

アルファルファ混播草地の生産性および 構成牧草のミネラル組成に関する研究

小 阪 進 一*

Study on the productivity and mineral composition of mixed-seeded alfalfa (*Medicago sativa* L.) pastures

Shinichi KOSAKA
(October 2003)

目 次

第 I 章 緒 論

1. 日本の食料事情
2. 北海道酪農の発展経過
3. 研究の背景と目的

第 II 章 実験方法

1. 実験ほ場の位置および土壌の理化学性
2. 実験ほ場の耕種概要および気象概況
 - 1) 牧草の栽培法
 - 2) 収量調査法
 - 3) 実験期間の気象概況
 - 4) 植物体の分析法

第 III 章 草種構成に対する混播の影響

1. 1 番草の草種構成
2. 2 番草の草種構成
3. 3 番草の草種構成
4. 考察
5. 小括

第 IV 章 乾物収量, アルファルファの個体密度および生産構造に対する混播の影響

1. 乾物収量
2. アルファルファの個体密度
3. 生産構造
4. 小括

第 V 章 牧草の粗タンパク質含有率および粗タンパク質収量に対する混播の影響

1. 粗タンパク質含有率
2. 粗タンパク質収量
3. 考察
4. 小括

第 VI 章 牧草のミネラル組成

1. 牧草のアルカリ金属およびアルカリ土類金属の元素含有率
2. 牧草の微量元素含有率
3. 考察
4. 小括

第 VII 総合論議

- 摘 要
謝 辞
文 献

Summary

第 I 章 緒 論

1. 日本の食料事情

日本国民の熱量に基づく食料供給に占める国産の割合, すなわちカロリーベースの食料自給率 (food self-sufficiency rate) は今やわずか 40% である。これは, 輸入割合である食料依存率 (food dependency rate) が 60% に達していることを意味する。豊かな国, 先進国といわれる米国, カナダ, 豪州, イギリス, ドイツなどはいずれも食料の輸出国かその大部分を自給しているなかで, 唯一日本だけが外国に食料の多くを依存している (シンプソン 2002)。食料で 100% 自給可能なのは唯一「米」のみであると断言してもよいであろう。日本の長い歴史の中で, この「米」でさえも自給可能になったのはここ数十年にすぎない。

19 世紀のアイルランドのジャガイモ疫病による悲惨な飢饉をみるまでもなく (吉田 1982), 人類の歴史は食料獲得のための歴史でもあった。そして現代も世界各地で飢饉は繰り返されている。食料生産から計算される地球の定員がほぼ 100 億人といわれているが, すでに 60 億の人口を超えた。このまま人口の増加が続けば 21 世紀中にはその地球の定員に達するであろう。

古代文化は食料生産の豊かな地域で興り, そして土壌の劣化とともに文明は減っていった (森 2001)。米国ニクソン大統領時の大豆禁輸に例をみるまでもなく, いまや食料は安全保障の武器ともなっており, 食料の自給はますます重要度を高めている。このことは穀物のみでなく畜産物についても同じである。

日本においては, 乳牛, 養鶏, 養豚などかなりの

* 酪農学園大学酪農学科草地学研究室

* Department of Dairy Science, Grassland Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

本稿は酪農学園大学審査学位論文である。

生産が行われているが、しかし、その飼料の大部分は輸入に頼っており（農林統計 2002, 酪農経済通信社 2000）、このための穀物の輸入量は日本における米生産の3倍にもものぼる。酪農学園の創立者であり、日本の酪農の父といわれた黒澤西蔵は「食料の輸入は飢饉の輸出である」といわれたことがある。食料の自給なくして真の意味の文明国はありえない。

加えて、近年は食料の安全を脅かす社会問題が一斉に発生している。病原性大腸菌 O-157 問題、輸入野菜の農薬汚染、安全性に結論がでていない遺伝子組み換え農作物の混入等である。畜産では、汚染された輸入飼料に起因する口蹄疫と牛海綿状脳症、いわゆる狂牛病などの国内発生により、消費者の畜産物離れを加速し、酪農に深刻な打撃を与えている。

酪農のこのような状況にあって、乳牛の飼料の自給は急務であり、肉骨粉に代わる主要な飼料である栄養、ミネラルに富んだ牧草の生産が何よりも求められている。

2. 北海道酪農の発展経過

北海道に最初に牛が渡来したのは貞享元年（1684年）といわれる。その後安政四年（1857年）に箱館奉行が南部和牛を買い入れ、軍川に牧場を開設し、同年4月にアメリカの貿易官ライスが箱館で自家用搾乳をしたのが道内酪農の始まりである。明治6年（1873年）、東京の開拓使3号試験場にダーラムショートホーン種を輸入したが、これは七重開墾場に移された。さらに明治11年（1878年）、札幌農学校にエアシャー種雌牛7頭が輸入された。現在北海道の主流であるホルスタイン種が札幌農学校に輸入されたのは明治22年（1889年）であった（水野1990）。この時期には、北海道の乳牛頭数は1000頭を超える状態であった。

明治43年（1910年）、それまで二万頭を超えていた乳牛が市乳の生産過剰で大きく減少した。これは札幌市苗穂に北海道練乳株式会社による練乳工場の建設と練乳の生産で克服された。昭和5年から10年の間は北海道の大凶作の期間であった。この期間は釧路、根室、宗谷の農民は餓死寸前まで追い込まれていった。穀物栽培中心の農業政策が被害をより大きなものにした。時の北海道長官、佐上信一は黒澤西蔵や佐藤善七らの酪連幹部や畜産組合連合会の意見を入れ、「根釧主畜農業開発計画」を樹立した。現在の酪農王国を誇る根釧地方の酪農の基本的原型がこのときにできた。

第二次世界大戦中でも減少しなかった乳牛頭数は

終戦時の79,000頭から昭和24年（1949年）には53,000頭まで減少した。これは戦争中の軍需用カゼイン生産という目標があったが、終戦で目標を失ったのと、凶作と戦争であれた農地は生産力が著しく低下していたことに原因があった。さらに戦後の食料難は深刻で、乳牛は食料になったり、盗難に遭ったりして減少していった。現在、北海道の牛の頭数は乳用、肉用併せて百万頭を超えるに至った（農林水産統計による）。ここ50年で実に10倍の頭数となった。また、乳牛1頭あたりの搾乳量も2～3倍に上昇している。これを可能にしているのは多量の穀物の輸入と牛の品種改良である。

穀物の輸入量は2001年度で26,233,748 Mgである。トウモロコシだけでも16,221,651 Mgとなり、そのうち飼料用が10,682,064 Mgである（農水省統計情報部 2002）。1999年度の日本国内の総合需給濃厚飼料は26,850,000 Mgであるが、このうちの国内生産は2,507,000 Mgであって、総消費量の10%にも満たない（酪農経済 2000）。

一方、北海道における牧草地面積は540,000 haにおよび、北海道の耕地面積のほぼ50%を占める（農水省北海道統計情報事務所 2001）。そのように牧草の栽培には多くの面積を費やしているにも関わらず、栄養価が高く、その乾草は濃厚飼料に近い牧草として評価されているアルファルファの作付面積は北海道においてわずか8,846 haにすぎない。しかもその大部分がイネ科牧草との混播である（北海道酪農畜産課 2001）。

約50年前まで北海道においては、草地には施肥することすらおぼつかなかったが、現在は他の農作物と同じように施肥管理をし、農作物と同じ扱いになってきた。しかし、これまでの草地の研究は生産量中心であったことは免れない。高栄養、高品質の牧草生産の研究は緒に就いたばかりといえよう。今後は単に牛の飼料というのみでなく、消費者の安心できる製品原料を生産するための草生産が求められるよう。

3. 研究の背景と目的

以上のような背景から、今後の酪農を考えるとミネラルバランスのとれている高栄養価、高品質牧草の自給が北海道酪農のみならず、日本の酪農にとっても重要な課題であると考えられる。

北海道におけるアルファルファの栽培技術は、施肥管理（原田 1967）、刈取り管理（下小路 1983）、越冬対策（小松ほか 1988）などの指標が出され、基本的な栽培法についてはほぼ確立していると考えられ

る。しかし、農家段階におけるアルファルファ栽培は、なかなか普及せずむしろ減少傾向を辿っている。この主な理由は、雑草害による持続性が短いこと、低温多雨条件で低収になり気候変動にともない生産性が不安定であることなどがあげられている（三谷 1973, 上出 1988, 阿部ほか 1997, 池田 1999）。アルファルファの作付で混播面積が多いのは、このようなアルファルファ単播のリスクを避けた結果であるといえよう。

イネ科牧草との混播は、雑草防止、生産性および持続性においてアルファルファ単播よりすぐれ（岩淵ほか 1996, 大塚 1997, 堀川 1998, 小阪 1998）、混播効果が認められている。よって混播栽培は、現段階におけるアルファルファの現実的な栽培方法の一つであると考えられる。北海道におけるアルファルファ混播の相手イネ科牧草はアルファルファ率に偏り過ぎないことに重点をおき、オーチャードグラスが適当であるとされている（及川ほか 1968, 喜多ほか 1969）。現に、2001年度の混播相手はオーチャードグラスが多い。しかしオーチャードグラスは再生力にすぐれ光競合に弱いアルファルファを抑圧する（村山ほか 1974, 1978, 小阪 1998）傾向があるため、アルファルファの生産性を維持する場合の相手草種であると言い難い（片岡 1975）。

高品質の自給飼料確保を目的としたアルファルファ混播草地は、長期間にわたってアルファルファが維持されることが必須条件である。したがって、相手イネ科牧草は、雑草侵入を抑えつつ、アルファルファの成育を妨げないことを重視して選択されるべきであろう。

また、これまでの牧草混播の研究では、草種構成および収量の増産に主力がおかれ（脇本 1980）、ミネラルバランスおよびその含有率、特に微量元素の含有率に関する研究は少なく、“北海道の軽種馬生産地帯における草地土壌の養分状態に関する牧草の栄養価に関する研究”（前田 1994）や、日高東部軽種馬生産地帯の牧草と土壌の研究が唯一本格的な研究であろう（前田・水野 1991, Maeta and Mizuno 1993, 水野・前田 1991 a, 1991 b）。

本研究では、以上述べてきたことを背景にして、アルファルファ混播草地における適切な組合せを、草種構成、乾物生産、粗タンパク質収量およびミネラル含量などから総合的に検討した。

