	338	298	30	300	966
2nd level	Timothy	34	549	87	335	1,005
	Orchardgrass	286	311	58	265	920
Fertilization						
1st level	Timothy	21	584	71	308	984
	Orchardgrass	290	263	51	288	892
2nd level	Timothy	27	577	62	356	1,022
	Orchardgrass	334	346	36	278	994

Table 15. The mean cured hay yields in Kg per 10 are of the components in the mixtures in the fifth year.

Factor and level	Type of mixture	Main grass	Meadow fescue	Red clover	Ladino clover	Total
Main grass						
Local	Timothy	13	399	—	409	821
Climax	Timothy	8	376	—	401	785
Local	Orchardgrass	419	101	—	291	811
Frode	Orchardgrass	488	74	—	218	780
Italian ryegrass						
not mixed	Timothy	20	400	—	390	810
	Orchardgrass	448	89	—	247	784
mixed	Timothy	2	374	—	421	797
	Orchardgrass	460	86	—	262	808
Legume combination						
1st level	Timothy	15	380	—	410	805
	Orchardgrass	449	90	—	262	801
2nd level	Timothy	7	394	—	401	802
	Orchardgrass	459	85	—	247	791
Fertilization						
1st level	Timothy	8	409	—	377	794
	Orchardgrass	466	105	—	205	776
2nd level	Timothy	14	366	—	434	814
	Orchardgrass	441	69	—	305	815

Table 16. The mean cured hay yields in Kg per 10 are of the components in the mixtures in the eighth year.

Factor and level	Type of mixture	Main grass	Meadow fescue	Ladino clover	Total
Main grass					
Local	Timothy	96	534	64	694
Climax	Timothy	20	627	98	745
Local	Orchardgrass	357	254	135	745
Frode	Orchardgrass	396	208	132	736
Italian ryegrass					
not mixed	Timothy	85	569	95	749
	Orchardgrass	366	236	154	756
mixed	Timothy	31	591	67	689
	Orchardgrass	386	225	112	723
Legume combination					
1st level	Timothy	43	548	93	684
	Orchardgrass	366	264	116	746
2nd level	Timothy	73	612	69	754
	Orchardgrass	387	197	150	734
Fertilization					
1st level	Timothy	64	619	116	799
	Orchardgrass	369	273	153	795
2nd level	Timothy	52	541	46	639
	Orchardgrass	384	201	114	699

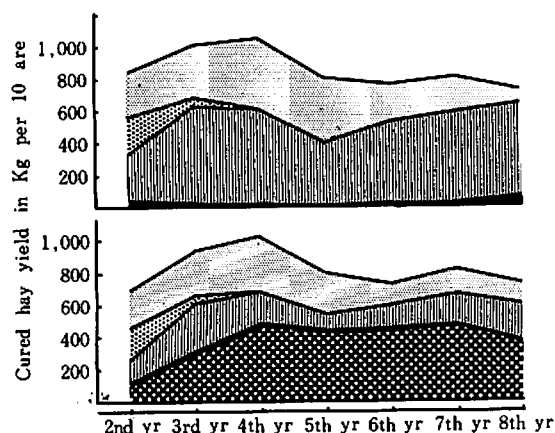


Fig.26. The time changes in the botanical compositions in the mixtures of timothy (■), meadow fescue (||||), red clover (●●●), and ladino clover (⋈⋈⋈) (top) and in the mixtures of orchardgrass (⊞⊞⊞), meadow fescue, red clover and ladino clover (bottom).

ラス主体区におけるそれらの草種よりも多かった。マメ科要因および施肥要因の効果が有意性が認められなかった。

4. 第5年次

第5年次は低温年であり、一般に草量が前年より低下し、メドーフェスクはその影響をもっとも強く受けた。表15に示すように、チモシー主体区のイネ科草種はほとんどメドーフェスクで占められ、ラジノクローバはほぼ50%の混生を示した。オーチャードグラス主体区ではオーチャードグラスはメドーフェスクに対して著しく優勢であり、ラジノクローバは30~35%の混生を示した。草種構成に対して施肥要因の効果は認められなかった。

5. 第6年次～第8年次

第8年次の草量を表16に示した。チモシー主体区におけるメドーフェスクの優勢の中でチモシーの構成割合が徐々に増加してきた。オーチャードグラス主体区ではオーチャードグラス優勢の中でメドーフェスクの草勢が次第に増大する傾向を示した。ラジノクローバの構成割合は両主体区とも次第に減少する傾向がみられた。このような草種

構成の中で、施肥要因の効果が有意となることが多く、オーチャードグラスに対しては水準2(6-6-20)の効果が水準1(3-3-10-堆肥)よりも上回り、メドーフェスクやラジノクローバはその逆の傾向を示し、区全体草量については水準1の効果が上回る結果となった。

論 議

混播草地の集団の中で競争が生じ、草種構成が変化する現象に対しては長い間認識されてきたが、栽培条件による草種の侵攻性の変化や侵攻圧に対する草種の反応などについての知見はまだまだ十分に解明されていない(RHODES 1970)。

本試験の播種量は発芽可能種子粒数によって、10アール当り主体イネ科草種50万粒、メドーフェスク10万粒、マメ科草種合計60万粒およびイタリアンライグラス13万粒としたが、実際の平均発芽立毛数はイネ科72万本、マメ科81万本であった。ARMSTRONG(1950)によれば、10アール当り50~60万個体で稠密な草地を形成しかつ高収が得られたが、実際には250~750万個体が発芽立毛するような厚播きもしばしば見受けられるという。ROGERS(1966)は普及されている混播例について、10アール当り播種粒数はDAVIESの混播では105万粒、COOPERの混播では216~306万粒であったと述べている。本試験の播種量は北海道の10アール当り慣行播種量3,000~4,000gに比べると約半分であるが、随伴草種としてのメドーフェスクのように期待立毛数が10万本になるように播種しても、チモシー主体区では完全に優勢となり、その草量はオーチャードグラス主体区におけるイネ科草種の播種量60万粒の草量に比肩する程であった。吉田(1976)も述べているように、最大収量を得る時の最小密度はかなり低密度であるように思われる。

草種構成上優勢となることを期待したチモシーの両品種はともに初年次の草量が極めて少なく、2年次に草量をやや増加したとはいえ主体性を確保することができなかった。これはメドーフェスクやイタリアンライグラスによる侵攻圧の結果である。一般にチモシーは採草利用型の他のイネ科草種との混播によって抑制されるが(ARENS 1962, LAMPETER 1960, GREENAWAY・BUDDEN 1959),一方

ではメドーフェスクとはすぐれた随伴草種であるともいわれる(DAVIES 1960, FRAME et al. 1973)。本試験をはじめ第3章の試験においても、チモシーはメドーフェスクによって著しく抑制される結果が得られ、脇本・金川(1970)による根刈地方における実態調査でもチモシーとメドーフェスクの共存性を確認することはできなかった。

オーチャードグラス主体区におけるオーチャードグラスの両品種は2年次までは、メドーフェスクの構成割合が上回わり、3年次以降はオーチャードグラスが上回るようになった。この傾向は第3章でも述べたとおりであり、COWLING・LOCKYER(1965)もオーチャードグラスは初期はライグラスよりも侵攻性が小さいが、一旦定着すると非常に侵攻的になると述べている。

メドーフェスクは随伴草種として組合せたのでその播種量は主体イネ科草種の粒数の1/5であったが、初年次からおう盛な草勢を示して主体となるべきチモシーを抑制し、その立場にとって代った。一方、オーチャードグラスとの混播において、当初のメドーフェスクの優勢状態が3年次にオーチャードグラスと交替したが、この経過の中で両草種は相互に抑制的に働き合い、一時的に草量が減少することもあったが(第3章第3節および第4節)、優勢草種が年次的に交替することは混播の一つの利点であろう。メドーフェスクはオーチャードグラスに比べてマメ科草種を抑制する程度が小さいことはSPEDDING・DIEKMAHNS(1972)も述べており、混播におけるイネ科草種として有利な特性である。

マメ科草種のアカクロバおよびラジノクロバの草勢推移は前者は2年次を最高にして、3年次以降は構成割合が極めて少なくなったのに対して、後者は4年次で最高となり、チモシー主体区で平均41%、オーチャードグラス主体区で平均33%の構成割合を示した。以後は漸減しながらも、8年次ではそれぞれ11%および18%の構成割合を示した。クロバ類の混生維持を図ることは混播草地の要点の一つであるが、このようにクロバ類が持続した結果、構成の中のイネ科草種の草量が単播にみられるような急激な低下を示さずにやや

平準的な年次傾向が維持されたものと考えられる。同様な傾向はCOWLING・LOCKYER(1965)の報告にもみられる。

アカクロバの草量を初期年次に期待し、後期にラジノクロバの草量に期待するというのが両草種を組合せる一般的理由であり(WHYTE et al. 1953)、本試験結果でもその傾向が認められた。アカクロバのおう盛な草勢がラジノクロバを抑制するが(GARNER・SANDERS 1939, 森田・藤田 1971)、本試験結果のようにマメ科草種要因の水準間にマメ科合計草量の有意差が認められず、かつイネ科草種に対する効果にも有意差が見いだせなかったもので、永続性の高いラジノクロバのみを用いることも考えられよう。

イタリアンライグラスは初年次の草勢がおう盛なので雑草を抑え、造成年次から多収を図るために組み入れられるが、本試験でも雑草量を約1/2に抑えることができた。区全体草収量に対する効果は初年次で増収しても、2年次ではイタリアンライグラスは消失し、他の構成草種は抑制からの回復が遅れて、その結果減収を招き、3年次以降では有意な効果が認められなくなった。播種粒数で1割程度の混播では可も不可もないといえる。

施肥要因について、水準1は化学肥料で窒素3 kg、磷酸3 kg、カリ6 kgと堆肥2トン(推定含有成分量は窒素10 kg、磷酸6 kg、カリ12 kg)の合計窒素13 kg、磷酸9 kg、カリ22 kgであり、水準2は化学肥料のみで窒素6 kg、磷酸6 kg、カリ20 kgである。施肥要因の効果が顕著に認められるようになったのは7年次以降であり、オーチャードグラスは水準2が、メドーフェスクおよびラジノクロバは水準1がそれぞれまいった。KRESGE(1963)やALEXANDER・MCCLLOUD(1962)はマメ科率の高い時に窒素施肥の対応が小さかったことを報告し、DRAKE et al.(1963)はマメ科草種とカリの密接な関係を示した。

以上のごとく、チモシーは混播草地の主体性を確立することができないので、侵攻性の強い随伴イネ科草種を組合せることは合理的ではない。オーチャードグラスは3年次以降からメドーフェスクに代って主体性を確立するにいたったが、主

体性の年次的交替は混播の一つの利点であろう。両主体イネ科草種の品種間差異は比較的小さく、他の構成草種との相互関係によって区合計草量に反映することがなかった。この試験では8年次にいたっても約10%のラジノクロバが混生し、かつ区合計風乾草量も年次を通じ、約800kg/10アール前後の比較的高い水準を維持することができた。採草用草地のマメ科草種としてラジノクロバの果たす役割は非常に大きく、その混生維持のための要因を更に検討する必要がある。

摘 要

1) チモシー主体草地において、随伴草種のメドーフェスクはチモシーを著しく抑制した。オーチャードグラス主体草地において、1～2年次では随伴のメドーフェスクが優勢であったが、3年次以降はオーチャードグラスが優勢となった。

2) 初期年次ではアカクロバが優勢でラジノクロバを抑制したが、後期年次ではラジノクロバが優勢となった。マメ科合計草量についてマメ科要因の水準間に有意差がみられず、またイネ科草量に対する効果にも有意差が認められなかった。

3) イタリアンライグラス要因の効果は1年次では他の構成草種を抑制したが、その組合せによって全体草量は増大した。2年次ではイタリアンライグラスが消失し、他の構成草種も草勢の回復が遅れて全体草量は減少した。3年次以降はその効果が有意でなくなった。

4) 施肥要因の効果はマメ科の構成割合が比較的に多かった6年次までは顕著に認められなかったが、7～8年次では構成草種によって異なった効果が認められた。

5) マメ科率はメドーフェスクが優勢となったチモシー主体区がオーチャードグラス主体区よりも多かった。マメ科の混生が構成イネ科草種の草量の平準化を長年にわたり持続したものと考えられる。

第2節 主体イネ科草種の維持

前節までの試験結果ではイネ科草種を組合せても有利な多収効果を示さなかったことを述べてきた。HUGHES (1952) は単純混播草地は季節性に対応して季節を通じ家畜生産の平準化を図るところにあり、一般多目的用の複雑混播草地を用いてもこの平準化は必ずしも可能ではないと述べている。HEDDLE・HERRIOTT (1954) によれば、近年は特定の目的のための輪栽草地として、少ない播種量による単純な混播草地が志向されてきたが、これは種間、種内の競争を小さくすることによって、各草種の最大の特性を実現することにあると説明している。WEDIN et al. (1965) はアルファルファに多くのマメ科草種を加えても、また複雑な混播にイネ科草種を加えても、何ら利益をもたらさなかったことから単純混播の有利性を主張した。BLASER et al. (1952) も多くの報告 (STAPLEDON・DAVIES 1930, MILTON 1939, WILLARD et al. 1947, WILLARD 1951) を引用して、複雑混播よりも単純混播が有利であるとしている。

この試験は侵襲性の異なるチモシー、オーチャードグラス、メドーフェスクをそれぞれ別々の草地の主体草種として維持するとともに、多収を期待するために組合せた他の構成草種との相互関係を施肥の数水準の下で検討しようとしたものである。

試験方法

この試験は1970年～1974年までの5年間にわたり北海道立根釧農業試験場で行った。

表17に示すように、主体イネ科草種要因としてチモシー、オーチャードグラス、メドーフェスクのそれぞれにラジノクロバを随伴させた組合せを基本にして、イタリアンライグラス要因（無混播および混播）およびアカクロバ要因（レッドヘッドおよびアルタスエード）を組合せた。アカクロバ両品種は持続性にすぐれた特性を有するが、草勢は著しく異なるものである。施肥要因は用量による4水準を設けた。

試験区設計の方法はまず、主体イネ科草種要因

Table 17. The experimental design.

Level Factor	1	2	3	4	Number(10,000) of kernels per 10 are
Main grass	Timothy (Sempoku)	Orchardgrass (Kitamidori)	meadow fescue (Leto Dae- hinfeldt)		120
Italian ryegrass	mixed	not mixed			20
Red clover	Red head (Tetraploid)	Altaswede (Diploid)			40
Fertilizer N(Kg/10a)	6	8	10	12	
P ₂ O ₅	6	8	10	12	
K ₂ O	12	16	20	24	

Note, 1. Four hundred thousand kernels of ladino clover per 10 are were mixed in all plots.

2. The combinations of these factors together with 2 replications were allotted by the partial confounding of the three L₁₆(2¹⁵)orthogonal array tables.

とイタリアンライグラス要因を2反復の乱塊法により1次単位（主試験区）にわりつけ、各1次単位のなかを4つの2次単位にわけ、施肥要因とアカクロバ要因との組合せ（8個）のうちその1/2をわりつける。この際、各要因の主効果全部および2要因相互作用のなるべく多くの情報をとり出し、3要因以上の相互作用は無視するという条件の下にわりつけを決める。そのために3つのL₁₆の直和法（部分交絡法）を用いた。

1970年5月に播種し、第1年次はすべての試験区とも2回の刈取りを行った。第2年次以降はチモシー主体区は2回、オーチャードグラスおよびメドーフェスク両主体区は3回の刈取りを行った。刈取りごとに構成草種および雑草を分別してそれぞれの風乾重（雑草のみ生重）を求めた。

試験結果

各構成草種（雑草を含む）に対する草種要因効果と施肥要因効果を分けて考察した。

1. 草種要因効果

1年次～5年次の風乾草量をそれぞれ表18～22に示した。

主体イネ科草種：1年次1番草における主体イネ科草種の草勢はすべての区で優勢な状態を示し、草種間の関係はチモシー>オーチャードグラス>メドーフェスクの順であったが有意差は認め

られなかった。再生草ではオーチャードグラス>メドーフェスク>チモシーの関係に変わったが、1番草および再生草を通じ、イタリアンライグラスによる抑制を受け、再生草ではレッドヘッドによっても抑制を受けた。

2年次1番草ではメドーフェスク>チモシー>オーチャードグラスの関係となり、イタリアンライグラスは構成から消失したが、アカクロバ要因とともにその効果が有意であった。殊にチモシーに対してはイタリアンライグラスとレッドヘッドの組合せの下ではその10アール当り草量が7kgにまで抑制されたのに対して、イタリアンライグラス無混播とアルタスエードの組合せの下では334kgに達した。2年次再生草においてもイタリアンライグラスとレッドヘッドの組合せによっていずれの主体イネ科草種も抑制された。

3年次1番草における草種間の関係はチモシー>メドーフェスク>オーチャードグラスの順であったが、これは雪腐大粒菌核病 *Sclerotinia borealis* Bub. et VIEUG. による被害のためにオーチャードグラスの草量が極めて少なくなったためである。主体イネ科草種要因とアカクロバ要因との相互作用が有意であり、チモシーの10アール当り草量はレッドヘッド組合せの下で平均76kgに対して、アルタスエード組合せの下では377kgのごとく大きな差異が認められたが、オーチャー

Table 18. The mean cured hay yields in Kg per 10 are of the components in the mixtures in the first year.