第II章 実験方法

1. 実験ほ場の位置および土壌の理化学性

ここに提出する論文のための研究は酪農学園大学実験ほ場で実施した。地域および土壌条件は次の通りである。

地理的位置：北緯 43° 3' 54", 東経 141° 37' 30"

地 形：海岸段丘（高位）、標高 61 m, 傾斜 1%, 土壌浸食軽度

母 材：更新世（約 0.4 Ma）（加藤ほか 1990）の海成堆積物（粘土）、野幌層の一部、表層に樽前 a 火山灰（Ta-a）が混在

土 地 利 用：畑、付近はミズナラを主とする山林
土壌温度状況：メシク（年平均温度 8~15°C, 深さ 50 cm の年平均土壌温度 = 9.4°C, 札幌気象台データによる）

土壌水分状況：アクイック（浅い位置に停滞水）

土 壤 分 類：細粒質、湿性黄色土（農耕地土壌分類第 3 次改訂版 1995, 農環研資料 No.17）、Aeric Fragiaquults, clayey, mixed, mesic（Keys to Soil Taxonomy, 8th ed., 1998, USDA）

つぎに土壌断面の記載を表 II-1 に示す。恒常的に耕起される A 層の層厚は 17 cm であり、Ap₂ と合わせて 30 cm となる。Ap₁ 層には 1739 年に噴火した樽前山の Ta-a が混入していて、物理性は良好である。Ap₂ 層も同じ土壌からなるが、土壌の硬度は植物の根の伸張が困難とされる 24 以上の堅い層と

表 II-1 土壌断面記載

層名	層厚 (cm)	腐植, 土性, 土色その他
Ap ₁	0~17	腐植に富む, L, 黒褐色 7.5YR3/2, 硬度 23 (山中式硬度計による, 以下同様), 細粒状, 針孔多, 管孔中, 粘着性中, 透水性良, 根群多, 層界波状
Ap ₂	17~30	同上, ただし, 硬度 27, 透水性やや良, 根群やや多, 層界明瞭
Bt	30~41	LiC, 橙色 7.5YR6/6, 硬度 24, 粒状と角柱状, 針孔少, 粘着性大, 透水性やや良, 粘土皮膜, 根群少, 層界波状
Cg ₁	41~51	LiC, 灰黄褐色 10YR6/2, 硬度 31, 大角柱状, 針孔中, 粘着性大, 透水性不良, 鉄, マンガンの斑点中, グライ斑あり, 根群なし, 層界波状
Cg ₂	51~80	同上, ただし, 構造は板状

なり、30 cm 以下ではほとんど生物活動は観察されない。また、30 cm 以下ではマンガン斑と鉄斑が観察され地下水位が高い土壌である。以上の結果、土壌の物理性は30 cm 以下で急速に悪化し、41 cm 以下では排水性も不良の状態にあった。

表II-2 および表II-3には土壌の化学的特性を示した。土壌 pH は Ap₁, Ap₂ 層とも 6.1~6.3 の範囲である。陽イオン交換容量は Ta-a が混入しているため 13.5, 16.0 me dg⁻¹ とやや低い値を示した。交換性陽イオンでは、マグネシウムの含有率が低い値を示した。

また、微量元素である亜鉛と銅の含有率も低く、特に銅は土壌診断基準（道農政部ほか 1999）より低く欠乏状態にあった。混入する火山灰土が比較的新しい火山放出物であるためカリウム酸吸収係数はあまり高くはなく、黒ボク土の特徴を示すアロフェン含有率も1%以下であった。

2. 実験ほ場の耕種概要および気象概況

1) 牧草の栽培法

実験に供した牧草は、オーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L., orchardgrass, 品種ヘイキング), チモシー (*Phleum pratense* L., timothy, 品種ノサップ), スムースブロムグラス (*Bromus inermis* Leyss., smooth brome grass, 品種サラトガ), ケンタッキーブルーグラス (*Poa pratensis* L., Kentucky bluegrass, 品種トロイ), メドウフェスク (*Festuca pratensis* Huds., meadow fescue, 品種タミスト), ペレニアルライグラス (*Lolium perenne* L., perennial ryegrass, 品種フレンド) およびアルファルファ (*Medicago sativa* L., alfalfa, 品種バートス) である。

処理区はオーチャードグラス混播区(以下, OG 混播区と略記), チモシー混播区(以下, TY 混播区と略記), スムースブロムグラス混播区(以下, SB 混播区と略記), ケンタッキーブルーグラス混播区(以下, KB 混播区と略記), メドウフェスク混播区(以下, MF 混播区と略記), ペレニアルライグラス混播

区(以下, PR 混播区と略記) およびアルファルファ単播区(以下, AL 単播区と略記)の7処理区を設けた。試験区面積は1区6 m² (2 m×3 m) で, 3反復乱塊法で行なった。播種量は2000粒/m²とし, 混播区は播種粒数比をイネ科牧草:アルファルファ=4:6として1992年6月2日に散播した。

播種年は, 元肥として10 a 当たり成分量で, 窒素(N) 5 kg (硫安25 kg), 燐酸(P₂O₅) 30 kg (過石75 kg, 熔燐75 kg), 加里(K₂O) 10 kg (硫加20 kg) および炭酸カルシウム(CaCO₃) 200 kg を施した。1番刈りに後に草地化成2号(6-11-11)を25 kg 追肥した。播種後1年目以降の追肥は, 窒素10 kg (硫安50 kg), 加里20 kg (硫加40 kg) を早春時に1/2量, 残り1/2量を1, 2番刈りに後に等分施用した。また燐酸10 kg (過石25 kg, 熔燐25 kg) は早春時に全量施した。播種年の7月11日(アルファルファが4~6葉期)に, 雑草処理のためトロボトックス液剤(MCPB)を散布した。

2) 収量調査法

収量調査のための刈取り回数は年3回行ない, 刈取りは1番刈り6月中旬~下旬, 2番刈り7月下旬~8月上旬, 3番刈り9月中旬~下旬に行なった。

調査は, 各刈取時に全処理区のほぼ中央部1 m²を刈取り, 草種分け後70°Cで通風乾燥させ, 乾物収量を計量し, 草種構成割合を算出した。定期的に50 cm×50 cmのコドラートを各処理区あたり2ヶ所無作為に設置し, アルファルファの個体数密度を調査した。

表II-3 供試土壌のアロフェンおよび Al_o, Al_p, Fe_o, Fe_p の含有率

層名	%	アロフェン		シユウ酸可溶% ピロリン酸可溶		
		Fe _o	Al _o	Fe _p	Al _p	Al _p /Al _o
Ap ₁	0.82	1.05	0.68	0.43	0.41	0.60
Ap ₂	0.72	1.09	0.62	0.56	0.73	1.18
Bw _g	0.61	1.02	0.50	0.35	0.60	1.20
Cl _g	0.82	1.02	0.34	0.12	0.14	0.41

表II-2 土壌の理化学性

層名	pH (H ₂ O)	CEC (me dg ⁻¹)	交換性塩基 (mg kg ⁻¹)				0.1N HCl可溶 (mg kg ⁻¹)		塩基飽和度	
			Na	K	Mg	Ca	Zn	Cu	(%)	リン酸吸収係数
Ap ₁	6.1	13.5	21	69	62	1500	2.8	0.29	64.1	1080
Ap ₂	6.3	16.0	26	36	43	1070	2.6	0.29	37.3	942
Bw _g	6.0	16.3	59	25	66	570	2.7	0.45	23.1	940
Cl _g	5.6	17.7	84	26	208	470	4.1	0.54	25.4	910

3) 実験期間の気象概況

実験は1993年から1998年の6年間で行った。この期間中の4月から11月までの平均気温を図II-1および表II-4に示した。同様に月別の降水量を図II-2および表II-5に示した。なお準平年値は1979年から1990年までの平均値(札幌管区気象台1993)を用いた。

試験を行った江別地区における4月～11月の気象は、平均気温の準平年値では、4月の4.8℃から8月の20.5℃まで上昇しその後11月の2.8℃へと低下し、試験期間の平均気温は12.0℃であった。降水量の準平年値は、期間中の合計降水量は764mmであるが、4月から7月までは53～79mmとやや少なく、8月以降は87～170mmと多雨となり、偏った分布を示した。したがって5月から7月の3ヶ月間は、降水量が少なく気温が上昇するため乾燥気味であると考えられた。次に年次別の気象を準平年値と比べて述べる。

1993年の月別平均気温は、6月～8月が準平年値の同月より1.0～2.1℃の範囲で低かった。月別降水量は9月が準平年値の54%であったが、他の月では

準平年値と大差がなかった。

1994年の月別平均気温は、全ての月において準平年値を上まわり、とくに7月～9月が準平年値の同月より1.9～2.2℃の範囲で高かった。月別降水量は5月および9月でそれぞれ準平年値の約2倍の値を示し、とくに9月では300mmを記録した。しかしその他の月では準平年値よりやや少ない降水量であった。したがって1番草刈取り後の2番草成育期は、高温乾燥傾向が継続したものと考えられる。

1995年の月別平均気温および月別降水量は、それぞれほぼ準平年並であった。

1996年の月別平均気温は、4月～8月までは1.4～1.6℃の範囲で準平年値より低かった。月別降水量は8月が準平年値の69%であったが、その他の月では準平年値と大差がなかった。

1997年の月別平均気温は、7月の20℃が最も高く、8月では準平年値より2.0℃低かった。月別降水量は、7月から9月が準平年値の134～151%の範囲で多かった。

1998年の月別平均気温は、9月から10月が1.8～2.0℃の範囲で準平年値を上回った。月別降水

表II-4 試験期間中における江別の月別平均気温

	平均気温 (°C)						準平年値
	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	
4月	4.2	5.0	5.3	3.4	5.0	6.6	4.8
5月	10.0	11.3	11.4	8.8	10.0	11.2	10.1
6月	13.5	15.2	14.1	13.7	14.1	13.8	14.5
7月	17.0	20.1	19.5	18.2	19.9	18.6	18.2
8月	18.4	22.7	19.4	18.9	18.5	19.6	20.5
9月	15.5	17.9	15.2	16.2	14.9	17.5	15.7
10月	9.0	10.1	11.0	9.5	8.6	11.1	9.2
11月	3.8	3.1	3.9	2.2	5.0	1.3	2.8