Mixture	First crop					Regrowth				
	Main grass	IRG	RC	LC	Weeds	Main grass	IRG	RC	LC	Weeds
T-IRG-RC(R)	146	177	79	35	686	7	69	46	22	47
T-IRG-RC(A)	147	85	53	58	1,129	15	80	18	17	51
T-RC(R)	197	—	82	32	911	30	—	75	15	129
T-RC(A)	213	—	45	44	828	42	—	34	38	63
OG-IRG-RC(R)	124	74	71	32	936	69	48	49	6	76
OG-IRG-RC(A)	145	100	48	35	611	86	67	19	19	39
OG-RC(R)	133	—	63	33	976	92	—	47	17	80
OG-RC(A)	184	—	31	40	740	118	—	19	18	108
MF-IRG-RC(R)	125	138	67	41	563	30	78	31	13	120
MF-IRG-RC(A)	118	118	46	46	486	27	72	15	17	57
MF-RC(R)	160	—	65	35	532	55	—	62	17	116
MF-RC(A)	146	—	45	32	622	97	—	17	19	80

Note. 1. T, Timothy; OG, Orchardgrass; MF, Meadow fescue; IRG, Italian ryegrass; RC, Red clover; LC, Ladino clover; R, Red head variety of red clover; A, Altaswede variety of red clover.
 2. Weeds indicate green weight in Kg per 10 are.

Table 19. The mean cured hay yields in Kg per 10 are of the components in the mixtures in the second year.

Mixture	First crop					Regrowth				
	Main grass	IRG	RC	LC	Weeds	Main grass	IRG	RC	LC	Weeds
T-IRG-RC(R)	7	0	559	8	70	7	57	217	2	33
T-IRG-RC(A)	154	0	224	147	224	86	69	6	61	192
T-RC(R)	89	—	624	15	61	13	—	265	3	68
T-RC(A)	334	—	162	179	199	186	—	8	69	242
OG-IRG-RC(R)	60	0	310	9	34	257	6	228	12	17
OG-IRG-RC(A)	71	0	99	98	52	295	15	10	112	55
OG-RC(R)	114	—	292	13	38	333	—	172	11	9
OG-RC(A)	171	—	105	96	89	399	—	7	90	39
MF-IRG-RC(R)	101	0	367	29	10	199	12	153	57	15
MF-IRG-RC(A)	229	0	96	120	31	268	36	4	170	17
MF-RC(R)	168	—	284	38	30	148	—	212	73	3
MF-RC(A)	222	—	120	129	10	259	—	5	212	7

Notes are the same with Table 18.

ドグラスやメドーフェスクではレッドヘッドによる抑制の影響がみられなくなった。3年次再生草でもチモシーのみにレッドヘッドによる抑制が続いた。

4年次1番草ではチモシー>オーチャードグラス>メドーフェスクの関係が有意であり、レッドヘッドによる抑制が引き続いて有意であったが、アルクスエード組合せの場合との草量差は前年よ

Table 20. The mean cured hay yields in Kg per 10 are of the components in the mixtures in the third year.

Mixture	First crop					Regrowth				
	Main grass	IRG	RC	LC	Weeds	Main grass	IRG	RC	LC	Weeds
T-IRG-RC(R)	49	0	265	28	211	6	0	208	31	753
T-IRG-RC(A)	344	0	4	118	146	87	0	1	146	976
T-RC(R)	103	—	273	17	144	48	—	190	15	847
T-RC(A)	409	—	4	88	306	127	—	7	72	1,145
OG-IRG-RC(R)	95	0	81	11	60	337	0	77	48	154
OG-IRG-RC(A)	82	0	3	78	131	369	0	11	157	102
OG-RC(R)	92	—	67	9	19	342	—	74	62	57
OG-RC(A)	63	—	3	69	67	349	—	6	180	109
MF-IRG-RC(R)	252	0	25	28	54	326	0	41	177	82
MF-IRG-RC(A)	231	0	1	92	34	336	0	0	233	79
MF-RC(R)	220	—	20	44	75	354	—	28	204	44
MF-RC(A)	178	—	1	101	23	348	—	0	219	31

Notes are the same with Table 18.

Table 21. The mean cured hay yields in Kg per 10 are of the components in the mixtures in the fourth year.

Mixture	First crop				Regrowth			
	Main grass	RC	LC	Weeds	Main grass	RC	LC	Weeds
T-IRG-RC(R)	128	130	47	835	76	47	3	1,125
T-IRG-RC(A)	309	0	73	722	107	0	14	1,061
T-RC(R)	265	70	34	812	102	0	0	1,100
T-RC(A)	291	2	53	704	165	0	0	1,068
OG-IRG-RC(R)	169	31	63	17	462	7	71	64
OG-IRG-RC(A)	191	0	98	25	432	0	78	44
OG-RC(R)	154	33	63	6	488	3	59	12
OG-RC(A)	209	0	90	27	440	0	66	52
MF-IRG-RC(R)	132	32	165	91	261	1	199	229
MF-IRG-RC(A)	183	1	154	106	271	0	195	142
MF-RC(R)	141	14	159	83	265	2	164	426
MF-RC(A)	158	0	146	34	308	0	120	169

Notes are the same with table 18.

りも縮小した。レッドヘッドによって抑制されていたチモシーの草勢回復が目立った。4年次再生草ではオーチャードグラス>メドーフェスク>チモシーの関係となり、主体イネ科草種要因とアカクロバ要因との相互作用が有意となったのはレッドヘッドがほとんど消失したあとにオー

チャードグラスの著しい草勢向上がみられたためである。

5年次1番草および再生草とも他の要因効果がほとんど認められなくなった。

アカクロバ：1年次1番草ではイネ科優勢の中にあっても、アカクロバに対する主体イネ科

Tabl. 22. The mean cured hay yields in Kg per 10 are of the components in the mixtures in the fifth year.

Mixture	First crop				Regrowth			
	Main grass	RC	LC	Weeds	Main grass	RC	LC	Weeds
T-IRG-RC(R)	87	0	0	2,546	55	0	0	1,219
T-IRG-RC(A)	302	0	0	1,428	91	0	0	1,096
T-RC(R)	209	0	0	1,874	66	0	0	1,164
T-RC(A)	194	0	0	1,762	58	0	0	1,008
OG-IRG-RC(R)	270	0	6	35	395	0	25	151
OG-IRG-RC(A)	280	0	2	27	372	0	13	98
OG-RC(R)	313	0	4	15	400	0	4	49
OG-RC(A)	282	0	2	43	385	0	4	111
MF-IRG-RC(R)	261	0	38	400	260	0	32	786
MF-IRG-RC(A)	311	0	32	202	302	0	19	466
MF-RC(R)	297	0	50	171	258	0	31	665
MF-RC(A)	319	0	24	310	229	0	42	601

Notes are the same with table 18.

草種やイタリアンライグラス要因の効果は認められなかった。1年次再生草ではアカクロバはチモシー区でもっとも多く、メドーフェスク区でもっとも少なく、またイタリアンライグラスによる有意な抑制効果も認められた。

2年次1番草ではアカクロバの草量が一般に増大し、チモシー区では他のイネ科草種区よりも著しく草量が多くなり、レッドヘッドはチモシーに対して極めて侵攻的であった。2年次再生草ではアルタスエードの草勢が極めて劣弱となり、レッドヘッドが目立つようになった。

3年次1番草ではアルタスエードの草量はレッドヘッドに比べて著しく少なくなり、混生維持に明瞭な差異があらわれた。レッドヘッドの10アル当り草量はチモシー区では平均270kgであったが、オーチャードグラス区ではほぼ1/3、さらにメドーフェスク区では1/12程度であり、主体イネ科草種要因の効果明らかであった。3年次再生草でも1番草と同様に主体イネ科草種要因およびアカクロバ要因の効果が有意であった。

4年次1番草では各イネ科草種区ともアルタスエードがほとんど構成から消失し、レッドヘッドのみが残存したが、その草量はチモシー区に依

然として多かった。4年次再生草ではチモシー区のレッドヘッドを除いて他のイネ科草種区のアカクロバはほとんど構成から消失した。

ラジノクロバ：1年次1番草のラジノクロバに対してアカクロバ要因の有意な効果、すなわちレッドヘッドによる抑制が認められ、再生草では主体イネ科草種要因の効果（チモシー区>メドーフェスク区>オーチャードグラス区）やイタリアンライグラスによる抑制効果がそれぞれ有意であった。

2年次1番草ではオーチャードグラスとレッドヘッドにより著しく抑制される傾向が認められた。2年次再生草ではメドーフェスク区における草量は他のイネ科草種区よりも著しく多く、またアルタスエードとの組合せによってもその草量の増大が認められた。

3年次1番草ではオーチャードグラスの草量が他のイネ科草種よりも少なかったにもかかわらず、オーチャードグラス区のラジノクロバの草量は少なく、互いに共存性が劣ることを示した。3年次再生草ではアカクロバとは逆にイネ科草種要因の効果はメドーフェスク区>オーチャードグラス区>チモシー区の順となり、まだアルタスエー

ドとの組合せによってその草量が増大した。

4 年次 1 番草では前年と同様にメドーフェスク区>オーチャードグラス区>チモシー区およびアルタスエード組合せ>レッドヘッド組合せのごとくそれぞれの要因効果の有意性が認められ、4 年次再生草でも同様な要因効果が認められた。

5 年次 1 番草ではチモシー区ではラジノクロワバの混生は皆無となり、オーチャードグラス区には 1%，メドーフェスク区には 11%の構成割合を示すのみとなった。

雑草：1 年次 1 番草においては、ハコベおよびオオツメクサを主とする雑草が繁茂したが、イタリアンライグラスやその他の要因効果は有意でなかった。再生草の雑草量は 1 番草よりも激減したが、イタリアンライグラスによる有意な抑制効果が認められた。

2 年次 1 番草ではレッドトップが構成の中にみられるようになり、アルタスエードを組合せたチモシー区に雑草量が特に多かった。2 年次再生草における雑草量はチモシー区>オーチャードグラス区>メドーフェスク区の関係となり、かつ一般的にアルタスエード組合せの条件下で増大する傾向が認められた。

3 年次では 1 番草よりも再生草における雑草量が著しく増大し、チモシー区>オーチャードグラス区>メドーフェスク区のごとく、チモシー区の雑草量が他草種区よりも著しく多くなった。

4 年次 1 番草になると、主体イネ科草種要因の効果はチモシー区>メドーフェスク区>オーチャードグラス区の関係となり、4 年次再生草では更に雑草量が増大して、チモシー区ではチモシーにとって代り、かつラジノクロワバをも構成から消失させる状態となった。

5 年次になると、雑草量は前年よりも増大し（オーチャードグラス区のみはやや減少）、チモシー区の雑草量はチモシー草量を上回り、メドーフェスク区では主体のメドーフェスクの草量と比肩する程であったが、オーチャードグラス区の雑草量は極めて少なく、レッドトップとの相互関係に著しい草種間差異が認められた。

2. 施肥要因効果

窒素—磷酸—カリの 10アール当り年間施用量 kg について、6—6—12, 8—8—16, 10—10—20, 12—12—24 の 4 水準を設け、早春、1 番刈り後、2 番刈り後、晩秋にそれぞれ等分に分施した。各年次にわたる構成草種ごとの草収量の分散分析の結果では、施肥水準間に有意差が認められることが多かったが、主体イネ科草種要因×施肥要因の相互作用は有意性を見いだせる程大きいものではなかった。5 年間合計風乾草量は表 23 のとおりである。

チモシー主体草地：チモシーの草量（初年次のイタリアンライグラスを含む）は 1 年次は施肥量の増加とともに増したが、2 年次以降は水準 3 が最大となる山型傾向を示し、5 年間合計でも水準 3 が最大草量を示した。アカクロワバは年次を通じ、施肥水準に対応した草量を示さなかったが、5 年間合計では水準 2 が最大となる山型傾向を示した。ラジノクロワバは年次を通じ、ほぼ水準 1 が最高を示し、施肥量の増加とともに草量が減する傾向がみられた。その結果、区全体草量は水準 3 が最大となり、マメ科率は施肥水準の増大とともに低下した。雑草量は施肥水準と対応がみられず、雑草率は 24～29%に範囲し、水準 4 が最大であった。

オーチャードグラス主体草地：オーチャードグラスの草量（初年次のイタリアンライグラスを含む）は年次を通じ、施肥量の増加とともに増傾向を示した。アカクロワバ草量は施肥量との対応関係が認められなかった。ラジノクロワバ草量は施肥量の増加に対して減したが、2 年次以降はその関係がみられなくなり、5 年間合計では水準 2 および 3 が最大となる緩い山型傾向を示した。従って、区全体草量では水準 3 が最高草量を示し、マメ科率は水準 4 で特に低下した。雑草量はチモシー主体区のはほぼ 1/6 程度で、雑草率では 5～7%に過ぎず、施肥水準とは対応が認められなかった。

メドーフェスク主体草地：メドーフェスク草量（初年次のイタリアンライグラスを含む）は初年次は施肥量の増加とともに増し、2 年次以降は水準 3 が最高となる山型を示し、5 年間合計では

Table 23. The total cured hay yields in Kg per 10 are of the components in the mixtures of three kinds differing from main grasses under four fertilization levels during a span of five year period.

Kinds of mixture and levels of fertilization	Grass	Red clover	Ladino clover	Total	% of clover	weeds	
						Green weight Kg/10a	%
Mixture of timothy							
1st level	1,071	882	473	2,426	56	6,938	29
2nd level	1,342	998	383	2,723	51	7,606	29
3rd level	1,728	919	305	2,952	41	6,617	24
4th level	1,686	891	329	2,906	42	7,849	28
Mixture of orchardgrass							
1st level	2,219	556	446	3,221	31	1,296	6
2nd level	2,384	451	460	3,295	28	1,452	7
3rd level	2,570	560	467	3,597	29	1,075	5
4th level	2,765	400	420	3,585	23	1,519	7
Mixture of meadow fescue							
1st level	2,183	441	955	3,579	39	1,386	6
2nd level	2,189	416	890	3,495	37	1,909	7
3rd level	2,435	483	928	3,846	37	1,446	5
4th level	2,205	407	949	3,561	38	3,253	11

$$\% \text{ of weeds} = \frac{\text{weeds}}{\text{grasses} + \text{clovers} + \text{weeds}} \text{ (green weight basis)}$$

水準 1 ≧ 2 ≧ 4 < 3 の関係がみられた。アカクロバ草量は施肥水準との対応が認められなかった。ラジノクロバ草量は他のイネ科草種区よりも約 2 倍の混生量を示したが、施肥水準間に大きな差異が認められず、マメ科率は 37~39% に範囲した。区全体草量は他のイネ科草種区よりも上回り、水準 3 が最大草量を示した。雑草量は施肥水準との対応が明らかでなく、水準 4 で最も多かった。

論 議

本試験では構成草種間の相互関係を通じて、イネ科草種の主体性維持とマメ科草種の混生維持を検討しようとしたものであるが、特にチモシー主体草地の維持を図るためには、チモシーの侵襲性が極めて劣弱であることを認識しなければならない。

チモシー主体区に随伴させたイタリアンライグラスの播種量は発芽可能種子粒数で全体の 1 割弱

であったが、この程度では雑草を抑制する効果は顕著なものではなかったにもかかわらず、チモシーをはじめ随伴マメ科草種に対して抑制的効果が認められた。さらにレッドヘッドのような草勢の強大なアカクロバ品種が同時に組合わされるときは、チモシーおよびラジノクロバに対する抑制が著しく、4~5 年目にはチモシーの主体性が確立されないままに、レッドトップを主とするイネ科雑草の優勢な状態になってしまった。これに対して、イタリアンライグラスを組合わせず、かつ草勢が強大ではないアカクロバ品種アルタスエードを組合わせた時はチモシーの主体性が一旦は確立されたが、漸次イネ科雑草の侵入が増大する状態になっていった。イギリスの HURLEY 草地研究所の報告 (1962, 1963) ではチモシーとシロクロバとの基本組合せにウエスタウオルズライグラスとアカクロバを加えると雑草の抑制に効果があり、播種当年の生産を高めたが、この組合せはライグラスのみを加えた場合よりもチモ

シーに対して害が少なく、そしてアカクロバのみを加えた場合よりもシロクロバを抑制することが少なかったという。

チモシーは生育初期にはラジノクロバと良く混生するがやがてチモシーは非常に侵攻的になるといわれる (SPEDDING・DIEKMAHNS 1972)。この試験においてはオーチャードグラスおよびメドーフェスクの両主体草地におけるよりも早くからラジノクロバの構成割合が少なくなり、5年次には完全に消失した。この理由はBLASER et al.(1952)も指摘しているように、構成割合の著しく多くなったレッドトップによる影響が大きいと考えられる。ほふく茎によって密な草地を形成する草種は一般にシロクロバを抑制する傾向があり、レッドトップの混生量はチモシー区にもっとも多く、オーチャードグラス区がもっとも少なかった。同様な傾向はイネ科草種の単播区においても観察された (脇本 1974)。これは刈取り後の追肥が再生の不良なチモシーよりもレッドトップに多く利用され、レッドトップの草勢が促進されたためであろう。チモシー主体区全体の草量は5年次では他のイネ科草種主体区よりも多かったのに、レッドトップの混生が直ちに草地の荒廃と結びつくものではないが、目的とするチモシーを維持できないことは重大な問題点である。WELLS・HAGGAR (1974) はライグラス放牧地に *Poa annua* が適当に侵入する時は放牧地が荒廃するどころか、むしろ可消化養分の収量が増加し、収量の低下がみられるのは *Poa annua* の侵入程度が高い場合であると述べている。根釧地方ではチモシー主体からレッドトップ主体に変わった草地を多くみることができるが、大部分は荒廃草地の印象を与えるものである。

オーチャードグラスもチモシー程ではないが、イタリアンライグラスおよびレッドヘッドによってある程度抑制された。3年次以降はその程度が小さくなり、これはオーチャードグラスは初期には侵攻性が小さいが一旦定着すると侵攻的となるためであろう (COWLING・LOCKYER 1968)。第3年次の春に雪腐大粒菌核病 *Sclerotinia borealis* BUB. et VLEUG.による冬枯れがみられ、1番草の草量はそ

のために減少したが、2番草以降の再生はおう盛であった。根釧地方におけるオーチャードグラスは病害、低温あるいは融雪水の停滞などの原因により、他のイネ科草種よりもしばしば冬枯れの危険に遭遇することがあるが、その程度が軽微であるときは1番刈り後の再生によって草勢の回復を期待することができる。オーチャードグラスはチモシーやメドーフェスクに比べて、初期からシロクロバを抑制する程度が大きいといわれるが (SPEDDING・DIEKMAHNS 1972)、本試験でもその傾向がうかがわれた。しかし、オーチャードグラスは後期年次において、イネ科雑草の混生を著しく抑制したためにラジノクロバの混生量はチモシー主体区ほどには著しく少なくならなかった。

メドーフェスクは初年次はイタリアンライグラスによって、2年次にはレッドヘッドによって多少の抑制を受けたが、3年次以降ではその影響が少なくなった。メドーフェスク主体区が他草種区と著しく異なる点はアカクロバの減少とラジノクロバの増加であった。これはメドーフェスクとアカクロバの共存性が乏しく、アカクロバの構成割合の減少がメドーフェスクとの共存性の高いラジノクロバの構成割合を一層増大したと考えられる。このような草種間関係は GARNER・SANDERS (1939)、SPEDDING・DIEKMAHNS (1972) の報告にもみられる。イタリアンライグラス要因の水準1のイネ科合計草量 (主体イネ科草種+イタリアンライグラス) と水準2のイネ科草量 (主体イネ科草種のみ) の5年間合計の差はメドーフェスク主体区の274kgに対してチモシー主体区では-227kg、オーチャードグラス主体区では-95kgであり、メドーフェスク主体区ではイタリアンライグラスによって増収効果がもたらされたといえる。

施肥量要因について、イネ科草量は施肥量水準2 (8-8-16) から水準3 (10-10-20) にかけて急に増加し、水準4 (12-12-24) ではやや低下した。この傾向はチモシーおよびメドーフェスクにみられたが、オーチャードグラスでは水準4においても遞増傾向を示し、イネ科草種による施肥量の対応が異なることが認められた。

アカクロバは水準3まで漸増し、水準4での減少が著しかった。ラジノクロバは施肥量の増加とともに遞減し、水準1が最大の草量を示した。

構成草種の施肥量に対する対応の相異から区全体では水準3が最高草量となる山型の傾向を示した。

チモシー、オーチャードグラス、メドーフェスクのそれぞれを主体にした混播草地を維持しようとする時、主体イネ科草種より侵襲性の強い随伴草種や共存性の劣る随伴草種を組合せることは不適当であろう。チモシーに対しては侵襲性の強いイタリアンライグラスやアカクロバのレッドヘッド品種は不適当である。オーチャードグラスも初期年次は侵襲性が劣るのでチモシーと同様な配慮が必要である。メドーフェスクを主体にする時はアカクロバとの共存性が劣るためにむしろラジノクロバとの組合せが適当である。施肥量についてはマメ科草種の混生維持を図ることによって全体草量の多収を期することが必要であり、多量施肥は必ずしも得策ではない。

摘 要

チモシー、オーチャードグラス、メドーフェスクのそれぞれとラジノクロバからなる基本組合せに対して、イタリアンライグラス要因、アカクロバ要因、施肥量要因を組合せた試験区を設置し、構成草種（雑草を含む）に対する各要因の効果を検討した。

1) チモシー主体区にイタリアンライグラスおよびレッドヘッドを同時に組合せた場合は基本草種に対する抑制が著しく、チモシーの主体性が確

立されないままにレッドトップを主とするイネ科雑草が優勢になった。イタリアンライグラス無混播でアルタスエードを組合せた場合はチモシーの主体性が一旦は成立したが、漸次イネ科雑草が優勢となった。

2) オーチャードグラス主体区では基本草種はイタリアンライグラスおよびレッドヘッドによって初期年次にのみわずかに抑制を受けた。オーチャードグラスはイネ科雑草の混生を著しく抑制した。

3) メドーフェスク主体区ではイタリアンライグラスの混播は結果的に収量に有利であった。メドーフェスクはラジノクロバとの共存性が高かったが、アカクロバを抑制する傾向がみられた。イネ科雑草の侵入程度は前2草種区の間間的であった。

4) 施肥量要因の効果はチモシーおよびメドーフェスクの草量に対して、水準2（8—8—16）から水準3（10—10—20）にかけて急に増加し、水準4（12—12—24）ではやや低下したのに対して、オーチャードグラスでは水準4においても遞増傾向を示した。アカクロバは水準3まで漸増し、水準4で減少が大きかった。ラジノクロバは水準の増加とともに遞減した。雑草は水準4で最大草量を示した。

5) 異なるイネ科草種をそれぞれ主体とした単純な混播草地を維持しようとするとき、主体イネ科草種よりも侵襲性の強い、あるいは共存性の劣る随伴草種との混播は適当ではない。マメ科草種の混生維持によって高収を期待するためには多量施肥（特に窒素）は必ずしも得策ではない。

第5章 放牧利用条件における草種構成の経時的推移

第1節 頻繁刈りが草種構成に およぼす影響

前章までは採草利用条件の下で混播草地における草種間の相互関係をみてきたが、放牧利用による草丈の短かい状態では草種間の相互関係が異なり、草種構成におよぼす影響も採草利用条件の場合と異なることが考えられる。

放牧草地の生産性や草種構成は、実際の家畜による放牧条件の下で調査することがのぞましいけれども、頻繁刈り方式によって放牧条件に近似させる方法も用いられている。これは一般には実験規模が制限されていて放牧方式の適用が困難なためである。そのために、刈り取り方式と放牧方式による草地生産性の推定量を比較することによってその間に相対的關係を見いだそうとする試みが行われ(BRYANT・BLASER 1961, 1970, CUYKEN・DALL・MARTEN 1968, FRAME 1976, ROBINSON et al. 1937, TAYLOR et al. 1960, WAGNER et al. 1950), FRAME (1976)は刈り取り方式の成績によって放牧方式の成績を予知することはある程度可能であろうと述べている。しかし、草種構成に関して刈り取り方式と放牧方式の比較を試みた報告は多くない。

HEIN・HENSON(1942)は草種の相対頻度が一般に放牧方式よりも刈り取り方式によって低下したが、この差は家畜の糞尿による影響も考えられると述べ、MATCHES(1968)はブroomグラスとアルファルファ混播およびブルーグラスとトレフォイル混播の草種構成は刈り取り方式、羊放牧、牛放牧によっても明らかな影響が認められなかったと報告している。TAYLOR et al. (1960)はオーチャードグラスとラジノクローバ混播において、オーチャードグラスは刈り取り方式よりも放牧方式で多くなり、ラジノクローバはその逆の傾向が認められたと報告している。家畜の種類および放牧強度によって草種構成の変化がもたらされたいくつか

の例がHARRIS(1978)およびWATKIN・CLEMENTS(1978)によって紹介され、家畜の踏みつけによる耐性にも草種間差異が見いだされている(EDOMOND 1958)ので、刈り取り方式によって得られる知見にはおのずから限界があろうと考えられる。

この試験では頻繁刈り条件において、混播草地の草種構成の年次的推移を通じて草種組合せに関する問題点を摘出することを試みた。

試験方法

この試験は北海道立根釧農業試験場において1973年から1976年までの4年間にわたって行った。

チモシー(ハイデミー)、オーチャードグラス(キタミドリ)、メドーフェスク(レトール)、トールフェスク(ホクリョウ)、ラジノクローバ(カリフォルニアラジノ)を供試して、表24に示すようにオーチャードグラス主体混播区、チモシー主体混播区およびイネ科2草種混播区を設けた。これらの混播区は4反復乱塊法に従って配置した。1区面積は10m²である。10アール当り施肥量は土壌改良資材として炭酸カルシウム260 kg、基肥として硫酸アンモニウム、熔成燐肥、硫酸カリを用い、要素量でそれぞれ4, 20, 8 kgを散布した後耕起した。1年次の晩秋施肥としては化成肥料を用い、窒素、燐酸、カリをそれぞれ2.1, 2.0, 2.7kg施用した。2年次以降の追肥は化成肥料を用い、窒素、燐酸、カリをそれぞれ10.4, 10.0, 21.6kgを早春および各刈り取り後に春(5~6月)3, 夏(7~8月)3, 秋(9~10月)4の割合で分施した。刈り取りは1年次2回, 2~3年次5回, 4年次4回行い、それぞれ構成草種を分別した。

試験結果

1年次から4年次にわたる各混播区の草種構成の推移を図27に示した。

Table 24. Combinations of grasses in ladino clover-based mixtures and their seeding rates in grams per 10 are.

Mixture No.	Timothy (Heidemij)	Orchardgrass (Kitamidori)	Meadow fescue (Leto Daehnfeldt)	Tall fescue (Hokuryo)	Ladino clover (California ladino)
1	750	—	—	—	250
2	—	1,000	—	—	250
3	500	667	—	—	167
4	500	—	1,000	—	167
5	500	—	—	1,000	167
6	—	667	1,000	—	167
7	—	667	—	1,000	167

1. チモシーとラジノクローバ混播

チモシーは1年次の立毛定着時にはラジノクローバの構成割合を上回ったが、秋季にはラジノクローバが著しく優勢となり、年間合計草量では18%の構成割合を占めるに過ぎなかった。2年次では7月上旬まではラジノクローバを上回ったが、以後は4年次まで漸減し、その構成割合は2年次45%、3年次18%、4年次5%となった。

2. オーチャードグラスとラジノクローバ混播

立毛当初からオーチャードグラスはラジノクローバに対して優勢を保ち、ラジノクローバも年次とともに増大したので区全体草量は次第に増大する傾向を示した。オーチャードグラスの構成割合は1年次75%、2年次76%、3年次56%、4年次61%とほぼ平準的であった。

3. チモシー、オーチャードグラスおよびラジノクローバ混播

年次を通じ、オーチャードグラスが優勢を示したのに対し、チモシーは著しく抑制され、その構成割合は1年次3%、2年次5%、3年次1%となり、以後は構成から消失した。そのため、草量と草種構成はオーチャードグラスとラジノクローバ混播区とほぼ同等な推移を示した。

4. チモシー、メドーフェスクおよびラジノクローバ混播

この混播区においてもチモシーは著しく抑制され、その構成割合は1年次4%、2年次3%、3年次1%に過ぎなかった。メドーフェスクは1年次および2年次にはラジノクローバを上回る構

成割合を示し、それぞれ61%および60%であったが、3年次は31%、4年次は43%となり、ラジノクローバ優勢の状態となった。

5. チモシー、トールフェスクおよびラジノクローバ混播

この混播区の草量とその草種構成の推移はチモシー、メドーフェスクおよびラジノクローバ混播区とほぼ同様な傾向を示した。すなわち、チモシーは著しく抑制されてその構成割合は僅少となり、トールフェスクの構成割合は1年次55%、2年次52%、3年次29%、4年次27%となり、3年次以降はラジノクローバの優勢程度が大きくなった。

6. オーチャードグラス、メドーフェスクおよびラジノクローバ混播

この混播区においては、オーチャードグラス、メドーフェスクおよびラジノクローバのそれぞれの構成割合は1年次では53、33、14%、2年次では31、45、24%、3年次では20、30、50%、4年次では33、25、42%のごとく、イネ科両草種は互いに相克的関係が推察され、ラジノクローバの構成割合は年次とともに増大する傾向がみられた。

7. オーチャードグラス、トールフェスクおよびラジノクローバ混播

この混播区におけるオーチャードグラスとトールフェスクの構成割合はそれぞれ1年次52、29%、2年次44、22%、3年次36、13%、4年次51、5%のごとくトールフェスクが次第に抑制される優劣関係がみられ、ラジノクローバの構成割合は1年

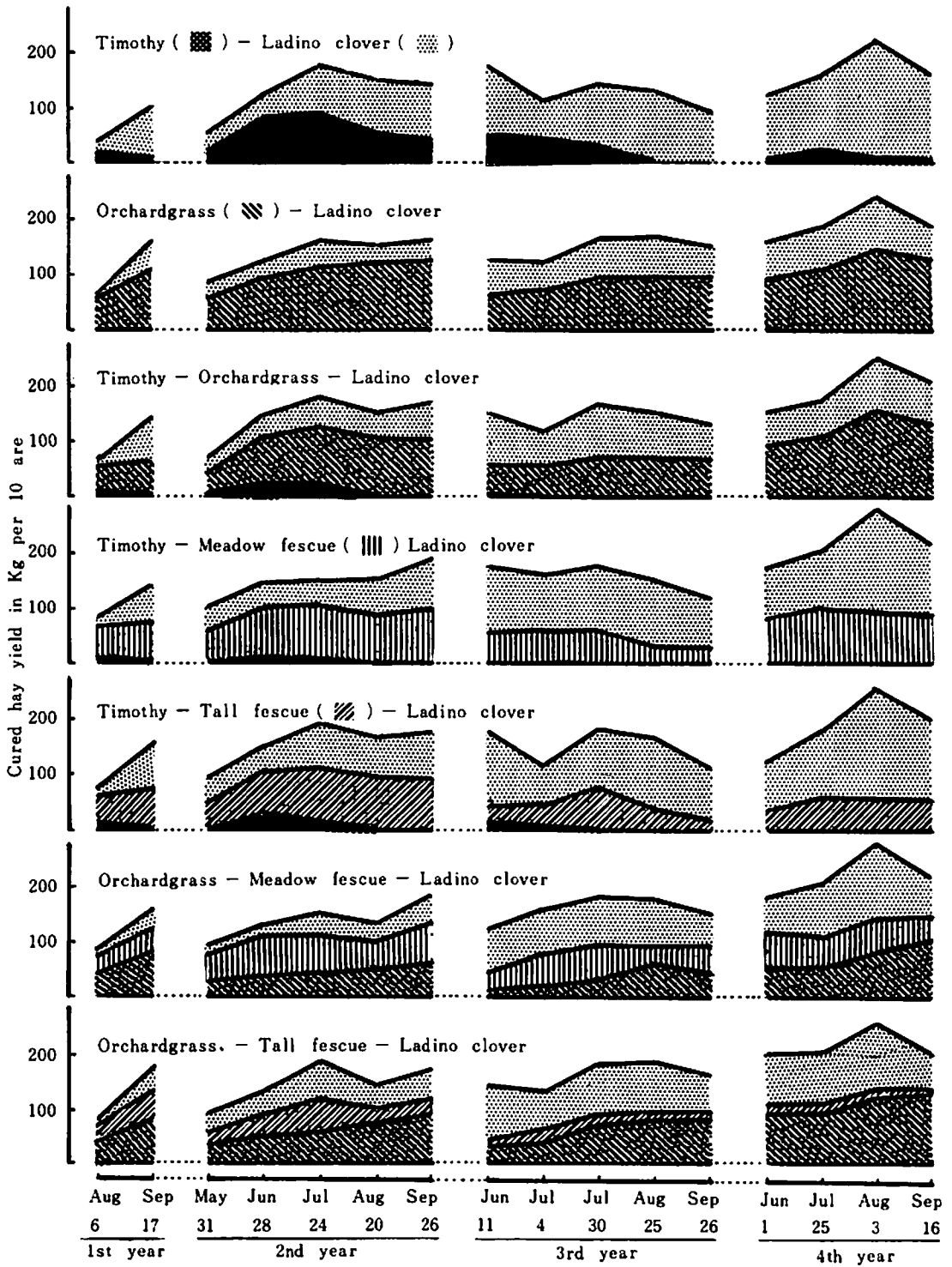


Fig.27. The time changes in the botanical compositions in bi-grass mixtures based on ladino clover.