準平年値は1979年から1990年までの平均値

表II-5 試験期間中における江別の月別降水量

	降水量 (mm)						準平年値
	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	
4月	85	41	86	36	18	22	79
5月	76	111	92	99	74	56	53
6月	60	13	35	53	35	95	59
7月	51	43	74	73	100	111	66
8月	138	86	171	118	250	246	170
9月	69	300	79	107	175	175	127
10月	158	75	123	100	104	86	123
11月	75	123	115	91	115	117	87

準平年値は1979年から1990年までの平均値

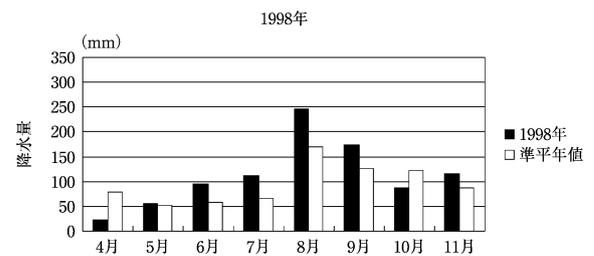
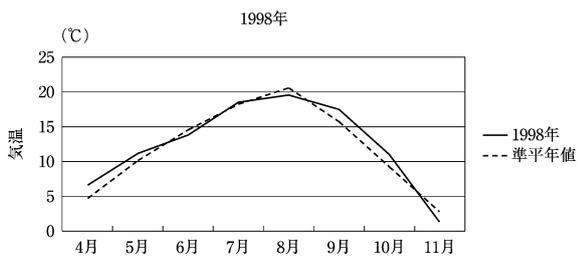
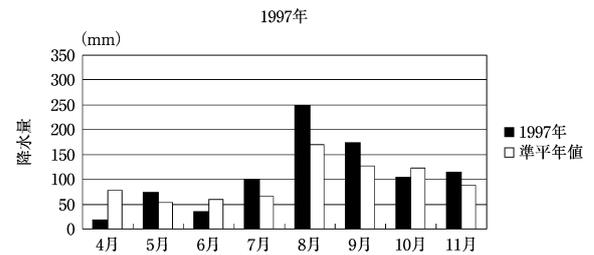
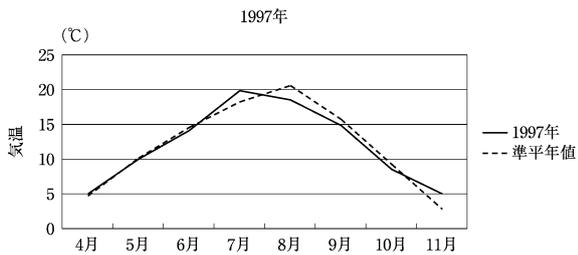
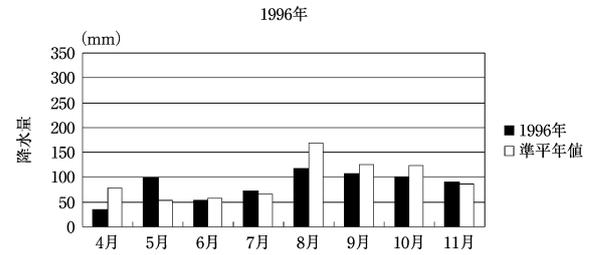
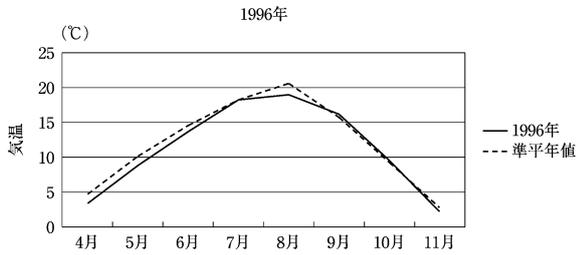
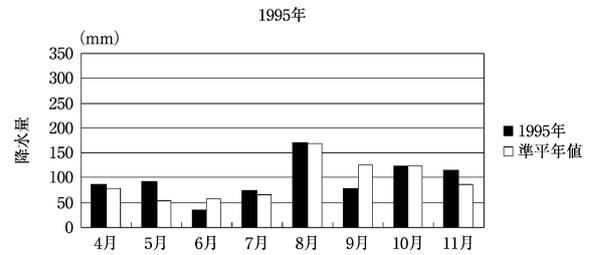
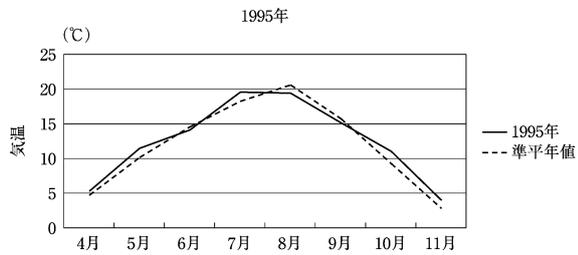
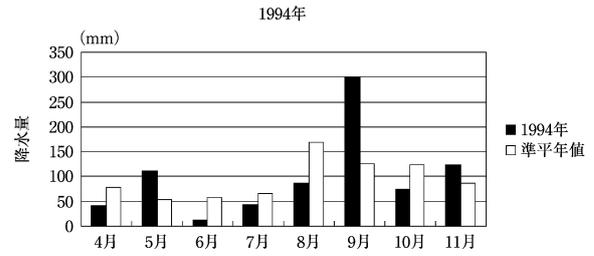
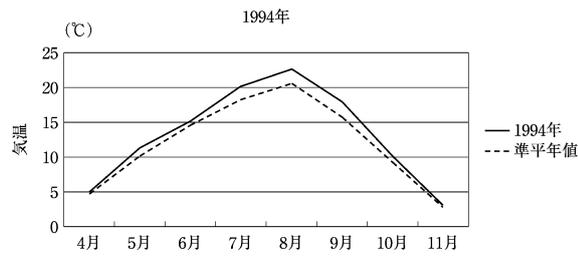
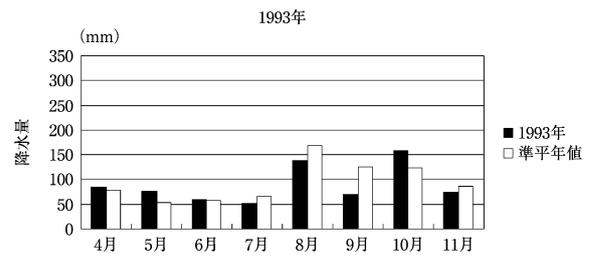
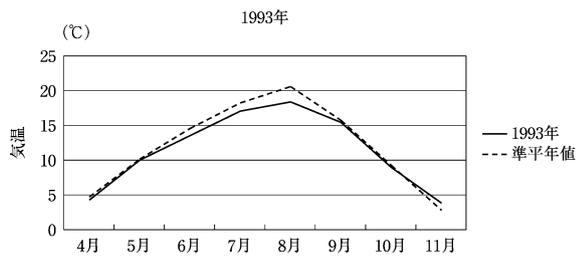


図 II-1 試験期間中における江別の月別平均気温

図 II-2 試験期間中における江別の月別降水量

量は、6月から9月までは準平年値の134~161%の範囲で多かった。

4) 植物体の分析法

1) 粗タンパク質

粗タンパク質収量は、各番草の地上部の全窒素含有率を草種別にセミマイクロゲル法により定量し、さらに粗タンパク質含有率に換算してからそれぞれの乾物重量に乗じて算出した。

2) 無機元素

乾燥粉末とした植物体は再度90℃で通風乾燥後、0.20gを正確に秤量し、20mlの標線つきバイレックス試験管に入れ、濃硫酸1mlを加えたのち、30%過酸化水素2mlを加えて加熱した。過酸化水素の添加と加熱は分解が完了するまで2~3回繰り返した。分解終了後、再蒸留水で20mlにメスアップし、よく攪拌して分析に供した。

ナトリウム(Na)、カリウム(K)、マグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)、マンガン(Mn)、鉄(Fe)、銅(Cu)および亜鉛(Zn)の定量は原子吸光光度計(日立180-50)でおこなった。

第三章 草種構成に対する混播の影響

本研究はきわめて栄養価の高いアルファルファを混播牧草の中に確保するため、もっとも相性のよいイネ科牧草との組合せを明らかにするため行ったものである。なお、ここで述べるマメ科率は雑草も含めた総乾物重量に対するアルファルファ乾物重量の割合であり、同様にイネ科率は処理区別のイネ科牧草乾物重の比率である。

1. 1番草の草種構成

図III-1~2には草種構成に対する混播草種の影響を示した。

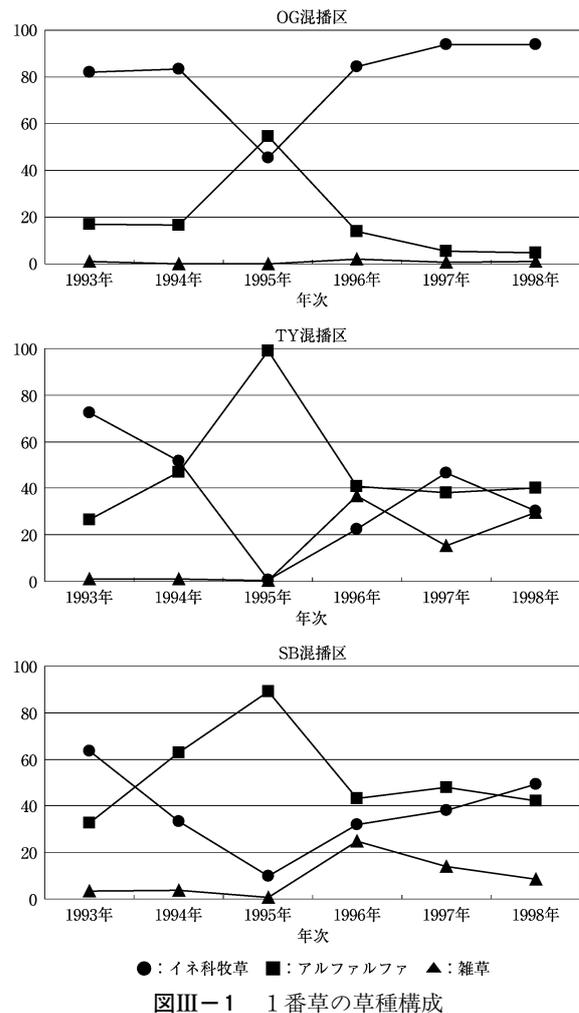
OG混播区：

OG混播区のマメ科率は1995年の55%が最大であって、1997年から10%以下の低い割合になった。一方、イネ科率は、最小値が1995年の45%であったが、他の年次では82%~97%の高い割合を示し、播種後の年数が経過するほど増大することが明らかになった。全栽培期間の平均でイネ科率は80%の高い値であった。雑草率は全年次で極めて低い値を示した。

以上の結果、アルファルファを高い割合で維持するためにはオーチャードグラスとの組合せが不適当であることを示した。

TY混播区：

つぎにTYとの混播区では、マメ科率は播種後3

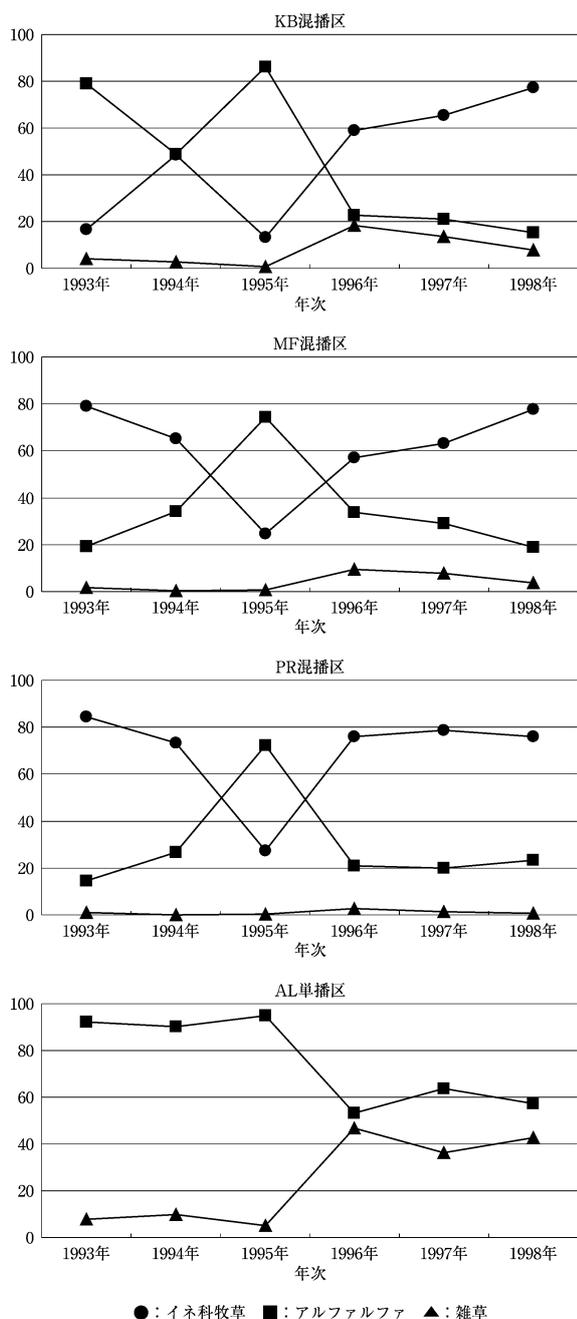


図III-1 1番草の草種構成

年目の1995年に最大値の99%を示した。最小値は初年目1993年の26%であり、他の年次では38%~41%の範囲であった。イネ科率は最大値が1993年の73%が最大で、最小値は播種後3年目の1995年が0.7%であり、他の年次では22%~52%の範囲にあった。雑草率はOG混播区と異なり1996年から15~37%の範囲で高い値を示した。すなわち、アルファルファの維持にとってチモシーは相性のよい草種であるが、雑草の割合も高まることになった。

SB混播区：

SB混播区は、マメ科率では最大値が1995年の89%で、最小値は1993年の33%であり、他の年次では42%~63%の範囲であった。これに対して、イネ科率では最大値が1993年の64%で、最小値は1995年の10%であり、雑草率は1996年から9~25%の範囲で高まった。すなわち、スムースブロムグラスはチモシーと類似したアルファルファとの混播効果を示した。



●：イネ科牧草 ■：アルファルファ ▲：雑草
 図III-2 1番草の草種構成

KB 混播区：

一方、草丈が低く、浅根性のケンタッキーブルーグラスとの混播では、イネ科率の最大値は1998年の77%で、最小値は1995年の13%であり、年次の経過にともない高まる傾向を示した。ケンタッキーブルーグラスとアルファルファの混播では、播種後1年目から高いマメ科率を示し、1995年までは49%~86%であったが、1996年から15~23%の範囲で急激に低下した。雑草率は1996年から8~18%の範囲で高まった。ケンタッキーブルーグラスとの混播で

マメ科率の低下がおこる現象はケンタッキーブルーグラスの勢力拡大によるものではなく、アルファルファ自身の衰退によって現れたものである。

MF 混播区：

MF 混播区は、マメ科率では最大値が1995年の74%で、最小値が1年目の1993年と年次後半の1998年の19%であり、他の年次では29%~34%の範囲であった。イネ科率の最小値は1995年の25%であったが、他の年次では57%~79%の範囲であった。雑草率は10%以下の割合で推移し、雑草の抑制率は高い値を示した。

PR 混播区：

PR 混播区は、マメ科率では、最大値が1995年の73%で、最小値は1993年の15%であり、他の年次では21%~27%の範囲であった。雑草率は全年次で極めて低かった。イネ科率の最大値は1993年の84%で、最小値は1995年の27%であり、他の年次では73%~79%の範囲で年次間差が小さかった。すなわち、ペレニアルライグラスとの混播は播種後1年目からアルファルファの成育を抑制する傾向にあった。しかしながら、雑草の発生は各組合せの中でもっとも低く、草地の荒廃を防止する効果が認められた。

AL 単播区：

AL 単播区は、播種後3年目の1995年まではマメ科率が90%以上で雑草率も低かったが、その後マメ科率は急激に低下し、同時に雑草率は高まった。すなわち、アルファルファ単播でも4年目からアルファルファの衰退が発現することが明らかになった。

2. 2番草の草種構成

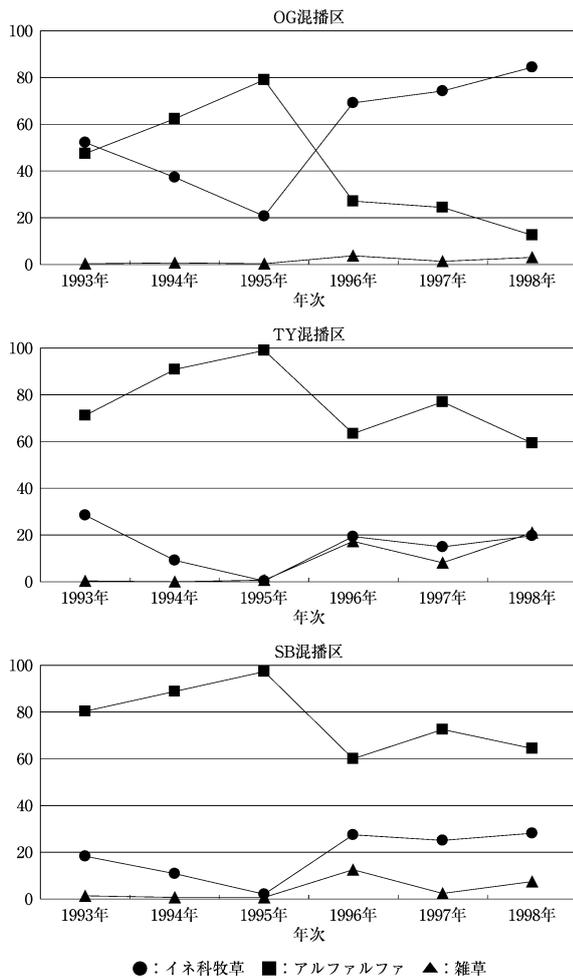
1番草と比較して、2番草では全体的にアルファルファの割合が高くなった(図III-3~4)。この傾向は播種後の早い年次で強く現れた。以下、各混播区別に述べる。

OG 混播区：

OG 混播区は、マメ科率では、最大値が1995年の79%であったが、その後年次の経過にともない急激に低下した。イネ科率では最大値が1998年の84%で、最小値が1995年の21%であり、年次の経過にともない高まる傾向を示した。雑草率は各年次で低かった。

TY 混播区：

TY 混播区は、マメ科率では1995年に最大値の99%を示し、その後1998年の最小値59%まで緩やかに低下した。イネ科率では最大値が1993年の28%で、最小値は1995年の0.2%であり、他の年次



●：イネ科牧草 ■：アルファルファ ▲：雑草

図III-3 2 番草の草種構成

では 9%~20%の範囲であった。雑草率は 1996 年から 8~21%の範囲で高まった。

SB 混播区：

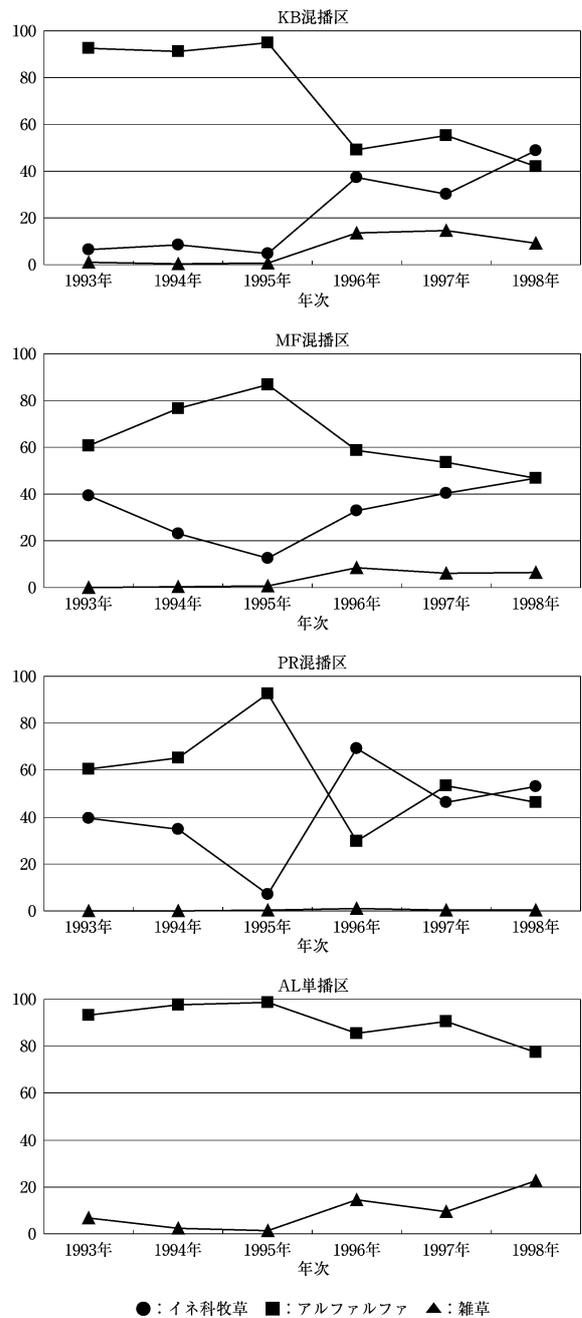
SB 混播区は、マメ科率では最大値が 1995 年の 97%で、他の年次では 60~89%の範囲であった。イネ科率では最小値が 1995 年の 2.1%であり、他の年次では 11%~28%の範囲であった。雑草率は 1996 年から高まる傾向を示した。