次以降、年次の経過とともに29, 34, 51, 44%のごとくにオーチャードグラスと比肩する割合を示した。

論 議

頻繁刈り条件におけるチモシーの弱勢化が著しく、チモシーとラジノクローバの混播区におけるクローバの構成割合は2年次の55%から4年次には95%となり、ラジノクローバが完全に優占する状態になった。これに対して刈取り回数が少ない採草利用の場合はチモシーが著しく優勢となって、ラジノクローバを抑制した結果（第3章第2節）と対照的である。これは頻繁刈りによって再生が不良となったチモシーが再生の良好なラジノクローバによって遮蔽され、生育が抑制されたためである。チモシーとラジノクローバの組合せに更にオーチャードグラス、メドーフェスク、トールフェスクをそれぞれ加えた3草種組合せにおいてはチモシーの構成割合は更に著しく減少し、3年次の後半には殆んど消失するに至った。チモシーはメドーフェスクとの共存性が高いともいわれるが、採草利用の場合と同様にチモシーと共存性の高いイネ科草種は見当らない。

オーチャードグラスは供試イネ科草種の中でもっとも侵襲性にすぐれた草種であった。3年次以降はオーチャードグラスを除く他のイネ科草種とラジノクローバの組合せではラジノクローバが優勢となったのに対して、オーチャードグラスのみはラジノクローバよりも優勢であった。オーチャードグラスと他のイネ科草種を混播するときはこれらのイネ科草種を抑制することがあり、チモシーやトールフェスクは抑制される程度が大きかった。メドーフェスクとは草勢がたがいに伯仲する関係が認められた。オーチャードグラスと他のイネ科草種とを組合せても、草取量についてはオーチャードグラスのみの場合と差異がみられず、季節や年次による生育量の差異にもとづく主体性の交替のようなイネ科草種混播の有利性も認められなかった。3年次の早春に大粒菌核病が認められ、単播条件のイネ科草種試験区ではオーチャードグラスの被害がもっとも大きかったが、

ラジノクローバとの混播においてはその被害が著しく少なかったことを観察した。またオーチャードグラスの冬枯れによる草勢低下はその後のおう盛な再生によって償われることが多い。

メドーフェスクは他のイネ科草種およびマメ科草種と共存性の高い草種であるといわれているが、チモシーに対しては著しい抑制を与え、遂には構成から全く駆逐してしまう程であった。その結果、メドーフェスクとラジノクローバからなる構成となり、そのクローバ構成割合はオーチャードグラスとラジノクローバ混播におけるよりも高く、このような傾向は採草利用の刈取り頻度の少ない場合でも認められた。

トールフェスクはラジノクローバとの混播によって著しく抑制され、クローバ構成割合は70%前後であった。九州北部においてはトールフェスクは夏から秋の再生力がおう盛であるために、ラジノクローバとの競争に有利であり、耐暑性に劣るオーチャードグラスやケンタッキーブルーグラスはラジノクローバによって著しく抑制されたという岸（1974）の報告と全く対照的である。トールフェスクの侵襲性は比較的に劣弱であり、チモシーよりやや上回る程度であった。オーチャードグラス、トールフェスクおよびラジノクローバの混播区ではトールフェスクの構成割合は年次的に減少を続け、4年次では5%を占めるのみとなり、収量に対する貢献は極めて小さかった。

刈取り頻度の少ない採草利用ではラジノクローバはイネ科草種によって抑制され、その構成割合は小さくなるのが普通である。これは BLASER et al. (1952) が述べているように、春季はイネ科草種とクローバの混播草地において温度と光の相互作用による競争の厳しい時期である。イネ科草種の適温がクローバよりも一般に低いために早い時期からイネ科草種は活発な競争を開始し、生育が進むとイネ科草種が直立的の生殖生長によってクローバは更に抑制される。温度がクローバに対して適温になった時でも、その生長はイネ科草種の遮蔽によって光の照度が低いために常に抑制される。頻繁刈りを行うときはクローバは光の透入やクローバ位置の温度の上昇によって生長に好都合

となる。夏から秋にかけて多くのイネ科草種は直立的生殖生長を行わないので、一般に草丈が低く、頻繁刈りにおいても同様に草丈が低いのでクローバの生育がおう盛となる傾向が認められる。以上のような見解は刈取り頻度によってもたらされる混播草地の草種構成の差異を理解する一つの説明となろう。

混播草地の刈取り頻度が多い場合は少ない場合よりもラジノクローバの構成割合が多くなり、両刈取り方法の間に大きな差異が生じたが、イネ科草種間の相互関係はほぼ同様な傾向が認められた。

摘 要

模擬放牧的頻繁刈りが草種構成におよぼす影響を検討した。

1) イネ科2草種を組合せた場合に、チモシーはオーチャードグラス、メドーフェスク、トールフェスクのいずれによっても著しく抑制され、3年次の後半以降は構成から消失した。トールフェスクもオーチャードグラスと組合せる時はその構成割合は極めて少なくなった。オーチャードグラスとメドーフェスクの間には相克的な関係が認められた。

2) ラジノクローバはオーチャードグラスとの組合せ以外はクローバ優勢の状態となり、特にチモシーとの組合せでは極めて優勢な状態となった。

3) 刈取り頻度が多い場合と少ない場合とではラジノクローバの構成割合に大きな差異を生じたが、イネ科草種間の相互関係はほぼ同様な関係が

認められた。

第2節 頻繁刈りにおけるイネ科草種とシロクローバ品種の相互関係

放牧用草地は一般には多数草種を混播することが多いが、特定の目的のために設計された草種組合せが強調され、イネ科およびマメ科各1～2草種からなる単純混播が推奨される傾向がうかがえる(WHYTE et al. 1953)。

北海道において放牧用草地に供し得るマメ科草種はシロクローバ(ラジノ型およびコモン型)のみであるが、前節で述べたようにラジノ型シロクローバはオーチャードグラス以外の他のイネ科草種との組合せではクローバ優勢の状態となり、特にチモシーとの組合せでは極めて優勢となった。

この試験はイネ科およびシロクローバ各1草種からなる単純混播草地について、模擬放牧的頻繁刈りを行い、草取量とクローバ割合の観点から草種組合せを検討しようとしたものである。

試験方法

この試験は北海道立中央農業試験場ほ場で1973年から1976年までの4年間にわたって行われた。

表25に示すようにイネ科6草種とコモン型およ

Table 25. Combinations of forage species in mixtures of one grass and one white clover, and their seeding rates in grams per 10 are.

Grass species (Variety)	Seeding rate		White clover (Variety)	Seeding rate
Orchardgrass (Kitamidori)	2,000	×	Common type (Grasslands Huia) Ladino type (California ladino)	300 500
Perennial ryegrass (Reveille)	4,000			
Meadow fescue (Leto Daehnfeldt)	3,000			
Tall fescue (Hokuryo)	4,000			
Timothy (Heidemij)	1,500			
Kentucky blue grass (Troy)	4,000			

びラジノ型シロクロバ品種をそれぞれ組合せた12種類の混播区を3反復して設置した。各区は21 m² でイネ科草種は畦巾35 cmの条播, シロクロバは散播した。

土壌改良資材として10アール当り炭酸カルシウム100 kg, 熔成磷肥30kg, 基肥として硫酸アンモニウム, 過磷酸石灰, 硫酸カリを用い, 窒素, 磷, カリを10アール当り年間要素量でそれぞれ5, 15, 10 kg 施用した。2～3年次の追肥は同様の単一肥料を用い, 10アール当り年間要素量でそれぞれ10, 12, 16 kg, 4年次には化成肥料を用い, 年間要素量でそれぞれ12, 14, 26 kg を施用した。各年次とも早春および各刈取りごとに分施した。

刈取りは播種当年は1回のみであるが, 2年次以降は7回の刈取りを行った。ただし, チモシーとケンタッキーブルーグラスは2年次のみは5回の刈取りしか行わなかった。刈取りはイネ科草種の草勢および草丈をめぐにして行ったので刈取回次間の日数は同一ではない。刈取り方法は小型モアを用い, 刈取り高さは約5 cmである。モアの刃幅で7.8 m² を刈取って草収量を求め, その一部サンプルについて草種ごとに分別した。

試験結果

2年次から4年次にわたる構成草種の年間合計生草量を図28に示した。

1. 第2年次

構成の中のイネ科草種の草量はペレニアルライグラスが最もすぐれ, 次いでメドーフェスク, オーチャードグラス, トールフェスク, チモシー, ケンタッキーブルーグラスの順であった。いずれのイネ科草種も生育のおう盛なラジノ型シロクロバによって抑制され, コモン型シロクロバと組合せた場合よりも草量が有意に劣った。ラジノ型シロクロバによって抑制される程度はチモシーが最も大きく, 次いでケンタッキーブルーグラスであり, その他のイネ科草種はほぼ同程度にやや抑制された(表26)。一方, 構成の中のシロクロバ草量は相手イネ科草種によって有意な差異が見いだされ, シロクロバの割合はケンタッキーブルーグラス区およびチモシー区に多く, ペレニア

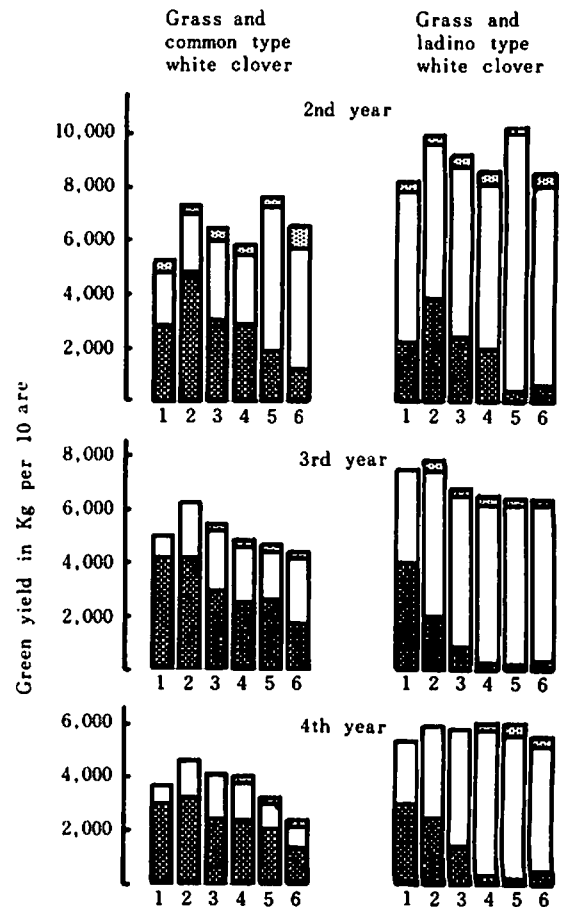


Fig.28. Botanical composition of the herbage yields in one grass and one white clover mixtures.

Grass, white clover, Weeds

1, Orchardgrass; 2, Perennial ryegrass; 3, Meadow fescue; 4, Tall fescue; 5, Timothy, 6, Kentucky blue grass

ルライグラス区が最も少なかった(表27)。シロクロバが優勢なほど区全体草量が多くなる傾向が認められた。

2. 第3年次

構成の中のイネ科草量はオーチャードグラスが最も多くなり, 次いでペレニアルライグラス, メドーフェスク, トールフェスク, チモシー, ケンタッキーブルーグラスと順位した。イネ科草種とシロクロバ品種との相互作用に有意性が認められ, これはオーチャードグラスのみがラジノ型シ

Table 26. The effects of ladino white clover on the forage yields of grass species in the mixtures compared with the effects of common white clover.

Grass component	2nd yr.	3rd yr.	4th yr.
Orchardgrass	83 %	97 %	101 %
Perennial ryegrass	82	49	76
Meadow fescue	82	31	55
Tall fescue	73	15	14
Timothy	26	4	4
Kentucky blue grass	48	20	36

% = $\frac{\text{Yield of the grass species mixed with ladino white clover}}{\text{Yield of the grass species mixed with common white clover}}$

Table 27. The white clover contents in the forage yields of the mixtures.

Mixture	2nd yr.	3rd yr.	4th yr.
Common white clover and Orchardgrass	42.4 %	16.0 %	16.9 %
Perennial ryegrass	31.7	33.0	31.7
Meadow fescue	49.1	44.9	36.5
Tall fescue	46.7	47.4	40.9
Timothy	73.7	42.5	32.5
Kentucky blue grass	79.4	59.6	43.4
Ladino white clover and Orchardgrass	71.0	47.0	43.7
Perennial ryegrass	59.1	73.7	59.0
meadow fescue	71.6	86.6	76.0
Tall fescue	74.9	94.2	94.5
Timothy	95.0	98.2	98.5
Kentucky blue grass	93.0	94.7	91.2

ロクロバによる抑制をほとんど受けなかったのに対して、他のイネ科草種は著しい抑制を受けたためである。その抑制された程度はチモシーが最も著しく、次いでトールフェスク、ケンタッキーブルーグラスであった(表26)。構成の中のシロクロバ草量は一般にラジノ型はコモン型に比べて2~4倍の草量を示し、オーチャードグラスを除く他のイネ科草種区ではラジノ型シロクロバが優勢となり、コモン型シロクロバとの組合せではケンタッキーブルーグラスを除く他の区ではイネ科草種が優勢であった(表27)。

3. 第4年次

構成の中のイネ科草種の草量は一般に前年次と

比べて漸減する中で、ラジノ型シロクロバと組合せたペレニアルライグラスおよびメドーフェスクのみは増大傾向を示した。また、シロクロバはいずれの組合せにおいても前年次より減少した。

イネ科草種とシロクロバ品種との相互作用は前年次と同様に有意性が認められた。これはオーチャードグラスは前年次と同様にまったく抑制を受けなかったのに対して、ペレニアルライグラス、メドーフェスクおよびケンタッキーブルーグラスは前年次よりやや軽微となったが依然として抑制され、トールフェスクおよびチモシーに対しては前年次と同程度の著しい抑制が続いたためである(表26)。そしてトールフェスクとチモシーの立毛状態は極めて疎になり、抑制の程度が著しく強いものであることがうかがわれた。

シロクロバ草量についても相手イネ科草種との相互作用が有意であった。これはコモン型シロクロバはペレニアルライグラス、メドーフェスク、トールフェスクと組合せた場合はチモシー、ケンタッキーブルーグラスおよびオーチャードグラスと組合せた場合よりも草量が多かったのに対して、ラジノ型シロクロバはトールフェスク、チモシー、ケンタッキーブルーグラスとの組合せで草量が多く、メドーフェスク、ペレニアルライグラス、オーチャードグラスとの組合せで順にその草量が少なくなった。

論 議

放牧草地の生産性や草種構成は実際の家畜による放牧条件の下で試験することがのぞましいけれども、頻繁刈取り方式によって放牧条件に近似させる方法も用いられている。これは一般には実験規模が制限されていて放牧方式の適用が困難なためである。そのために刈取り方式と放牧方式による草地生産の推定量を比較することによって、その間に相対的關係を見いだそうとする試みが行われた(BRYANT・BLASER 1961, 1970, CUYKENDALL・MARTEN 1968, FRAME 1976, ROBINSON et al. 1937, TAYLOR et al. 1960, WAGNER 1950)。

しかし、草種構成に関して刈取り方式と放牧方

式の比較を試みた報告はあまり多くみられない。HEIN・HENSON (1942) は草種の相対頻度が放牧方式よりも刈取り方式によって一般に低下したが、この差異は家畜の糞尿による影響も考えられると述べ、MATCHES (1968) はブroomグラスとアルファルファ、およびブルーグラスとトレフォイルの混播草地の草種構成は刈取り方式、羊放牧、牛放牧によって明らかな影響が認められなかったと報告している。TAYLOR et al. (1960) はオーチャードグラスとラジノクローバ混播において放牧方式と刈取り方式による草種構成の差異を報告している。家畜の踏みつけによる耐性に草種間差異が認められ(EDMOND 1958)、放牧強度によって草種構成に変化がもたらされたとする報告も多い(HARRIS 1978)。WATKIN・CLEMENTS (1978) は放牧草地の草種構成に対する家畜の影響を正確に評価することが必要であると述べているが、刈取り方式によって得られる知見にはおのずから限界があると考えなければならないであろう。

オーチャードグラスは供試イネ科草種の中でシロクローバに対する侵襲性が最も強い草種であった。ラジノ型シロクローバと組合せてもオーチャードグラスは2年次を除きやや優勢を保ち、かつコモン型シロクローバと組合せた場合よりも3年間合計の区草量は56%の増大を示した。草種構成と草収量の点からオーチャードグラスとラジノ型シロクローバの組合せはコモン型シロクローバとの組合せよりもすぐれた成績を示した。岸(1973, 1974) は九州北部においては耐暑性に劣るオーチャードグラスはラジノクローバによって著しく抑制されたと報告しているが、気候条件の差異により全く対照的な結果が得られた。

ペレニアルライグラスはシロクローバ品種に対する侵襲性がオーチャードグラスに次いで大きい草種であった。ラジノ型シロクローバと組合せた時はクローバ割合は59~74%を示し、クローバが優勢となったが、コモン型シロクローバと組合せた時は32~33%のクローバ割合を示し、どちらの組合せでも他のイネ科草種の場合よりも草収量がすぐれていた。ペレニアルライグラスは放牧用草種として北海道ではまだ一般的に普及していない

が、道央地域ではオーチャードグラスとともに放牧適性の高い草種であろうと考えられる。

メドーフェスクおよびトールフェスクはコモン型シロクローバと組合せた時はそれぞれ37~49%および41~47%のクローバ割合を示し、3年間合計区草量も前者がやや上回る程度であったが、ラジノ型シロクローバと組合せる時は両者の間には大きな差異が見いだされた。すなわち、クローバ割合はメドーフェスク区では72~87%、トールフェスク区では75~95%を示し、両者ともクローバが極めて優勢であったが、トールフェスクは甚大な抑制を受けて(表26)、年次の経過とともに立毛状態は極めて疎の状態になった。前述の岸(1973, 1974) の報告の中でトールフェスクは秋の再生力がおう盛であるためにラジノクローバとの競争に有利であったと述べているが、本試験の結果と対照的であった。これに対して、メドーフェスクに対するラジノ型シロクローバの抑制程度はトールフェスクよりも軽微であり、立毛が疎になることもなく、草収量もペレニアルライグラスとラジノ型シロクローバの組合せに次いですぐれていた。