KB 混播区：

KB 混播区は、マメ科率は、1995 年まで 90%以上であったが、その後 42%~55%の範囲で低下した。イネ科率では 1995 年までは 5%~8%の範囲で低かったが、その後は 30~49%の範囲で高まった。雑草率は 1996 年から 9~15%の範囲で高まった。

MF 混播区：

MF 混播区は、マメ科率では最大値が 1995 年の 87%で、1996 年から 47%~59%の範囲で低下した。イネ科率では最小値が 1995 年の 12%であり、他の年次では 23%~47%の範囲であった。雑草率は 1996



●：イネ科牧草 ■：アルファルファ ▲：雑草

図III-4 2 番草の草種構成

年からやや高まる傾向を示した。

PR 混播区：

PR 混播区は、マメ科率では最大値が 1995 年の 93%で、最小値は 1996 年の 30%であり、他の年次では 47%~65%の範囲であった。イネ科率では最大値が 1996 年の 69%で、最小値が 1995 年の 7%であり、他の年次では 35%~53%の範囲であった。雑草率は各年次とも低かった。

AL 単播区：

AL 単播区は、マメ科率では 1998 年まで 77%

～99%の高い割合を示した。雑草率は1996年から9～23%の範囲で高まった。

3. 3番草の草種構成

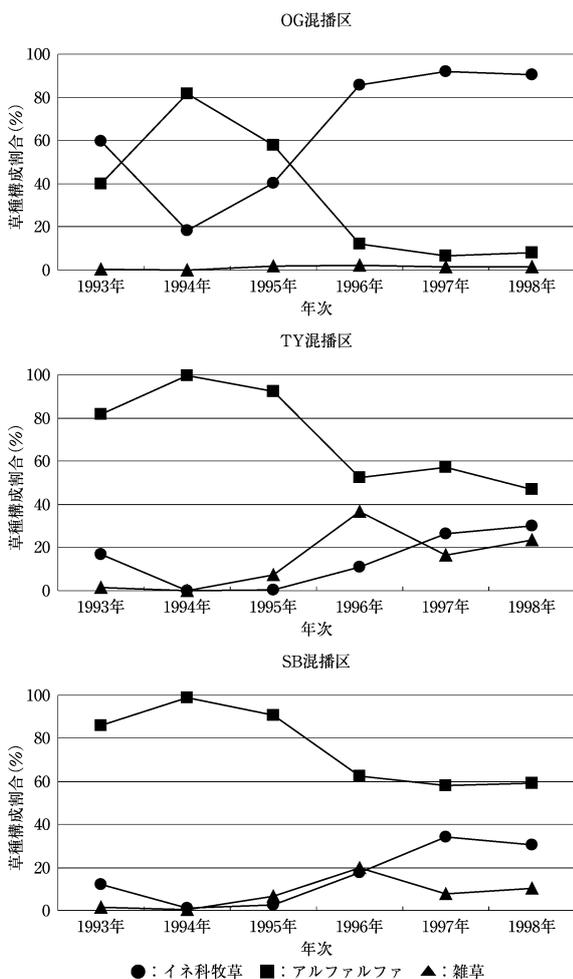
3番草におけるマメ科率の割合も2番草と同じ傾向を示した。すなわち、刈り取り回数が進むに従い、収穫物中に占めるアルファルファの割合が高まる傾向を示した(図Ⅲ-5～6)。以下、各組合せごとの結果を述べる。

OG混播区：

OG混播区は、マメ科率では1995年までは40%～82%であったが、その後急激に低下した。イネ科率では最小値は1994年の18%であり、1996年から86%～92%の範囲で高まった。雑草は各年次において低かった。

TY混播区：

TY混播区は、マメ科率では、1995年までは82%～99%の範囲で高かったが、その後47～57%の範囲で低下した。イネ科率では1994年および1995年で



図Ⅲ-5 3番草の草種構成

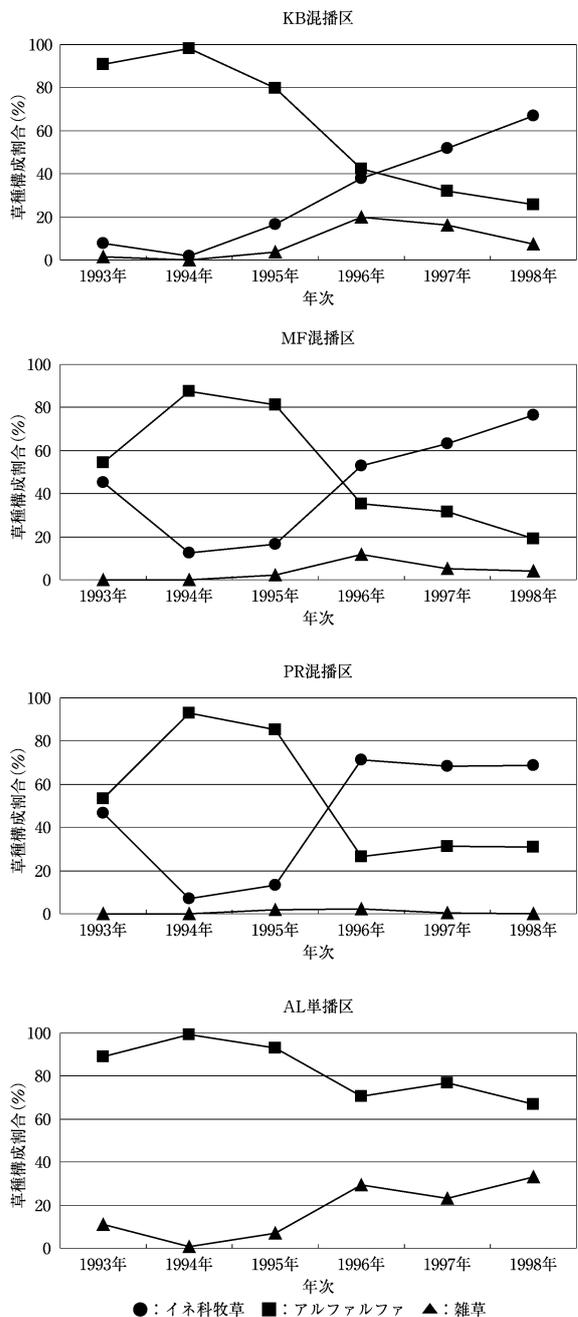
極めて低い割合を示し、他の年次では11%～30%の範囲であった。雑草率は1996年から17～37%の範囲で高まった。

SB混播区：

SB混播区は、マメ科率およびイネ科率においてTY混播区とほぼ同様な割合および推移を示した。雑草率はTY混播区よりやや低い値で推移した。

KB混播区：

KB混播区は、マメ科率では1995年までは80%～98%の高い割合であったが、その後急激に低下し



図Ⅲ-6 3番草の草種構成

て1998年には最小値の26%になった。イネ科率では1995年までは2%~16%の低い割合であったが、その後年次の経過にともない高まり1998年には最大値の67%になった。雑草率は1996年から8~20%の範囲で高まった。

MF混播区：

MF混播区は、マメ科率では1995年までは55%~88%の範囲であったが、その後低下して1998年には最小値の19%になった。イネ科率では1994年および1995年において10%台であったが、その後53%~77%の範囲で高まった。雑草率は1996年から高まる傾向を示した。

PR混播区：

PR混播区は、マメ科率では1995年までは53%~93%の範囲であったが、その後は27%~31%の範囲で低下した。イネ科率では1994年および1995年において7%~13%であったが、1996年から68~71%の範囲で高まった。雑草率は各年次で低かった。

AL単播区：

AL単播区は、マメ科率では1995年までは89%~99%の範囲であり、その後低下して1998年には67%になった。雑草率では1996年から23~33%の範囲で高まった。

4. 考察

全混播区において播種後3年間の草種構成は、処理区によって差はみられるがイネ科率とマメ科率は相互に補いあう関係が成り立ち、雑草率が明らかに低い値を示した。この期間の2, 3番草の草種構成は、全混播区においてマメ科率が圧倒的に高い値を示している。このことからアルファルファ混播草地における1番草のマメ科率を適度に維持するためには、2, 3番草においてアルファルファの草勢を弱めないイネ科草種であることが重要であると考えられる。

播種後4年目(1996年)から、全ての混播区におけるマメ科率は大きく低下した。これはAL単播区のマメ科率も同じ年次から低下していることから、アルファルファ自身の問題によるものと考えられる。しかしマメ科率の低下の度合いは、イネ科牧草の種類により異なった。すなわちマメ科率の低下が最も著しかったのはOG混播区であり、これよりマメ科率の低下が緩やかであったのはKB混播区、PR混播区およびMF混播区であった。これらの処理区の2, 3番草では、イネ科率とマメ科率が同等もしくはイネ科率がやや高い程度の草種構成であるのに

対し、OG混播区では全ての番草で常にイネ科率>マメ科率であり、年間をととしてアルファルファの成育が抑制され、これが次年度の1番草マメ科率を低下させるという悪循環につながったと考えられる。

つぎにTY混播区およびSB混播区の草種構成は、年次の後半においても高いマメ科率を維持したが、雑草の進入割合が高かった。これは両処理区とも年間をととして常にマメ科率がイネ科率を上回っていたことから、アルファルファに対する両イネ科牧草の競合力の低いことが主因(喜多 1969, 脇本 1987, 小阪 1995)と考えられる。とくに播種後3年間はアルファルファによって両イネ科牧草は抑圧され、その後マメ科率の低下をイネ科率の増大により補うことが出来ずに、雑草の進入を許したと考えられる。