チモシーおよびケンタッキーブルーグラスはコモン型シロクローバと組合せた場合でもクローバ割合はそれぞれ33~74%および43~79%のごとくクローバがやや優勢となることがあり、ラジノ型シロクローバと組合せる時はクローバ割合が90%以上の著しいクローバ優勢の状態となった。そしてチモシーはラジノ型シロクローバによって立毛が極めて疎になり、極度の抑制を受けたのに対して、ケンタッキーブルーグラスは立毛状態に影響を受けることが少なかった。

この試験ではイネ科草種に比べて、いずれのシロクローバ品種も年次的に草量の減少傾向がみられた。CUYKENDALL・MARTEN(1968) は刈取り方式を模擬放牧として採用するためには家畜排泄物の効果を補うために多量の窒素とカリの施用が必要であると述べているが、KLETER・BAKHUIS (1972) は窒素施肥された混播草地のシロクローバは生育が抑制され、それは特に低温や水分不足の条件下で生じると報告している。本試験地は粘質土壌で

夏季間は乾燥しやすく、この条件下で10アール当たり10～12 kgの窒素施肥はシロクロバに対して抑制的に働いたものと考えられる。BROCKMAN・WOLTON(1963)は刈取り方式の場合、草収量に及ぼす窒素の効果はシロクロバ割合によって大きく変異し、施用量に対する対応が小さかった。一方、放牧方式の場合は窒素施用によってシロクロバの密度が減少したが、施用量に応じて草収量が増加したと報告している。HOLLIDAY・WILMAN (1962)は草地の収量に対するシロクロバ、窒素肥料および家畜排泄物の効果について、窒素肥料×シロクロバの負の相互作用、窒素肥料×家畜排泄物の正の相互作用を見だし、刈取り方式の結果を放牧方式へ適用することの危険を警告している。

シロクロバ減少の更に大きな要因はウリハムシモドキ *Luperods mentriesi* FALDERMAN の幼虫の喰害によるものであった。5月末から夏季間にわたり毎年発生がみられるが、一般草地に対する薬剤散布は残留毒性や経済性の点から実用になっていないので殆んど対策がとられていない。

摘 要

イネ科6種のそれぞれとコモン型あるいはラジノ型シロクロバを組合せた12種類の単純混播草地について、3年間にわたり年間5～7回の頻繁刈りを行った。

1) ラジノ型シロクロバはイネ科草種に対して抑制的に働くことが多く、その程度はオーチャードグラスおよびベレニアルライグラスに対しては小さかったが、メドーフェスクおよびケンタッキーブルーグラスをかなり抑制し、トールフェスクおよびチモシーに対してはそれらの立毛を著しく減少させるほど抑制的であった。

2. コモン型シロクロバとの組合せでは2年次にチモシーおよびケンタッキーブルーグラスに対してクロバの優勢が認められたのみで、一般にはイネ科草種が優勢であった。

3. ラジノ型シロクロバとの組合せではオーチャードグラスあるいはベレニアルライグラスが、コモン型シロクロバとの組合せではベレニアルライグラスが、それぞれ草量と草種構成の点

からすぐれていた。

第3節 放牧による草種構成の変化

放牧利用を主とする北海道の大規模公共草地は5～6草種の混播によって造成されることが多く、草地の立地条件や利用年次によって次第に草種構成が単純化する傾向が認められる。^(註1,2)

草地の生産性および草種構成に対する放牧の影響について、VOISIN (1960)、WATKIN・CLEMENTS (1978)は家畜による喫喰、選択採食、蹄傷、踏みつけ、土壌の緊密化、糞尿の還元などの要因について総説を述べている。ELLENBERGの報告(VOISIN, 1960による)やEDMONDの報告(FRAME 1976による)によると、踏みつけに対する抵抗性について草種間差異による序列が知られている。EDMONDの報告(WATKINS・CLEMENT 1978による)は多草種混播の草地が家畜の踏みつけによって草種構成が単純化する傾向があることを述べ、草種間競争の要因として家畜の踏みつけを強調している。

この試験はそれぞれ異なった品種からなるオーチャードグラス、チモシー、シロクロバの3草種混播試験区に育成牛の放牧を行い、放牧適性品種を選定するのが当初の目的であったが、品種間差異が不明であったので、品種をこみにした草種水準での構成割合の推移を通じ、放牧条件での草種間の相互関係を明らかにしようとした。

試験方法

この試験は1970年から1973年にわたり、根室管内標津町古多郷にある町営育成牧場で行った。

オーチャードグラス区はチモシー(S-51)とシロクロバ(カリフォルニアラジノ)の基本組合せにオーチャードグラス8品種をそれぞれ混播

註1 北海道農業試験場大規模草地研究班, 1971, 大規模草地の利用管理技術の確立に関する研究, 昭和46年度成績会議資料。

註2 北海道立天北農業試験場, 1971, 公共草地における技術確定調査ならびに現地実証試験, 昭和46年度成績会議資料。

した8区からなる。チモシー区はオーチャードグラス（フロード）とシロクロバ（カリフォルニアラジノ）の基本組合せにチモシー4品種をそれぞれ混播した4区からなり、シロクロバ区はオーチャードグラス（フロード）とチモシー（S-51）の基本組合せにシロクロバ4品種をそれぞれ混播した4区からなる。それぞれ16区とも10アール当り播種量はオーチャードグラス750 g、チモシー450 g、シロクロバ200 gであり、1区面積は1アールである。試験区は3反復乱塊法によって配置し、周囲の約250アールにチモシー（ハイデミー）とシロクロバ（カリフォルニアラジノ）の混播草地を配した。

1970年8月下旬に試験区を造成し、10アール当り施肥量は土壌改良資材として炭酸カルシウム200 kg、熔成燐肥80 kg、基肥として尿素化成肥料（10-7-10）30 kgを施用し、播種は8月29日に行った。

放牧に伴う草地調査は1971年から3年間行なったが、現存量は各回の放牧前日に各区の草勢の中庸な個所1 m²を刈取って秤量し、構成草種ごとに分別してそれぞれの構成割合を求めた。放牧翌日に各区1ヶ所、1 m²を刈取って残存量を求め、現存量から差引いた残りを採食量とした。

ホルスタイン種の育成牛を供試し、利用1年次は120頭、滞放48時間、20日間隔、利用2年次は125頭、滞牧72時間、20日間隔、利用3年次は100頭、滞牧48時間、25日間隔の強度で放牧した。区内の草勢をできるだけ均等にするために、放牧翌日に糞の拡散、モアによる掃除刈りを実施した。

化成肥料（6-11-11-3）は10アール当り年間量100 kgを5月、8月および10月にそれぞれ等量分施した。

試験結果

各試験区とも10アール当り播種量はオーチャードグラス750 g、チモシー450 g、シロクロバ200 gであるが、播種後2週間目の立毛調査ではイネ科 $1,004 \pm 244$ 本/m²、シロクロバ 240 ± 75 本/m²であった。播種期が8月29日であったために越冬までの幼植物の生育が十分でなかったが、イネ

科草種には冬枯れが認められず、シロクロバは枯死個体が著しかった。越冬後、残存シロクロバは漸次草勢が増大したが、これらのシロクロバはほとんどラジノ型であった。

1. 利用1年次

第1回放牧の6月11日には草丈が40 cm内外に伸長し、オーチャードグラスに出穂がみられた。10アール当り風乾現存量は176 kgで、草種構成はチモシー55%、オーチャードグラス29%、シロクロバ5%であった。第2回および第3回放牧時では草丈がほぼ30 cm内外で現存量は漸減したが、オーチャードグラスおよびシロクロバの構成割合が増加し、チモシーは減少を示した。第4回放牧は追肥を施したので草丈は50 cmに伸長し、現存量も166 kgに増加したが、草種構成は第3回放牧時とはほぼ同様であった。8月下旬以降は気温が低下して草丈の伸長が著しく劣り、第5回放牧時は25 cm、第6回は20 cm、第7回では12~15 cm、現存量もそれぞれ10アール当り58、55、36 kgに過ぎなかった。草種構成はオーチャードグラス、シロクロバ、イネ科雑草（主としてケンタッキーブルーグラス）が漸増し、チモシーは漸減傾向が続いた。第7回放牧時の草種構成はオーチャードグラス64%、チモシー4%、シロクロバ23%、イネ科雑草9%のように春季の草種構成とはまったく異なるものとなった。

2. 利用2年次

6月10日の第1回放牧時は入牧の遅延から草丈が60 cmに伸長し、オーチャードグラスはすでに出穂期に達していた。10アール当り風乾現存量は平均316 kgに達し、草種構成割合はチモシー44%、オーチャードグラス26%、シロクロバ21%、イネ科雑草9%であった。第2回および第3回放牧時の現存量はそれぞれ252、99 kgに減少したが、チモシーの著しい減少とシロクロバの増加が目立った。追肥後の第4回放牧時では現存量は175 kgに増加したが、草種構成はオーチャードグラス33%、チモシー5%、シロクロバ48%、ケンタッキーブルーグラスを主とするイネ科雑草は13%を示した。第5回および第6回放牧では草丈は30 cm、現存量は約100 kgであり、最終放牧

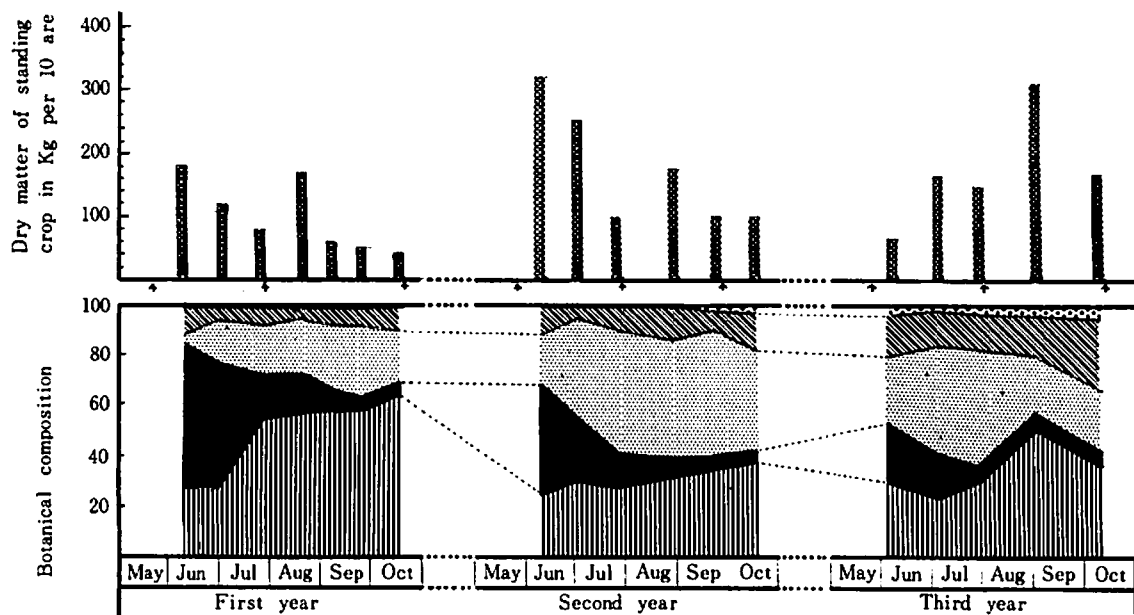


Fig.29. The time changes in the dry matter yields of the standing crops in Kg per 10 are and of the botanical compositions (timothy; ■, orchardgrass; ||||, ladino clover; //, grass weeds; . . . , other weeds; x x x) in the mixtures under grazing. Arrow marks show the times of fertilization.

時の草種構成はオーチャードグラス38%, チモシー4%, シロクロバ41%, イネ科雑草15%であった。

3. 利用3年次

6月7日の第1回放牧時の草丈は30 cm, 10アール当り風乾現存量は69 kgでオーチャードグラスは出穂期に達していたが、冬枯れが目立ち、春季草勢は前年より著しく劣った。草種構成はオーチャードグラス31%, チモシー23%, シロクロバ25%, イネ科雑草19%であった。第2回および第3回放牧時の現存量はそれぞれ163 kgおよび152 kgに増大したが、草種構成はオーチャードグラス31%, チモシー5%に対してシロクロバ48%, イネ科雑草その他16%のごとくであった。追肥後は草勢の増大が著しく、また放牧の遅延もあって第4回放牧時には草丈75 cm, 現存量312 kgの過繁茂の状態となった。これはオーチャードグラスの草勢増大によるもので、その構成割合は52%となり、チモシー4%, シロクロバ22%, イネ科雑草その他は16%を占めた。第5回最終放牧時の草丈40 cm, 現存量169 kg, 草種構成はオー

チャードグラス38%, チモシー5%, シロクロバ24%, ケンタッキーブルーグラス29%であった。

4. 利用4年次

放牧前の5月30日の調査ではオーチャードグラス39%, チモシー6%, シロクロバ30%, イネ科雑草33%, その他雑草2%であり、ケンタッキーブルーグラスの混生割合が著しく増大した。また、試験区周辺のチモシー(ハイデミー)とラジノクロバの混播草地はチモシーがほとんど消失し、ケンタッキーブルーグラスで占められる状態となった。

論 議

試験区の設置場所は知床山系山麓で、かつ沿海に位置する根室管内標津町古多穂の町営乳牛育成牧場である。土壌は摩周系火山性砂壤土で排水はやや不良である。気象条件は根室管内の内陸部に比較して、5~7月の平均気温はやや低いが、8~10月は高めとなり、日気温較差がより小さい。夏季の降水量および冬季の降雪量は多く、夏季は海霧の影響を受け易く、日照時数は内陸部より少

ない。

すべての区は10アール当り播種量がオーチャードグラス750 g, チモシー450 g, シロクロバ200 gの3草種混播からなっているが, 播種後2週間目の立毛調査ではイネ科草種 $1,004 \pm 244$ 本/m², シロクロバ 240 ± 75 本/m²であった。比較的大規模な試験区からなり, 播種, 覆土は必ずしも精密に行うことができなかったが, 幼植物の立毛数は稠密な草地を形成するには十分であり, 播種量は慣行の約半分量でも間に合うことを示すものである。

播種期が8月29日であったために越冬までの幼植物の生育が十分でなく, シロクロバは越冬中の枯死個体が著しかったのに対してイネ科草種には冬枯れが認められなかった。越冬後, 残存シロクロバは漸次草勢を増大していったが, これらのシロクロバはほとんどラジノ型であった。

3年間を通じて試験区の草勢は変異の大きい推移を示した。草勢の変異は気象条件, 放牧利用方法, 施肥, 草種構成などの要因の影響が考えられる。

利用1年次の現存量が比較的に少ないのは, 秋季播種による翌年の生育であること, かつこの年が低温不良年であったためである。利用2年次および3年次は比較的高温良好年であり, いずれの年次においても第3回放牧後に追肥を施したので, 第4回放牧時の現存量の増大がみられた。利用3年次の春の草勢は冬損により著しく草勢が低下したが, 夏季に向い次第に増大した。

草種構成の推移については, 前章までの試験結果にみられたようなチモシーの急速な消失は認められなかった。いずれの年次でも入牧時期が遅延し, 第1回放牧時ではオーチャードグラスは出穂期に達していたが, 融雪期が遅れ, 土壤水分が比較的豊富な春季の条件の下ではチモシーはオーチャードグラスよりも優勢な生育を示した。気温が上昇する夏季になると, オーチャードグラスの生育が優勢となり, 再生力の劣るチモシーを抑制する結果となった。年次の経過とともに抑制の結果が累積し, 次第にチモシーの構成割合が減少していった。オーチャードグラスは放牧回次の経過

とともにその割合を増加し, 年次的推移も増大する傾向がみられた。シロクロバの構成割合は2年次では他の構成草種よりも優勢となり, 3年次ではオーチャードグラスやケンタッキーブルーグラスの構成割合が次第に増大するに従い, その構成割合は減少した。育成牛はその栄養的要求からクロバ類を好食することが少ないために, シロクロバの構成割合が比較的に高く維持されたのであろう。イネ科雑草としてのケンタッキーブルーグラスは利用1年次から混生が認められ, 年次とともに漸増し, 3年次の秋には24%を占めるにいたり, 以後も増大する傾向を示した。試験区の周辺にはチモシー(ハイデミー)とカリフォルニアラジノのみからなる除外区を設けたが, 5年後の1975年の春季にはケンタッキーブルーグラスが完全に優占する草地に変わった。EDMOND(1958)は家畜の踏みつけによる耐性に草種間差異を見だし, ケンタッキーブルーグラスやシロクロバはチモシーやオーチャードグラスよりも耐性が大いともなしている。ニュージーランドにおける多くの研究(HARRIS 1978, WATKIN・CLEMENT 1978)は放牧強度によって草種構成の変化がもたらされることを報告している。

SPEDDING・DIEKMAHNS(1972)は放牧用草種としての適性は, もしその草種が単播されるなら雑草の侵入に対して抵抗性をもつこと, また混播される時は優占化したり, 他の草種に抑制されないような特性を持つことが必要であり, 放牧条件下の草種間の競争は草種自身の草勢や放牧家畜による選択採食のいかんによって影響されると述べている。