また本実験の刈取り回数が3回/年であるため、チモシーにとって不利な刈取り条件(木曾ほか 1994, 1997)であり早期から衰退したものと推察される。

したがってアルファルファ混播草地において雑草率を低く抑えて長期にわたってマメ科率を維持する相手イネ科牧草は、1番草ではある程度マメ科率が高く、2番草ではマメ科率が高く、3番草ではイネ科率とマメ科率が同等もしくはややマメ科率が上回る程度のような草種構成を経年的に繰り返すイネ科牧草が適当であると考えられる。つまり、本実験においてはメドウフェスクとペレニアルライグラスが、もっとも適当な混播草種と考えられた。

5. 小括

6年間のほ場試験によるアルファルファと各種イネ科牧草との混播によって、草種構成がどのように変化するか検討し、つぎの結果が得られた。

- 1) オーチャードグラスとの組合せでは、早期の栽培年次からマメ科率の低下を招き、アルファルファを維持するためには好ましくない草種である。
- 2) アルファルファの成育を適度に維持しながら、なおかつ雑草率も低く押さえる草種はメドウフェスクとペレニアルライグラスであった。
- 3) チモシーとの混播では、マメ科率は高まるが、チモシーの成育が抑制され、雑草率が高まる傾向を示した。
- 4) スムースブロムグラスとの混播はチモシーとの混播と類似した成育をしめし、雑草率が高かった。
- 5) ケンタッキーブルーグラスとの混播では、栽培前半のマメ科率は高かったが、播種後4年目から

急激にマメ科率が低下し、雑草率も高まる傾向を示した。

第IV章 乾物収量, アルファルファの個体密度および生産構造に対する混播の影響

1. 乾物収量

牧草はいくら品質が良好であっても、バイオマスそのものが低くは経済作物としての価値が低くなる。現実の酪農では品質とともに収量そのものも要求されている。各イネ科牧草とアルファルファとの混播が乾物生産にどのような影響が現れるか検討した。

1) 1 番草の乾物収量

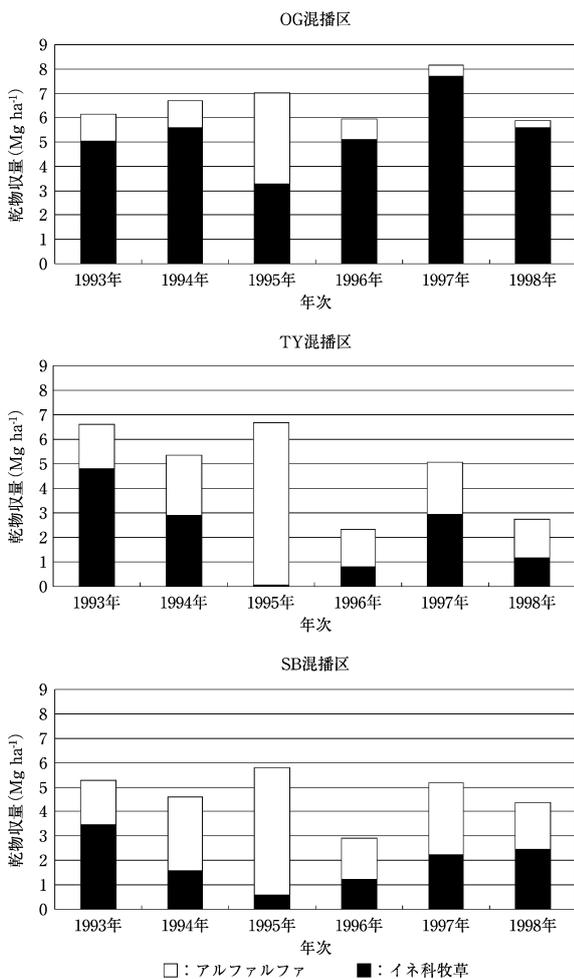
図IV-1~2には1番草における各処理区の単位面積当たりの乾物収量を示した。

アルファルファとオーチャードグラスの混播では、年間の総乾物収量がいずれも 10 Mg ha⁻¹ 以上を示した。全試験期間を通じてこのように高い収量を示した組合せはほかに無い。しかしながら、アル

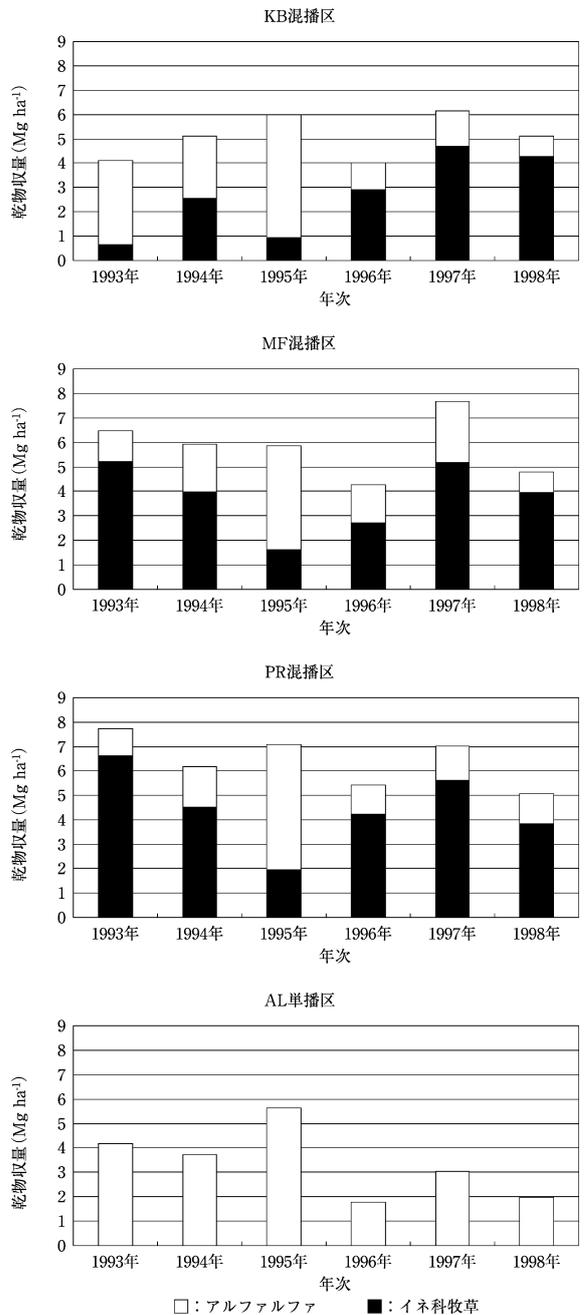
ファルファの乾物生産は、OG 混播区の全試験年次において全組合せの中で常に最低値を示した。他のイネ科牧草との組合せでは、播種3年目まで総乾物生産が 10 Mg ha⁻¹ 以上を示した。その後はイネ科牧草の種類により乾物生産は異なった。以下、個々の組合せについて述べる。

OG 混播区：

OG 混播区の乾物アルファルファ収量の最大値は1995年に最大値の 3.7 Mg ha⁻¹ を示した。その前後において少なく、とくに1996年から大きく減少して



図IV-1 1 番草の乾物収量



図IV-2 1 番草の乾物収量

1998年には最小値の0.3 Mg ha⁻¹を示した。平均は1.3 Mg ha⁻¹であり、オーチャードグラス収量の1/4以下の値であった。

オーチャードグラス収量は1995年に最小値の3.3 Mg ha⁻¹を示した。播種後5年目にあたる1997年に最大値の7.7 Mg ha⁻¹を示して経年的な減少傾向はみられず、平均では5.4 Mg ha⁻¹であった。

オーチャードグラスとアルファルファの合計収量(以下、混播収量とする)は1995年を除いてオーチャードグラスとほぼ同様の経年変化を示した。最大値はオーチャードグラス収量が最多であった1997年の8.2 Mg ha⁻¹で、最小値が1998年の5.9 Mg ha⁻¹であり、平均で6.6 Mg ha⁻¹であった。

なおOG混播区のオーチャードグラスの収量は各処理区のイネ科草種の中で最大を示し、アルファルファ収量は各処理区の中で最小であった。

TY混播区：

TY混播区の乾物アルファルファ収量は、1995年に最大値の6.6 Mg ha⁻¹を示した。他の年次では1.5~2.5 Mg ha⁻¹の範囲にあり、平均が2.7 Mg ha⁻¹でありチモシー収量の平均をやや上回る程度であった。

チモシーの収量は1993年に最大値4.8 Mg ha⁻¹を示した。その後1995年と1996年で著しく減少したため、平均で2.1 Mg ha⁻¹であった。

混播収量は前半の3年目まで多収であり、1995年には最大値の6.7 Mg ha⁻¹を示した。しかし、その内訳は99%までがアルファルファの収量であった。その後もチモシーの収量増加は少なく、平均で4.8 Mg ha⁻¹であった。

チモシーの収量および混播収量の最小値は、イネ科牧草および混播処理区の中でもそれぞれ最小であり、またアルファルファ収量の最大値は混播処理区のアルファルファ収量の中で最大であった。

SB混播区：

SB混播区の乾物アルファルファ収量の最大値は1995年の5.2 Mg ha⁻¹で、最小値は1996年の1.7 Mg ha⁻¹であった。スムースブロムグラス収量は各年次において他のイネ科牧草に比べて少ない傾向を示した。最大値は1993年の3.5 Mg ha⁻¹で、最小値は1995年の0.6 Mg ha⁻¹であり、平均で1.9 Mg ha⁻¹であった。アルファルファ収量の平均は2.8 Mg ha⁻¹で、スムースブロムグラス収量の平均を上回った。

混播収量は1996年に最小値の2.9 Mg ha⁻¹を示した。他の年次では年次間差が小さく、4.4~5.8 Mg ha⁻¹の範囲にあり、平均で4.7 Mg ha⁻¹であった。

KB混播区：

KB混播区の乾物アルファルファ収量は1995年までは2.6~5.1 Mg ha⁻¹と多かった。その後大きく減少して平均で2.4 Mg ha⁻¹であった。ケンタッキーブルーグラスの収量は、年次の経過にともない増加する傾向がみられ、播種後5年目の1997年に最大値の4.7 Mg ha⁻¹を示し、平均で2.7 Mg ha⁻¹であった。