この試験から摘出される草種構成上の問題点はチモシーの劣性化, 優占化するオーチャードグラスの越冬不安定性による突然の衰退, 自生するケンタッキーブルーグラスの混生増大およびシロクロバの漸減傾向である。草種構成の変化は草地の栄養生産性の変化に結びつくものであり, ひいては家畜生産にも影響するであろう。HUGHES(1952)は季節を通じ, 家畜生産の平準化を図るためには季節性に対応した単純混播草地の利用が重要であり, 一般多目的用の複雑混播草地を用いて

も、この平準化は必ずしも可能ではないと述べている。このような見地から、根釧地方における放牧用草種、品種の選定とともに栽培法および利用法の検討が必要であろう。

摘 要

チモシー、オーチャードグラス、シロクロバからなる混播草地にホルスタイン育成牛を放牧し、草量および草種構成の推移をみた。

1) 3年間を通じ、放牧回次ごとの草量は大きな変異を示したが、これは利用間隔、季節による気象条件、草種構成、追肥などの要因によるものと考えられる。

2) チモシーの構成割合は春季に高く、秋季に低くなる傾向を示しながら、経年的に減少傾向をたどった。オーチャードグラスはこれと反対の傾

向を示し、ラジノクロバとともに草地の主体を占めた。

3) ケンタッキーブルーグラスの混生が経時的に増大し、3年次の秋季には優占草種のオーチャードグラスとほぼ同等の割合を占めるまでになった。

4) 夏季の追肥によってオーチャードグラスおよびケンタッキーブルーグラスの草勢増大が認められた。

5) チモシーの劣勢化、オーチャードグラスの越冬不安定性、ケンタッキーブルーグラスの混生増大およびシロクロバの減少傾向は放牧草地の草種構成の極相がケンタッキーブルーグラスに落着くであろうと推定されるが、家畜生産の季節的平準化に対応するような放牧用草種、品種の選定と利用法の確立が重要である。

第6章 総 合 考 察

多くの草地はイネ科草種あるいはマメ科草種、あるいはその両方、種々の自生草種などを含む数種から成り立っていて、草種間および草種内に相互作用が働き合うのが草地の特徴である。その結果生ずる草種構成や収量の変動について長い間関心が持たれてきたが、それらの現象についての研究や厳密な試験が行われるようになったのは1950年以降の比較的近年になってからである。

イネ科草種とマメ科草種との混播による飼料生産上の有利性は古くから認識されてきたが、窒素施肥量の増大傾向と相まってマメ科草種の重要性の認識が薄れ、イネ科草種の混播草地に対して窒素施肥による季節的生産制御も可能であり、早期刈取りによりマメ科草種に相当する飼料価値を持った飼料を生産することもできるという考え方も生まれてきた (BLASER et al. 1952)。従って、イネ科草種の混播にもとずいた研究例が多い。

イネ科草種の混播が用いられる理由として、1) 環境条件の変化を的確に予測できないので草地の中に多くの草種や品種を組入れて危険を分散すること、2) 一つの草地に季節的生育様式の異なった草種、品種を組合せて合理的に利用すること、3) 多草種、品種の混播はこれらの単播よりも環境要素をさらに合理的に利用することができるであろう、4) 混播の平均収量は構成草種、品種の平均と等しいことが多いが、時としてこれらを上回り、更に最も高収な構成草種の収量を越えることもあり、構成草種の平均より劣ることは稀である、5) 同一草種内の個体の要求は地上部および地下部で同じ強さをもって、同じ場所、同じ時に現われるので収量性を維持するために混播が必要である等をあげることができる。

しかしRHODES (1970)によれば、混播と単播の草収量についての比較試験は播種密度や施肥量水準が重要な要素となり、厳密な設計にもとずいた試験は極めて少ないけれども、これらの試験結果を通覧してみると、混播によって単播よりも多収

が得られる可能性については相反する結果が得られていると述べている。

北海道における牧草混播は1960年以前はチモシーとアカクローバあるいはオーチャードグラスとアカクローバのごとき単純な組合せが利用されていた。かつて、明治中期に小川 (1907) は彼の著書「牧草論」の中で、チモシーとオーチャードグラスを混播するときはチモシーが消失してしまうのでその組合せは不合理であると指摘している。

1960年以降は酪農の発展に伴い牧草種子の需要が増大し、ほとんど外国産種子でまかなわれるようになるとともに多草種組合せによる混播が一般的となってきた。現行の多草種混播草地において、その中のある草種が優占するのに何故混播が必要なのか、あるいは混播によって多収が得られるのであろうかという疑問を改めて検討する必要がある。

本報告では草種構成の経時的推移にもとずいて草種間の相互関係の検討を試みた。草種構成は草種間相互関係の結果であると考えからである。

1. 主要イネ科草種の生育過程

北海道における主要な採草用イネ科草種としてはチモシー、オーチャードグラス、メドーフェスクがあげられる。これらのイネ科草種の生育過程にはいくつかの相似点や相異点がみられる。チモシーの年間にわたる乾物生産は春季に片寄り、オーチャードグラスはほぼ平準的であり、メドーフェスクはこれら2草種の間際の傾向を示した。

1番草の乾物生産の推移はいずれの草種においても、まず根の生長にはじまり、ついで地上部の生長とそれに伴う根部の減少、その後全器官の増大が続く3段階である。

再生草の乾物生産の推移は草種によって異なり、チモシーでは初期は全器官の増大する時期、続いて根部の減少なしに地上部の増大する2段階、オーチャードグラスは初期に全器官の増大、

中期は地上部の増大と根部の減少、後期は全器官の増大の3段階、メドーフェスクは初期は根部や葉鞘+茎の減少が起り、葉身の増大する時期、中期は全器官が漸増する時期、後期は特に根部が激増する時期の3段階がみられる。

地上部の養分吸収速度はオーチャードグラス>メドーフェスク>チモシーの関係がみられた。根部の成分含有率は地上部に比べて非常に低く、生育に伴う推移もほぼ平準的であった。根部上層部における磷酸含有率は7~10月(チモシーのみは9~10月)にかけて増大する傾向がみられ、新根の発生と関連があるように考えられる。

2. 混播構成草種の侵攻性

混播された草種の間に生育過程を通じて相互作用が働き、その結果、草地の草種構成や草収量に影響をもたらす。草種間の相互関係が侵攻的であったり、両立的であったり、あるいは相互に抑制的であったりするからである。

チモシーとアカクロバの単純な組合せについて、施肥処理と混播割合を異にした場合の両草種間の相互関係は、まず定着初期の草勢に差異が認められたけれども、両草種の密度効果は互いに独立的であった。その後、優勢なアカクロバによってチモシーが抑制を受けたのは初年次の2番草のみであった。2年次および3年次を通じ、チモシーの受ける有利な効果が大きく、かつ草勢の増大したチモシーによってアカクロバの抑制される程度も大きかったが、無窒素区ではアカクロバは抑制されることがなかった。いずれの施肥区においても混播区が単播区よりも多収であり、5:5の混播割合(無窒素区では3:7)の場合が最も多収であった。アカクロバが消失しても、その残効果によってチモシー草量の増大が導かれるので、比較的短年利用草地においてチモシーに対するアカクロバの役割は大きいものがある。

イネ科草種はマメ科草種との混播において一般に侵攻性を示す。チモシー、オーチャードグラス、ブroomグラス、トールフェスクのイネ科草種とアカクロバ、ラジノクロバのマメ科草種をそれぞれ1草種ずつ組合せて草種間の侵攻性の比較を試みた。単播にくらべて混播による増収効果が

すべての組合せて認められ、イネ科草種の侵攻性が著しく増大した。中でもブroomグラスがもっとも大きく、次いでチモシー、オーチャードグラス、トールフェスクの順であった。しかし草量の順位はチモシー、オーチャードグラス、ブroomグラス、トールフェスクの順であった。一方、マメ科草種はチモシーと組合せたラジノクロバのみが著しい抑制を受けたほかは抑制の程度は小さかった。一般にラジノクロバはアカクロバよりもイネ科草種による抑制をやや強く受ける傾向がみられた。

これまでの結果はイネ科およびマメ科草種をそれぞれ1草種ずつ組合せた単純な混播草地において、イネ科草種が主体を示すことが合理的であることを示したが、季節生産性や生育型の異なったイネ科草種をいくつか組合せた場合にそれぞれの特性が発揮できるような集団構成が成り立てば、高位生産のみならず季節的、年次の平準化が可能になるであろうと考えられる。

チモシー、メドーフェスク、オーチャードグラスを用い、2草種ずつを種子粒数によって6通りの混播割合で播種し、ラジノクロバをベースにした共通条件の下で相対草量によって侵攻性の比較を行った。相対草量は2年次ではメドーフェスク>チモシー>オーチャードグラスの順であった。3年次以降ではチモシーが最も劣るようになり、4年次後半ではオーチャードグラスはメドーフェスクを上回るようになった。チモシーもメドーフェスクとの混播では低い水準で相対草量がやや増大する傾向がうかがわれ、年次の経過により草種の侵攻性に変動が認められた。一般に、混播区におけるイネ科2草種の合計草量は単播区のいずれかの草種の草量よりも有意にまさはることはなかった。チモシーはオーチャードグラスやメドーフェスクによって抑制されるのでこれらの草種との混播は不適当であり、後二者の混播はメドーフェスク主体からオーチャードグラス主体へと年次的に交替し、草生産上好都合な組合せといえる。

これらの草種間相互関係を実際栽培に近い条件で確認するために、根室内3地点に試験区を設置した。試験区はアカクロバおよびラジノク

ローバを共通のベースにして、チモシー、オーチャードグラス、メドーフェスクのそれぞれを主体草種に、他の1草種は随伴草種となるような草種構成を意図した播種量による6種類の草種組合せ区からなる。3年間の結果では前述と同様な結論が得られた。すなわち、チモシーを主体にした場合でも他の随伴イネ科草種によって抑制され、またメドーフェスクも随伴草種のオーチャードグラスの構成割合が上回る場合がみられた。メドーフェスクとオーチャードグラスとの組合せでは一時的に相互に抑制し合い草量の減少がみられたが、両草種の年次による草勢の交替は混播の一つの利点と考えられる。アカクロバの衰退後にラジノクロバが代って優勢となり、両草種の混播も合理的である。マメ科草種の構成割合は相手イネ科草種がオーチャードグラスであるよりもメドーフェスクの場合に多く、共存性が高い傾向がみられた。一般的には混播における構成草種間の相互関係は試験地間に普遍的であると考えられる。

3. 草種構成と栽培要因との相互関係

自然的あるいは人為的環境要因に対して各構成草種の生育反応が異なり、更に構成草種間の相互関係も加わるので草種構成におよぼすこれら要因の影響は極めて複雑である。構成草種の栽培条件による侵攻性の変化やある種の競争に対する草種の反応に関する知見はいまだ十分とはいえない。これまでは比較的単純な条件の下で草種間の相互関係をみてきたが、随伴草種や施肥処理の効果を直交表による多因子実験の手法を用いて検討した。その結果、チモシー主体草地において随伴草種のメドーフェスクはチモシーを著しく抑制し、オーチャードグラス主体草地においても1～2年次までは随伴のメドーフェスクが優勢であったが、3年次以降はオーチャードグラスが優勢となった。初期年次ではアカクロバが優勢でラジノクロバを抑制したが、後期年次ではラジノクロバが優勢となった。イタリアンライグラスの効果は1年次では他の構成草種を抑制したが、その組合せによって全体草量は増大した。しかし、2年次ではイタリアンライグラスが消失し、他の構成草種も草勢の回復が遅れて全体草量はむしろ

減少した。3年次以降はその効果が有意でなくなった。施肥要因の効果はマメ科の構成割合が比較的にかつた6年次までは顕著ではなかったが、7～8年次では構成草種によって異なる効果が認められた。

前述の試験結果はイネ科草種を組合せても有利な多収効果が得られなかったことを示したが、近年は特定の目的のための草地として単純な混播が志向されており、これは種間、種内の競争を小さくすることによって各草種の特性を最大限に実現することにある。

チモシー、オーチャードグラス、メドーフェスクのそれぞれとラジノクロバからなる基本組合せに対して、初期年次の多収を図るために短年的随伴草種の混播や収量維持のための施肥処理を行いつつ、主体イネ科草種の維持を図ろうとした。試験の結果はチモシー主体区においては侵攻性の強いイタリアンライグラスやアカクロバのレッドヘッド品種の組合せは不適當であり、オーチャードグラス主体区ではイタリアンライグラスおよびレッドヘッド品種によって基本草種は初期年次にのみわずかに抑制を受けた程度であった。メドーフェスク主体区ではイタリアンライグラスの混播は収量的には有利であったが、アカクロバとの共存性に劣る傾向がみられた。主体イネ科草種より侵攻性の強い随伴草種や共存性の劣る随伴草種を組合せることは不適當であると考えられる。施肥量の効果は各イネ科草種、アカクロバ、ラジノクロバに対してそれぞれ異なり、多量施肥が必ずしも多収に結びつかない。マメ科草種の混生維持によって多収を維持するためには多量施肥は得策ではないと考えられる。

4. 放牧条件下における草種構成の経時的推移

放牧利用による草丈の短い状態では草種間の相互関係が異なり、草種構成におよぼす影響も採草利用条件の場合と異なることが考えられる。放牧用草地は一般には多数草種を混播することが多いが、特定の目的のために設計された草種組合せが強調され、イネ科およびマメ科各1～2草種からなる単純混播が推奨される傾向がみられる。

放牧草地の生産性や草種構成は実際の家畜によ

る放牧条件下で調査することがのぞましいが、頻繁刈り方式によって放牧条件に近似させる方法を用いた。しかし、家畜による喫食方法、選択採食、蹄による踏みつけ、糞尿等の効果を再現することは困難であり、頻繁刈り方式によって得られる知見にはおのずから限界があると考えなければならない。

ラジノクローバをベースにしてイネ科2草種を組合せた場合は、チモシーはオーチャードグラス、メドーフェスク、トールフェスクによって著しく抑制され、3年次の後半以降は構成から消失した。トールフェスクもオーチャードグラスと組合せる時はその割合は極めて少なくなった。オーチャードグラスとメドーフェスクの間には草勢が伯仲する関係が認められた。このような草種間の相互関係は刈取り頻度の少ない採草利用の場合とはほぼ同様な傾向であった。

ラジノクローバはオーチャードグラス以外の草種との組合せではクローバ優勢の状態となり、特にチモシーとの組合せでは極めて優勢な状態を示した。このような傾向は気象的、土壌的に異なる道央地域においても認められた。すなわち、イネ科6草種のそれぞれとコモン型あるいはラジノ型シロクローバを組合せた単純混播草地について、ラジノ型シロクローバはイネ科草種に対して抑制的に働くことが多く、その程度はオーチャードグラスおよびベレニアルライグラスに対しては小さかったが、メドーフェスクおよびケンタッキーブルーグラスをかなり抑制し、トールフェスクおよびチモシーに対してはそれらの立毛を著しく減少させるほど抑制的であった。コモン型シロクローバとの組合せでは2年次にチモシーおよびケンタッキーブルーグラスに対してクローバ優勢が認められたのみで、一般にはイネ科草種が優勢であった。イネ科草種とシロクローバ品種との単純

混播草地では草量と草種構成について大きな変異がみられたので、栄養の摂取が異なる泌乳牛用あるいは育成牛用等の利用目的別に特定の草地を設置することが合理的であろう。

チモシー、オーチャードグラス、ラジノクローバからなる混播草地にホルスタイン育成牛の放牧を行った結果、草種構成の推移については採草利用の場合にみられたようなチモシーの急速な消失は認められなかった。いずれの年次においても、入牧時期の遅延のために第1回放牧時におけるイネ科草種は生育がかなり進んだ時期となったが、融雪期が遅く、土壤水分が比較的豊富な春季の条件下では、チモシーはオーチャードグラスよりも優勢な生育を示した。気温が上昇する夏季になると、オーチャードグラスの生育がおう盛となり、再生力の劣るチモシーを抑制する結果となった。年次の経過とともに抑制の結果が累積し、次第にチモシーの構成割合が減少していった。オーチャードグラスは放牧回次の経過とともにその割合を増加し、年次的にも増大する傾向がみられた。ラジノクローバの構成割合は2年次では他の構成草種よりも優勢となり、3年次ではオーチャードグラスや自生のケンタッキーブルーグラスの構成割合が次第に増大するに従い、その構成割合は次第に減少した。育成牛はその栄養的要求からクローバ類を好食することが少ないためにラジノクローバの構成割合が比較的に高く維持されたのであろう。自生のケンタッキーブルーグラスは利用1年次から混生が認められ、年次とともに漸増した。草種構成上の問題点はチモシーの劣勢化、優勢化するオーチャードグラスの越冬不安定性、自生するケンタッキーブルーグラスの混生増大であるが、草種構成の変化は草地の栄養生産性の変化に結びつくものであり、ひいては家畜生産にも影響することが考えられる。

第7章 結 論

多くの草地は数草種から成り立っているが、その草種構成は草種間の相互関係の結果であると考えられる。

この研究は混播草地における草種構成の経時的推移を通して、構成草種間の相互関係を明らかにするために行ったものである。得られた結果は次のとおりである。

1. 単播条件におけるチモシー、オーチャードグラス、メドーフェスクの生育過程を定期的に追跡した結果、分けつの発生、地上部および根部の乾物生産の様式や生産量、養分吸収について草種間差異が見いだされた。