混播収量の最大値は1997年の6.2 Mg ha⁻¹で、最小値が1996年の4.0 Mg ha⁻¹と年次間差が少なく、平均で5.1 Mg ha⁻¹であった。播種後3年目の1995年までの合計収量はアルファルファが主体であった。後半の3年間はケンタッキーブルーグラスが主体となった。

MF混播区：

MF混播区の乾物アルファルファ収量の最大値は1995年の4.2 Mg ha⁻¹で、最小値は1998年の0.8 Mg ha⁻¹であり、平均値は2.1 Mg ha⁻¹であった。メドウフェスク収量の最大値は1993年の5.2 Mg ha⁻¹で、1995年に最小値の1.6 Mg ha⁻¹を示した。しかし、その後メドウフェスクの収量は増加に転じ、1997年には再び最大値を示した。平均は3.8 Mg ha⁻¹であった。

混播収量では、播種後5年目の1997年に最大値7.7 Mg ha⁻¹を示し、最小値が1996年の4.3 Mg ha⁻¹であった。平均値は5.8 Mg ha⁻¹であった。

PR混播区：

PR混播区の乾物アルファルファ収量は1995年に最大値の5.1 Mg ha⁻¹を示した。他の年次では1.1~1.7 Mg ha⁻¹の範囲にあり、平均で2.0 Mg ha⁻¹であった。ペレニアルライグラスの収量は、最大値が1993年の6.6 Mg ha⁻¹で、最小値は1995年の2.0 Mg ha⁻¹であった。しかし、他の年次では3.9~5.2 Mg ha⁻¹の範囲にあり、平均値は4.5 Mg ha⁻¹であった。

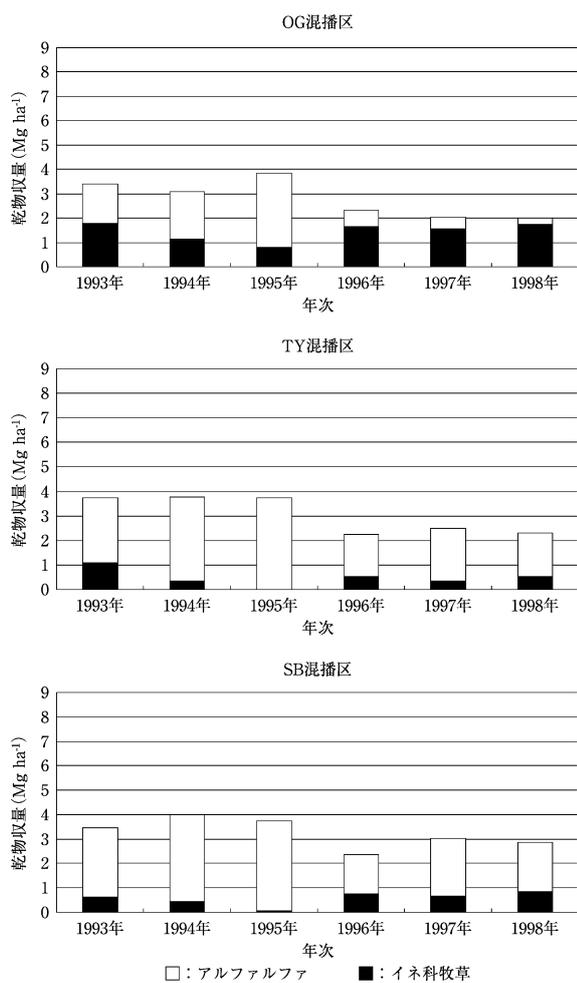
混播収量の最大値は1993年の7.7 Mg ha⁻¹で、最小値は1998年の5.1 Mg ha⁻¹であった。収量は年次の経過にともない緩やかに減少する傾向を示した。平均値は6.4 Mg ha⁻¹であった。

AL単播区：

AL単播区のアルファルファ収量は、播種後3年目の1995年に最大値の5.6 Mg ha⁻¹を示し、その後大きく減少した。平均値は3.4 Mg ha⁻¹であった。

2) 2番草の乾物収量

図IV-3~4には2番草における各処理区の単位面積当たりの乾物収量を示した。



図IV-3 2 番草の乾物収量

2 番草の混播処理区における乾物収量は、1 番草と比較してアルファルファ収量ではほぼ同等の収量を示した。これに対し、イネ科牧草収量は大きく減少した。混播収量は、全処理区において1 番草収量より年次間差は小さくなったが、1996 年からの減少は1 番草と同様であった。以下、処理区別に述べる。

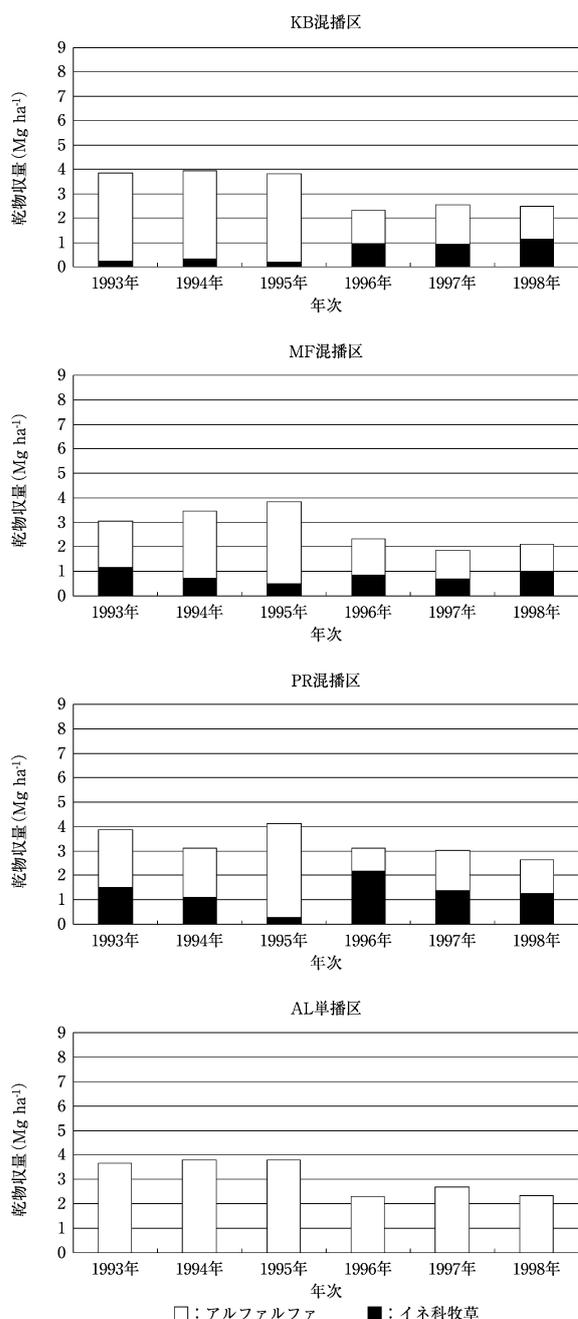
OG 混播区：

OG 混播区の乾物アルファルファ収量は各年次において1 番草と同等の収量を示し、1996 年から顕著に減少した。オーチャードグラス収量は1994 年と1995 年で少なかったが他の年次は1.5~1.8 Mg ha⁻¹の範囲にあり、平均で1.5 Mg ha⁻¹であった。

混播収量は1995 年に最大値の3.9 Mg ha⁻¹を示した。その後は減少して最大値の40~60%の収量で推移した。

TY 混播区：

TY 混播区の乾物アルファルファ収量は1996 年および1998 年に最小値の1.7 Mg ha⁻¹を示し、他の年次では2.1~3.7 Mg ha⁻¹の範囲にあった。平



図IV-4 2 番草の乾物収量

均収量は2.6 Mg ha⁻¹であった。チモシーの収量は播種後1 年目の1993 年に最大値の1.1 Mg ha⁻¹を示し、その後1998 年までは大きく減少して最大値の1~49%の収量で推移した。

混播収量は全年次においてアルファルファの収量が大半を占めた。1996 年以降の収量はそれまでの約60%程度に減少した。

SB 混播区：

SB 混播区の乾物アルファルファ収量は平均で2.7 Mg ha⁻¹であり、TY 混播区のアルファルファ

収量とほぼ同様な平均値および推移を示した。スムーズブロムグラス収量は1995年に最小値の0.1 Mg ha⁻¹を示し、その後若干増加して平均収量は0.6 Mg ha⁻¹であった。

混播収量は1995年に最も少なく、その後やや増加する傾向を示し、平均収量は3.2 Mg ha⁻¹であった。

KB 混播区：

KB 混播区の乾物アルファルファ収量は1995年まで約3.6 Mg ha⁻¹と多く、その後1/2以下に減少して平均収量では2.5 Mg ha⁻¹であった。ケンタッキーブルーグラスの収量は播種後3年目の1995年までは少なく、その後増加して平均収量は0.6 Mg ha⁻¹であった。

混播収量はアルファルファ収量と同様の推移を示し、1996年からの年次後半3年間の収量は年次前半3年間の収量に比べて約60%程度に減少した。

MF 混播区：

MF 混播区の乾物アルファルファ収量は前半の3年間では経年的に増加し、1995年に最大値の3.4 Mg ha⁻¹を示した。その後大きく減少して平均では2.0 Mg ha⁻¹であった。メドウフェスク収量は1995年に最小値を示した以外は年次間差が少なく、平均収量は0.8 Mg ha⁻¹であった。

混播収量はアルファルファ収量と同様な推移を示し、1996年からは最大値3.4 Mg ha⁻¹ (1995年) の約55%程度の収量になり、平均で2.8 Mg ha⁻¹であった。

PR 混播区：

PR 混播区の乾物アルファルファ収量は1995年に最大値の3.8 Mg ha⁻¹を示し、その後は最大値の25~40%に減少した。平均収量は2.0 Mg ha⁻¹であった。

ペレニアルライグラス収量は1995年に最小値の0.3 Mg ha⁻¹を示し、翌年の1996年に最大値の2.2 Mg ha⁻¹を示した。他の年次ではほぼ同様な値で推移し、平均収量は1.3 Mg ha⁻¹であった。

混播収量は1998年に最小値の2.6 Mg ha⁻¹となり、年次の経過にともない緩やかに減少する傾向を示した。平均収量は3.3 Mg ha⁻¹であった。

AL 単播区：

AL 単播区のアルファルファ収量は、1995年までの3年間は約3.8 Mg ha⁻¹で推移した。しかし、1996年以降は60~70%の範囲で減少し、平均収量は3.1 Mg ha⁻¹であった。これはAL単播区の1番草収量平均値の91%であり、2番草収量もかなり重要であると思われる。