2. チモシーとアカクロバの単純混播草地の草量は、いずれの草種の単播収量よりも多収であった。2年次においてアカクロバは優勢となったにもかかわらず、チモシーは抑制を受けずに、むしろ侵攻的となる場合も見られた。

3. アカクロバあるいはラジノクロバと混播する時、イネ科草種は侵攻的となり、特にラジノクロバとの混播においてその程度が大であった。イネ科草種の収量と侵攻性の程度とは必ずしも平行的に対応するとは限らない。

4. イネ科2草種間の侵攻性についても、それぞれのイネ科草種の草量と必ずしも対応しなかった。チモシーの草量と侵攻性はいずれもオーチャードグラスやメドーフェスクよりも小さかった。オーチャードグラスは年次の経過とともに草量が増大したが、その侵攻性はメドーフェスクよりも小さかった。他方、メドーフェスクの草量は年次とともに逓減しオーチャードグラスよりも小さくなったが、侵攻性の程度が逆転したのは更後の年次であった。

5. イネ科2草種を混播しても草量がいずれの草種の単播草量よりも有意にまさることがなかったが、オーチャードグラスとメドーフェスクの混播は互いに年次的な生育が異なるので草勢の交替が行われ、混播による一つの利点を示した。アオ

クロバは2年次までは多収を示したが、その後は草勢が衰退し、ラジノクロバと草勢の交替が行われた。

6. チモシー主体草地におけるチモシーは侵攻性の強い随伴草種によって著しく抑制されたが、随伴草種の侵攻性が小さい場合は主体性を維持することができた。しかし自生のレッドトップの侵入を容易に許し、著しく抑制される例がみられた。

7. オーチャードグラス主体草地では随伴草種が優勢となることもなく、レッドトップのような雑草の侵入も極めて少なかった。しかし、オーチャードグラスは雪腐大粒菌核病の被害を受けて、越冬が不安定になる傾向を示した。

8. メドーフェスク主体草地におけるメドーフェスクはアカクロバを抑制したが、ラジノクロバとは共存性が高かった。

9. 模擬放牧の頻繁刈りを行った場合、イネ科2草種とラジノクロバの混播草地において、チモシーは他のイネ科草種によって著しく抑制され、トールフェスクもまたオーチャードグラスによって抑制された。メドーフェスクはオーチャードグラスと共存的であった。

10. 頻繁刈り条件下で、コモン型シロクロバとの混播においてイネ科草種は多くの場合に優勢を示したが、ラジノ型シロクロバはイネ科草種に対して種々の程度に抑制した。オーチャードグラスに対する抑制は無視できる程度であったが、ベレニアルライグラスに対しては僅かであり、メドーフェスクとケンタッキーブルーグラスに対しては相当程度に、チモシーやトールフェスクに対してはその立毛を損うほどに極度に抑制的であった。

11. チモシー、オーチャードグラス、ラジノクロバからなる混播草地に乳用育成牛を放牧した結果は、チモシーやラジノクロバの構成割合が漸減したのに対して、オーチャードグラスは漸増し、自生草種のケンタッキーブルーグラスの侵

入も次第に著しくなった。

多数草種を混播しても、それらのすべての草種が何時も構成員として維持されるとは限らない。草種の中には播種後間もなく消失するものもあり、ある草種は優勢になったり、ある草種は劣勢になったりする。草種構成の変化は飼料生産の量と品質に変化をもたらすものであり、安定した草種構成の維持がのぞましい。

北海道で最も重要なイネ科草種であるチモシーが他のイネ科草種と比べて、最も侵攻性が劣る草種であることを認識することが必要である。もし、

他の侵攻的な草種と組合わされるならば草地の中で優勢な構成員として維持することが困難となる。

多数の草種からなる複雑混播草地が实际的に少数草種からなる単純混播草地よりすぐれているとは思われない。それ故、特定の目的のために、特定の管理と利用を行い得る単純混播草地を設けることが实际的であると考えられる。栽培体系の面において、いくつかの単純混播草地をあわせ持つことは、草種が環境要素に対して異なる対応を示すことから考えてもより論理的であると思われる。

引用文献

- 1) Aberg, E., Johanson, I.J. and Wilsie, C.P. (1943) Association between species of grasses and legumes. *Amer. Soc. Agron.* 35, 357-369.
- 2) Alcock, M.B. and Morgan, E.W. (1966) The effect of frequency of defoliation on the yield of mixtures of S22 (diploid) and Tetra (tetraploid) Italian ryegrass in early establishment. *J. Br. Grassld Soc.* 21, 62-64.
- 3) Alexander, C.W. and McCloud, D.E. (1962) Influence of time and rate of nitrogen application on production and botanical composition of forage. *Agron. J.* 54, 521-522.
- 4) Armstrong, S.E. (1950) British grasses and their employment in agriculture. *Camb. Univ. press.* London. pp 350.
- 5) Bakhuis, J.A. and Kleter, H.J. (1965) Some effect of associated growth on grass and clover under field condition. *Neth. J. agric. Sci.* 13, 280-310.
- 6) Berg, J.P. van den. (1968) An analysis of yields of grasses in mixed and pure stands. *Agric. Res. Reports* 714. Centre for Agri. Publ. and Docum. Wageningen. pp 71.
- 7) Blaser, R.E., Skrdla, W.H. and Taylor, T.H. (1952) Ecological and physiological factors in compounding forage seed mixtures. *Advances in Agronomy.* 4, 179-219.
- 8) Blaser, R.E., Taylor, T.H., Griffeth, W. and Skrdla, W. (1956) Seeding competition in establishing forage plants. *Agron. J.* 48, 1-6.
- 9) Blaser, R.E., Griffeth, W.L. and Taylor, T.H. (1956) Seedling competition in compounding forage seed mixtures. *Agron. J.* 48, 118-123.
- 10) Brockman, J.S. and Wolton, K.M. (1963) The use of nitrogen on grass/white clover sward. *J. Br. Grassld Soc.* 18, 7-13.
- 11) Bryant, H.T. and Blaser, R.E. (1961) Yields and stands of orchardgrass compared under clipping and grazing intensities. *Agron. J.* 53, 9-11.
- 12) — and — (1970) Effects of clipping compared to grazing of ladino clover-orchardgrass and alfalfa-orchardgrass mixtures. *Agron. J.* 60, 165-166.
- 13) Carter, L.P. and Scholl, L.M. (1962) Effectiveness of inorganic nitrogen as a replacement for legumes grown in association with forage grass. *Agron. J.* 54, 161-163.
- 14) Chamblee, D.S. and Lovvorn, R.L. (1953) The effect of rate and method of seeding on the yield and botanical composition of alfalfa-orchardgrass and alfalfa-tall fescue. *Agron. J.* 45, 192-196.
- 15) Chestnutt, D.E.M. (1971) Effects of white clover on the botanical composition of swards of ryegrass, timothy and meadow fescue and mixtures of these three. *J. Br. Grassld Soc.* 26, 35-40.
- 16) — (1974) Effects of the ratio of ryegrass to timothy in the seeds mixture on herbage in the presence and absence of white clover. *Proc. 12nd Intl Grassld Congress.* 83-90.
- 17) Chiason, T.C. (1960) The effects of various increments of N, P and K on the yield and botanical composition of permanent pastures. *Canada J. Pl. Sci.* 40, 235-247.
- 18) Cowling, D.W. and Lockyer, D.R. (1965) A comparison of the reaction of different grass species to fertilizer nitrogen and to growth in association with white clover. *J. Br. Grassld Soc.* 20, 197-204.
- 19) — and — (1968) A comparison of the yield of three grass species at various levels of nitrogenous fertilizer sown alone or in mixture. *J. agric. Sci., Camb.* 71, 127-136.
- 20) Crocker, R.L. and Martin, P.M. (1964) Competition between perennial ryegrass and meadow fescue under field plot condition. *J. Br. Grassld Soc.* 19, 27-29.
- 21) Cuykendall, C.H. and Marten, G.C. (1968) Defoliation by sheep grazing versus mower-clipping for evaluation of pasture. *Agron. J.* 60, 404-408.
- 22) Davies, I. (1960) Growth stage and related factors in grassland management. *Rep. Welsh Pl. Breed. Stn.* 104-109.
- 23) Doll, E.C., Hatfield, A.L. and Todd, J.R. (1961) Effect of fertilizer nitrogen on yield and nitrogen uptake by grass-legume pastures. *Agron. J.* 53, 189-192.
- 24) Donald, C.M. (1963) Competition among crop and pasture plants. *Adv. Agron.* 15, 1-118.
- 25) Drake, M., Colby, W.G. and Bredakis, E. (1963) Yield of orchardgrass as influenced by rates of

- nitrogen and harvest management. *Agron. J.* 55, 361-362.
- 26) Duncan, W.C. (1958) The relationship between corn population and yield. *Agron. J.* 50, 82-84.
 - 27) England, F. (1968) Competition in mixtures of herbage grasses. *J. Appl. Ecol.* 5, 227-242.
 - 28) Erdmann, M.H. and Harrison, C.M. (1947) The influence of domestic ryegrass and red top upon the growth of Kentucky blue grass and Chewing fescue in lawn and turf mixture. *J. Am. Soc. Agron.* 39, 682-689.
 - 29) Frame, J., Harkess, R.D. and Hunt, I.V. (1973) The effect of companion grasses on timothy production in swards cut for conservation. *J. Br. Grassld Soc.* 28, 213-218.
 - 30) Frame, J. (1976) A comparison of herbage production under cutting and grazing (including comments on deleterious factors such as treading). In *Pasture Utilization by the Grazing Animal*. Hodgson, J. and Jackson, D.K. edited. Occasional Symposium No. 8. *Br. Grassld Soc.* 39-49.
 - 31) Fribourg, H.A. and Kennedy, W.K. (1953) The effects of rates of seeding on the yield and survival of alfalfa in meadow mixtures. *Agron. J.* 45, 251-257..
 - 32) Gardner, F.P. and Loomis, W.E. (1953) Floral induction and development in orchardgrass. *Plant Physiol.* 28, 201-217.
 - 33) Garner, F.H. and Sanders, H.G. (1939) Four year leys: The inclusion of red clover: First year management. *J. agric. Sci., Camb.* 29, 164-173.
 - 34) Greenaway, T.E. and Budden, M. (1959) A discussion on the influence of relative moisture availability on the swards resulting from standard grass seeds mixtures. 2. Swards produced from a cooksfoot-timothy-meadow fescue mixture. *J. Br. Grassland Soc.* 14, 117-123.
 - 35) Harris, W. and Brougham, R.W. (1968) Some factors affecting change in botanical composition in a ryegrass-white clover pasture under continuous grazing. *N.Z. agric. Res.* 11, 15-38.
 - 36) Harris, W. (1978) Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture. In *Plant Relation in Pasture*. Wilson, J.R. edited. CSIRO, Melbourne. 77-79.
 - 37) Harper, J.L. (1961) Approach to the study of plant competition. *S.E.B. Symposia.* 15, 1-39.
 - 38) 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.
 - 39) 早川康夫, 橋本久夫 (1959) 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1報, チモシーおよびアカクロバの肥料3要素試験, 道農試集報, 41, 9-19.
 - 40) ——— (1960) 同上, 第4報, 採草用牧草チモシーの刈取回数と追肥について, 道農試集報, 6, 93-
 - 41) Heddle, R.G. and Herriott, J.B.D. (1954) The establishment, growth and yield of ultra simple grass seed mixtures in south east Scotland. 1. The effects of varying grass seed rates. *J. Br. Grassld Soc.* 9, 99-110.
 - 42) ——— and ——— (1954) The establishment, growth and yield of ultra simple grass mixtures. 2. The effects of varying grass and colver seed rates. *J. Br. Grassld Soc.* 9, 157-167.
 - 43) Hein, M.A. and Henson, P.R. (1942) Comparison of the effect of clipping and grazing treatments on the botanical composition of permanent pasture mixture. *J. Amer. Soc. Agron.* 34, 566-573.
 - 44) Hill, J. and Shimamoto, Y. (1973) Methods of analysing competition with special reference to herbage plants. *J. agric. Sci., Camb.* 81, 77-89.
 - 45) 北海道庁 (1903) 北海道拓殖要覧, 89-107.
 - 46) 北海道農業試験場 (1967) 北海道農業技術研究史, 421-429.
 - 47) Holliday, R. and Wilman, D. (1962) The effect of white clover, fertilizer nitrogen and simulated animal residues on yield of grassland herbage. *J. Br. Grassld Soc.* 17, 206-213.
 - 48) 星野正生, 守屋直助, 金武フミエ (1956) Orchardgrassの採種に関する研究, 農技研報, G 12, 29-35.
 - 49) Hughes, G.P. and Davis, A.G. (1951) The development of swards sown with simple mixtures at different rates of seeding under varying systems of management and manuring. *J. Br. Grassld Soc.* 6, 167-177.
 - 50) Hughes, G.P. (1952) The comparative seasonal output of ultrasimple and general purpose seeds mixtures. *J. agric. Sci., Camb.* 42, 413-421.
 - 51) Jackobs, J.A. (1963) A measurement of the cont-

- ributions of ten species to pasture mixtures. *Agron. J.* 55, 127-131.
- 52) — (1966) The role of short-lived species in seeding mixtures for grasslands. *Proc. 9th Intl Grassld Cong.* 413-416.
- 53) Jarvis, P.H. (1962) Studies on lucerne and lucerne-grass leys. V. Plant population studies with lucerne. *J. Agric. Sci.* 59, 281-286.
- 54) Kilcher, M.R. (1959) Grass-alfalfa seeding ratios and control of alfalfa domination in mixtures. *J. Br. Grassld Soc.* 14, 29-35.
- 55) 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.
- 56) ——— (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草種とを組合わせた草地におけるイネ科草種の混生率および生育特性の比較. *日作紀*, 43, 382-388.
- 57) Kleter, H.J. and Bakhuis, J.A. (1972) The effect of white clover on the production of young and older grassland compared to that of nitrogen fertilizer. *J. Br. Grassld Soc.* 27, 229-239.
- 58) Kresge, C.B. (1963) Nitrogen fertilization of forage mixtures containing differential legume percentages. *Agron. J.* 55, 325-328.
- 59) Lambert, D.A. (1962) A study of growth in swards of timothy and meadow fescue. III. The effects of two levels of nitrogen under two cutting treatment. *J. Agric. Sci.* 59, 25-32.
- 60) Langer, R.H.M. (1956) Growth and nutrition of timothy (*Phleum pratense*). I. Life history of individual tillers. *Ann. appl. Biol.* 44, 166-187.
- 61) — (1958) A study of growth in swards of timothy and meadow fescue. I. Uninterrupted growth. *J. Agric. Sci.* 55, 347-352.
- 62) — (1959) A study of growth in swards of timothy and meadow fescue. II. The Effects of cutting treatments. *J. Agric. Sci.* 52, 273-281.
- 63) Matches, A.G. (1968) Performance of four pasture mixtures defoliated by mowing or grazing with cattle or sheep. *Agron. J.* 60, 281-285.
- 64) McCloud, D.E. and Mott, G.O. (1953) Influence of association upon the forage yield of legume-grass mixtures. *Agron. J.* 45, 65-67.
- 65) Milthorpe, F.L. (1961) The nature and analysis of competition between plants of different species. *S.E.B. Symposia.* 15, 330-355.
- 66) Moore, I. (1966) Grass and grassland. Collins St James's Place. London. pp 175.
- 67) 森田脩, 藤田時雄 (1971) 混播牧草の競合に関する研究, 第1報, 播種割合がラジノクローバとアカクローバの初期生育に及ぼす影響. *日草誌*, 17, 48-56.
- 68) Nelson, C.E. and Robins, J. (1956) Some effects of moisture, nitrogen fertilizer and clipping on the yield and botanical composition of ladino clover-orchardgrass pasture under irrigation. *Agron. J.* 48, 99-102.
- 69) 西村修一, 斉藤常雄, 木島浩三 (1960) マメ科作物と混ぜ播きされたイタリアンライグラスの窒素含量および収量. *日作紀*, 28, 377-379.
- 70) 小川二郎 (1907) 家畜改良牧草論. 札幌興農園東京支店. 368頁.
- 71) 奥野忠一 (1962) 実験計画法・多変量解析法. 農技研物理統計部試験設計研. DEレポート. 4.
- 72) Rehm, G.W., Nichols, J.T., Sorensen, R.C. and Moline, W.J. (1975) Yield and botanical composition of an irrigated grass-legume pasture as influenced by fertilization. *Agron. J.* 67, 64-68.
- 73) Rhodes, I. (1968) Yield of contrasting ryegrass varieties in monoculture and mixed culture. *J. Br. Grassld Soc.* 23, 156-158.
- 74) — (1968) The growth and development of some grass species under competitive stress. 3. The nature of competitive stress and characters associated with competitive ability during seedling growth. *J. Br. Grassld Soc.* 23, 330-333.
- 75) — (1970) Competition between herbage grasses. *Herbage Abs.* 40, 115-121.
- 76) Robinson, R.R., Pierre, W.H. and Akerman, R.A. (1937) A comparison of grazing and clipping for determining the response of permanent pastures to fertilization. *J. Am. Soc. Agron.* 29, 349-359.
- 77) Rogers, H.H. (1966) Breeding and blending. *J. Br. Grassld Soc.* 21, 102-107.
- 78) Rumburg, C.B. and Cooper, C.S. (1961) Fertilizer induced changes in botanical composition, yield and quality of native meadow hay. *Agron. J.* 53, 255-258.

- 79) Schmidt, D.R. and Tenpas, G.H. (1960) A comparison of the performance of brome grass, orchard grass and timothy in northern Wisconsin. *Agron. J.* 52, 689-692.
- 80) 酒井博, 川鍋祐夫 (1969) オーチャードグラス草地の乾物生産と生産過程. I. 季節間の生産量の比較. *日草誌*, 15, 198-205.
- 81) 佐藤庚, 西村格, 伊藤睦泰 (1967) 草地の密度維持に関する生態生理学的研究. 第5報. 単一クローンで作ったオーチャードグラス草地における栽植密度, 窒素用量, 刈取回数が分げつ消長および収量に及ぼす影響. *日草誌*, 13, 128-142.
- 82) Sheard, R.N. (1968) Influence of defoliation and nitrogen on the development and fructan composition of vegetative system of timothy. *Crop Sci.* 8, 55-60.
- 83) Simmonds, N.W. (1962) Variability in crop plants, its use and conservation. *Biol. Rev.* 37, 442-465.
- 84) 篠崎吉郎, 穂積和夫 (1960) ロジスチック理論による生長解析. 吉良竜夫編. 植物生態学 (2). 古今書院. 東京. 305-322.
- 85) Spedding, C.R.W. and Diekmahns, E.C. edited (1972) Grasses and legumes in British agriculture. *Bull.* 49, Commonw. Bur. Fld Crops. pp 511.
- 86) Stern, W.R. and Donald, C.M. (1962) Light relationships in grass-clover swards. *Aust. J. agric. Res.* 13, 599-614.
- 87) Taylor, T.H., Washko, J.B. and Blaser, R.E. (1960) Dry matter yield and botanical composition of an orchardgrass-ladino white clover mixture under clipping and grazing conditions. *Agron. J.* 52, 217-220.
- 88) Trenbath, B.R. (1978) Models and the interpretation of mixture experiments. In *Plant Relation in Pastures*. Wilson, J.R. edited. CSIRO. Melbourne. 145-162.
- 89) 上野昌彦, 吉原潔, 川鍋祐夫 (1961) オーチャードグラス草地の根系発達におよぼす刈取りの影響. *農技研報*, G 20, 177-189.
- 90) Voisin, A. (1960) Better grassland sward. Crosby Lockwood and Son Ltd. London. pp 341.
- 91) Wagner, R.E., Hein, M.A., Shepherd, J.B. and Ely, R.E. (1950) Comparison of cage and mower strip methods with grazing results in determining production of dairy pastures. *Agron. J.* 42, 487-491.
- 92) 脇本隆, 金川直人 (1970) 北海道根室釧路地方における採草地の実態. 第1報. 造成3年目採草地の草収量と草種構成. *日草誌*, 6, 226.
- 93) 脇本隆 (1971) チモシーの分げつおよび根の発生過程とその実用的考察. *北農*, 38 (2), 26-32.
- 94) 脇本隆 (1974) 草種試験区における雑草の混生傾向. *北農*, 41 (3), 12-19.
- 95) 脇本隆, 堤光昭 (1975) チモシーの草収量に対する施肥および刈取りの影響. *北海道草地研究会報*, 9, 24-27.
- 96) 脇本隆, 吉良賢二 (1975) チモシーの同一集団内における個体間の相互作用. *日草誌*, 21, 159-168.
- 97) Watkin, B.R. and Clements, R.J. (1978) The effects of grazing animals on pasture. In *Plant Relation in Pasture*. Wilson, J.R. ed. CSIRO. Melbourne. 273-289.
- 98) Wedin, W.F., Donker, J.D. and Marten, G.C. (1965) An evaluation of nitrogen fertilization in legume-grass and all-grass pasture. *Agron. J.* 57, 185-188.
- 99) Wells, G.J. and Hagger, R.J. (1974) Herbage yields of ryegrass swards invaded by *Poa* species. *J. Br. Grassld Soc.* 29, 109-111.
- 100) Whittington, W.J. and O'Brien, T.A. (1967) A comparison of yields from plots sown with a single species or a mixture of grass species. *J. appl. Ecol.* 5, 209-213.
- 101) Whyte, R.O., Nilsson, G. and Trumble, H.C. (1953) Legumes in Agriculture. *FAO Agricultural Studies*. No.21. pp 367.
- 102) Wilsie, C.P. (1949) Evaluation of grass-legume association, with emphasis on the yields of brome-grass varieties. *Agron. J.* 41, 412-420.
- 103) Wolf, D.D. and Smith, D. (1964) Yield and persistence of several legume-grass mixtures as affected by cutting frequency and nitrogen fertilization. *Agron. J.* 56, 130-133.
- 104) 山田岩男 (1940) 牧草の混播. *北農*, 7, 63-67.
- 105) 吉川潔, 川鍋祐夫, 上野昌彦, 日高雅子 (1958) 牧草の混播に関する研究. II. まめ科牧草の混播による草地の収量および2-3の土壌性質の変化について. *農技研報告*, G, 14, 185-191.
- 106) 吉田重治 (1976) 草地の生態と生産技術. 養賢堂. 東京. 267頁.

Studies on Botanical Composition in Grass-Legume Mixtures

by

Takashi WAKIMOTO

Summary

Most grasslands are made up of several species including sown grasses, legumes and various naturalized species, and inter- and intraspecific interactions among them are integral features. Competition in grassland communities leads to fluctuations in botanical composition and yield and thus has attracted interest of many researchers.

Mixtures of species have been utilized because environmental conditions could not be accurately predicted. Furthermore, seeding of several species insures against failure. Sometimes it is possible to combine different seasonal growth patterns of the components in one sward. In addition, there is a theoretical claim that a complex mixture may be more efficient in utilizing available environmental resources.

Until recently there have in fact been few reports where critical assessments have been made of the productivity of mixtures compared with their components in pure stands. Despite the paucity of critical comparisons of the yields among mixtures and pure stands, there is some conflict regarding the possibility of obtaining higher yields from mixtures. Survey of the seed mixtures in various countries reveals the most general composition of seed mixtures to consist of one or two grasses with one or two legumes.

A great development in grassland farming in Hokkaido has been realized in the last twenty years. Previously, farmers utilized simple mixtures such as timothy-red clover or orchardgrass-red clover, these species being best suited for the farming conditions in Hokkaido, and it being possible to supply these seeds to meet the demands of farmers from domestic production. Increasing amounts of herbage seeds are being demanded the increased development of dairy farming in recent years. Farmers now depend almost exclusively on foreign sources for seeds because the domestic production of these seeds has been suspended. Under such circumstances, complex seed mixtures containing many species are now being utilized widely by farmers with the hope of obtaining higher yields of herbage.

Ogawa, a pioneer of grassland study in Hokkaido, writes in his book "Bokuso-ron" (Discussions on herbage production) (1907) that mixed seeding of timothy and orchardgrass is unsuitable because timothy is suppressed by orchardgrass until it disappears from the sward. Often one species will become so dominant that one wonders why the mixture was sown. It is not yet clear whether or not complex mixture gives higher yields than a simple mixture.

To approach the problems stated above, we pursued here the interactions among components based on the time change in the botanical compositions. The botanical composition may be considered as the result of the interaction among the components. The present paper discusses the following

topics in the order : (1) the growth of the main grass species, (2) the aggressiveness of the components in the mixtures, (3) the interrelationships between botanical compositions and management factors, (4) the time change in the botanical composition of mixtures under grazing.

1. The growth of the main grasses.

The growth of timothy, orchardgrass and meadow fescue in pure stands were followed by sampling at regular intervals from early spring to early winter in the second year after sowing.

The number of tillers was highest for meadow fescue and lowest for timothy. The peak periods of tiller appearance are in late May and late November for these three species. Production of dry matter reaches to the peak in early summer for timothy, and throughout the season for orchardgrass, while meadow fescue behaved in-between. The growth pattern of the grasses was identical on the first crop but differed on the regrowth. The rates of absorption of nutrients in the aerial parts decreased in the order, orchardgrass > meadow fescue > timothy. The corresponding order in the roots was : meadow fescue > orchardgrass > timothy.

2. The aggressiveness among the components in the mixtures.

1) The aggressiveness between the components in the mixtures of timothy and red clover.

Mixtures with five ratios, including pure stands, of timothy and red clover were set under six treatments of fertilization.

In the establishment stage of the sowing year, the effect of mixing ratios on the yield of both components was independent of each other under the fertilization treatments. However, timothy was suppressed by red clover in the second crop of the first year. In the second year, in spite of red clover dominating in the mixtures timothy expanded somewhat rather than being further suppressed. Timothy became more aggressive at the plots as the ratio of red clover in the seed mixtures has increased. In the plots where PK treatments were given, this phenomenon was not observed.

The yield of the mixtures was higher than that of the pure stand of either component and 5 : 5 of a mixing ratio gave the highest yield under all the fertilization treatments except when the PK treatment were given, in the case of which the highest yield was obtained at a 3 : 7 mixing ratio.

2) The aggressiveness of grass species in legume-based mixtures.

Four grasses and two legumes were mixed in all possible combinations of one grass and one legume and these mixtures were grown in field plots together with the pure stands of these species.

In the first year, when one species dominated, the companion species was suppressed. In other plots, no interaction was found. The yields of mixtures increased markedly compared to that of the pure stands in the second and third year. All grass components were very aggressive and suppressed legume components. In the mixtures of grass species and ladino clover, the grass components gave significantly higher yields than the grass components did in the mixtures of grass species and red clover. The order of the aggressiveness of the grass components was brome grass > timothy > orchardgrass > tall fescue, whereas the order of the yields was timothy > orchardgrass > brome grass > tall fescue. Ladino clover was more strongly suppressed than red clover by the grass components in the mixtures.

3) The aggressiveness of bi-grass components in the mixtures based on ladino clover.

Three sets of bi-grass combinations, namely timothy-meadow fescue, timothy-orchardgrass, and meadow fescue-orchardgrass, were grown in a field plot. Six mixing ratios were used, namely 0 : 10,

2: 8, 4: 6, 6: 4, 8: 2 and 10: 0.

The forage yield of a grass in the pure stands and the aggressiveness of the grass in the mixtures do not always correlate. Except in the establishment stage, both aggressiveness and forage yield of timothy were the lowest among the three grasses throughout the test period. Orchardgrass had the highest forage yield in the third and fourth year but its aggressiveness was less than that of meadow fescue. The forage yield of meadow fescue was the highest in the first year but decreased thereafter to a level lower than that of orchardgrass. However, its aggressiveness was always the highest throughout the four year period. No significant difference was found between the yields from bi-grass components and their mono-grass component in the respective mixture. In other words, no benefit can be gained from the bi-grass mixture. Nevertheless, a bi-grass mixture of orchardgrass and meadow fescue provides an advantage because these two differ in the annual growth patterns.

4) Botanical composition in mixtures of two grasses and two legumes.

Bi-grass combinations from three grass species, namely timothy, orchardgrass and meadow fescue, were used as the main or partner component in the mixtures with red clover and ladino clover. Such mixtures were grown at three locations.

Timothy, even when used as the main component in a mixture, was suppressed by the partners, orchardgrass and meadow fescue, to disappear from the mixture after the second year. Orchardgrass was more aggressive against timothy than meadow fescue was. The plant vigor of meadow fescue was high from the seedling stage to the first crop in the second year but decreased afterwards. For this reason, meadow fescue became a minor component compared to its partner orchardgrass in the third year.

The composition of red clover was the largest in the mixtures of the first crop in the second year. Its plant vigor decreased rapidly afterwards and ladino clover came to take the place of red clover from that time on. Red clover and ladino clover may be sown together. The former provides the bulk in the initial period, then the latter becomes the only legume during the subsequent period.

3. Interrelation between botanical composition and management.

1) Companion crops and fertilization.

Factors were allotted by the $L_{32} (2^{31})$ orthogonal array all in two replications (factor/level): main grass/timothy and orchardgrass; legume combination/red clover-ladino clover and ladino clover-red clover; Italian ryegrass/"mixed" and "not mixed"; N-P-K fertilization/3-3-10-manure and 6-6-20.

Both local and Climax variety of timothy were suppressed with meadow fescue as the companion. Both local and Frode variety of orchardgrass were suppressed slightly by meadow fescue as the companion until the second year, but they dominated meadow fescue afterwards. The composition of the legumes did not change to a significant degree within the level studied. Furthermore, they did not give significant effect upon the yields of the grass components.

The yields of the plots "mixed" with Italian ryegrass were much higher than those of the plots "not mixed" with Italian ryegrass in the first year, but decreased in the second year. The decrease is caused by slow recovery of the components after Italian ryegrass has disappeared.

The fertilization factor has some effect on the components in the mixtures after the seventh year. The level of 3-3-10-manure was more beneficial to meadow fescue and ladino clover components than orchardgrass component, and the 6-6-20 level gave the opposite result.

2) Interactions among the components in simple mixtures.

The main grass factor was Senpoku variety of timothy, Kitamidori variety of orchardgrass and Leto Daehnfeldt variety of meadow fescue. The Italian ryegrass factor was given two levels, "mixed" and "not mixed". The red clover factor was given two levels, Red head and Altaswede varieties, and four levels of fertilization were designed by giving four different amounts of a compound fertilizer. The combinations of these factors in two replications were allotted by partial confounding of the three L_{16} (2^{14}) orthogonal array tables.

The basic species, timothy and ladino clover, in timothy swards were severely suppressed by the two companions, Italian ryegrass and Red head variety. The dominant species in the swards changed as follows: Italian ryegrass in the establishment year; Red head variety until the first crop in the third year; red top from a wild species afterwards. When Italian ryegrass was "not mixed" and Altaswede variety were combined in the timothy swards, timothy could maintain its dominance until red top took the place of timothy in the last year of the five year period.

Both basic species in the orchardgrass swards, orchardgrass and ladino clover, were lightly suppressed by the companions, Italian ryegrass and Red head variety in the first year. However, orchardgrass kept its dominance over the five year period, except the first crop in the third year when the yields of orchardgrass decreased because of damage due to *Sclerotinia borealis* Bub. et Vleug. The aggressiveness of orchardgrass showed a negative association with red top.

In the meadow fescue swards both basic species, meadow fescue and ladino clover, were slightly suppressed by both companions, Italian ryegrass and Red head variety in the first year. However, meadow fescue recovered rapidly from the suppression after the second year, and suppressed Red head variety, leading to reduced compositions of Red head variety. On the other hand, meadow fescue was compatible with ladino clover.

4. The time changes in the botanical composition of mixtures under grazing.

1) Effects of frequent cutting on botanical composition.

Mixtures of one or two grasses on a ladino clover base were subjected to frequent cuttings, analogous to grazing.

Very large differences in the yields of the grass components were found over a three year period. Orchardgrass achieved the highest yield, while timothy gave the lowest and meadow fescue and tall fescue intermediate yields.

In the mixtures of bi-grass and ladino clover, timothy was severely suppressed by the other grass species. Tall fescue was suppressed by orchardgrass. Meadow fescue was compatible with orchardgrass. Ladino clover was more dominant than all the grass components, except orchardgrass, and caused severe suppression to timothy in particular.

2) Interactions between the components in mixtures of one grass and one white clover under frequent mowing.

Six grass species, orchardgrass, perennial ryegrass, meadow fescue, tall fescue, timothy and Kentucky blue grass and two white clover varieties, common and ladino types, were mixed in twelve combinations.

The grass species were dominant in the mixtures containing common white clover throughout the test period, except for the timothy plot in the second year and the Kentucky blue grass plot in the

second and third year, where clover dominated. The white clover content decreased gradually from the second year to the fourth year.

In contrast, ladino white clover was dominant in almost all of the mixtures, except the orchard-grass plot where grass dominated in the second and third year. Ladino white clover caused various degrees of suppression on the growth of the grass species. The suppression to orchardgrass was negligible, to perennial ryegrass it was slight, to both meadow fescue and Kentucky blue grass it was considerable and to tall fescue as well as timothy it was severe leading to deleterious losses of the stands.

3) Botanical composition of mixtures as affected by grazing.

Botanical composition of swards with timothy, orchardgrass and ladino clover under grazing by Holstein heifers was observed over a three year period.

The content of timothy was high in spring and low in fall, and showed a gradual decrease over the years. The behaviour of orchardgrass was opposite to timothy and it became the dominant in the third year. Ladino clover was the dominant component in the second year but it decreased gradually later. Kentucky blue grass from a wild grass species increased in the swards over the years until finally on a par with orchardgrass in the fourth year.

As stated above, all species sown in a complex mixture do not always appear in the herbage mixture. Some species disappear a short time after sowing and some species become dominant or inferior in the mixture. Changes in the botanical composition in a mixture bring out changes in both amount and quality of the herbage production. It should be kept in mind that timothy, one of the most important grass species in Hokkaido, is the least aggressive of the grass species commonly used. It is difficult to keep it as the dominant component in a mixture, when timothy is mixed with the aggressive species.

The complex mixtures with many species, designed initially with the hope of obtaining higher herbage yield, never gave satisfactory result. We recommend to practise simple mixtures, which can be chosen depending on purposes and can be readily maintained by special management. The employment of several simple mixtures in a cropping system seems logical as species respond differently to different environmental factors.