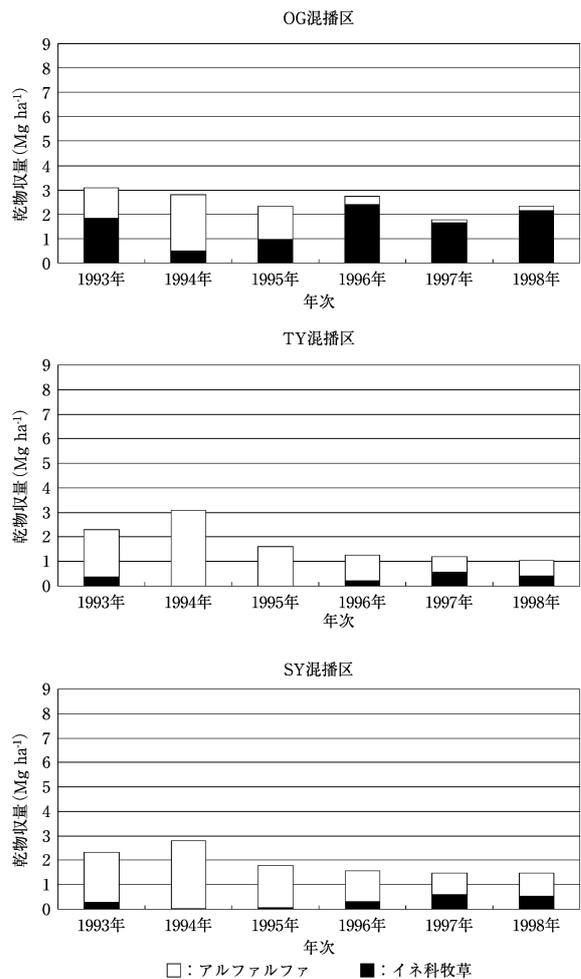
3) 3番草の乾物収量

図IV-5~6には3番草における各処理区の単位面積当たりの乾物収量を示した。

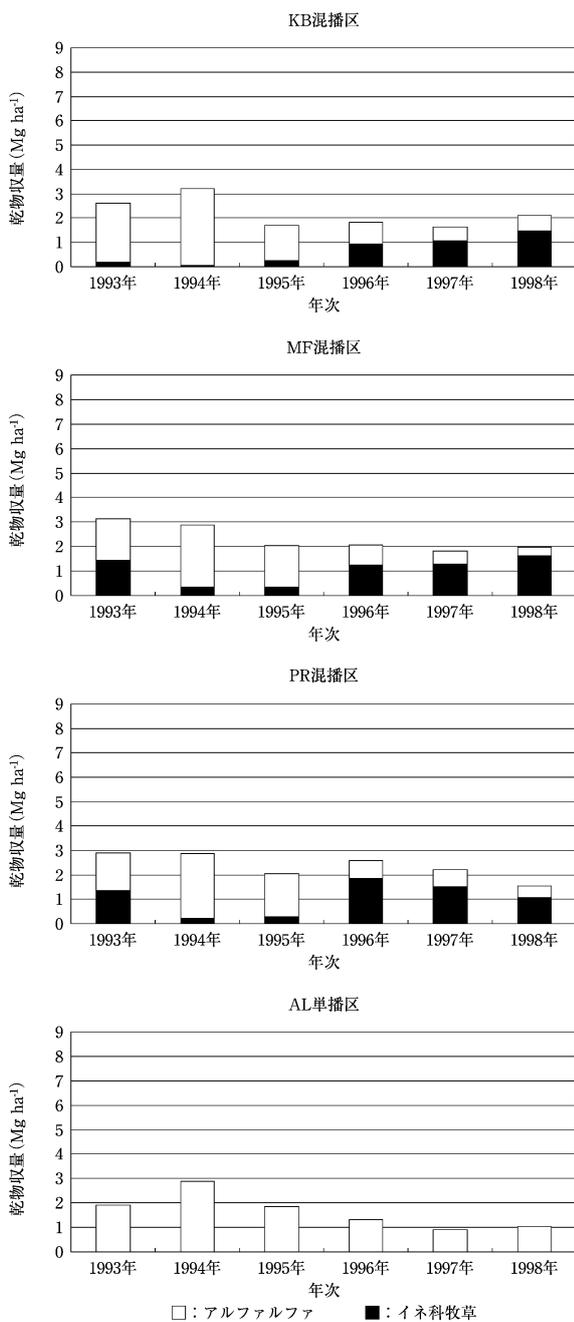
3番草のアルファルファ収量は全体的に播種後2年目の1994年をピークに経年的に減少した。イネ科牧草収量はチモシーとスムーズブロムグラスでは2番草よりさらに減少したが、その他の草種では2番草とほぼ同等の収量を示し前半より後半で多い傾向を示した。混播収量は1番草および2番草より1年早い1995年から減少した。以下、処理区別に述べる。
OG 混播区：

OG 混播区の乾物アルファルファ収量は播種後2年目の1994年に最大値の2.3 Mg ha⁻¹を示した。1996年から顕著に減少して、平均で0.9 Mg ha⁻¹であった。オーチャードグラス収量は1995年までの3年間より1996年以降の方が多収となり、平均では2番草収量よりやや多い1.6 Mg ha⁻¹であった。

混播収量は1996年以降のアルファルファ収量の減少をオーチャードグラス収量が補完したため、経



図IV-5 3番草の乾物収量



図IV-6 3 番草の乾物収量

年的な減少は緩やかで、平均収量は 2 番草収量と同等の 2.5 Mg ha⁻¹ であった。

TY 混播区：

TY 混播区の乾物アルファルファ収量は 1994 年に最大値の 3.1 Mg ha⁻¹ を示した。その後経年的に減少し、平均収量は 1.5 Mg ha⁻¹ であった。チモシーの収量は全年次において極めて少なく、平均収量は 0.3 Mg ha⁻¹ であった。

混播収量はアルファルファ収量と同様の推移を示し、1995 年から大きく減少し、平均収量は 2 番草収

量より少ない 1.8 Mg ha⁻¹ であった。

SB 混播区：

SB 混播区の乾物アルファルファ収量、スムーズブロマグラス収量および混播収量において TY 混播区のそれと類似した傾向を示した。

KB 混播区：

KB 混播区の乾物アルファルファ収量は播種後 3 年目から経年的に減少し、平均は 2 番草収量より少ない 1.5 Mg ha⁻¹ となった。ケンタッキーブルグラス収量は播種後 4 年目の 1996 年から増加し、平均収量は 2 番草収量と同等の 0.7 Mg ha⁻¹ を示した。

混播収量はアルファルファ収量が最も多かった 1994 年に最大値 3.2 Mg ha⁻¹ を示し、その後は最大値の 51~66%程度に減少した。平均収量は 2 番草収量より少ない 2.2 Mg ha⁻¹ であった。

MF 混播区：

MF 混播区の乾物アルファルファ収量は 1996 年からの減少が著しく、平均収量は 2 番草収量よりやや少ない 1.3 Mg ha⁻¹ であった。メドウフェスク収量は 1993 年および 1994 年で少なかったが、他の年次では大差がなく、平均では 2 番草収量よりやや多い 1.1 Mg ha⁻¹ であった。

混播収量は 1995 年からはそれ以前の収量の約 65%程度に減少し、平均では 2 番草収量と同等の 2.3 Mg ha⁻¹ を示した。

PR 混播区：

PR 混播区の乾物アルファルファ収量、ペレニアルライグラス収量および混播収量において MF 混播区のそれと類似した傾向を示した。

AL 単播区：

AL 単播区のアルファルファ収量は、1995 年に最大値の 2.9 Mg ha⁻¹ を示し、その後経年的に最大値の 30%まで減少し、平均では 2 番草収量より少ない 1.7 Mg ha⁻¹ であった。

4) 年合計の乾物収量

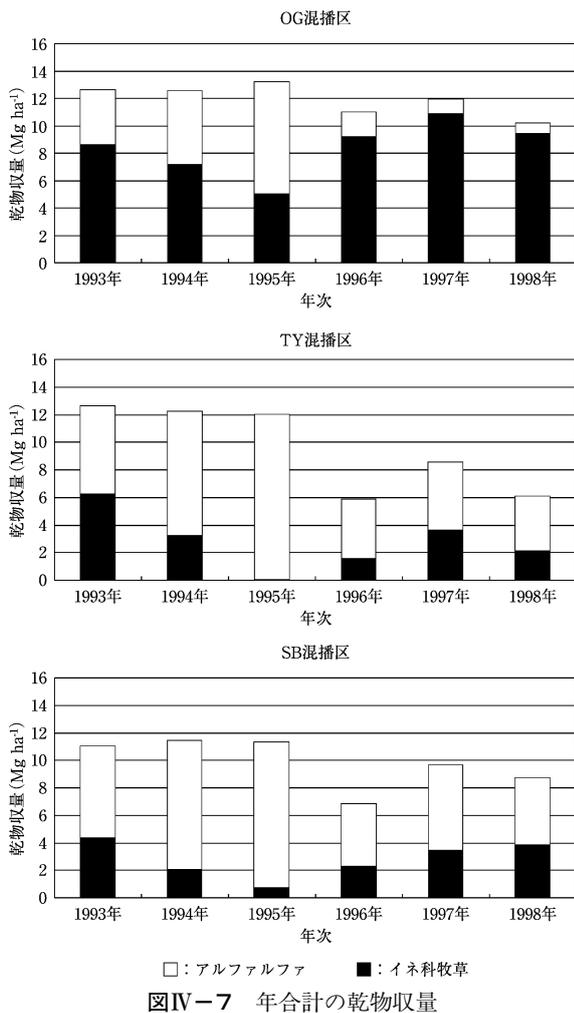
図IV-7~8には年合計における各処理区の単位面積当たりの乾物収量を示した。

年合計の乾物アルファルファ収量は 1995 年までの年次前半 3 年間の収量が多く、年次後半の 3 年間で少ないことがより明らかになった。イネ科牧草収量では全ての草種において 1 番草とほぼ同様の収量および経年変化を示した。

混播収量は、TY 混播区と AL 単播区では 1996 年から大きく減少し、その他の処理区では経年的に緩やかに減少した。以下、処理区別に述べる。

OG 混播区：

OG 混播区の乾物アルファルファ収量は年次前半



図IV-7 年合計の乾物収量

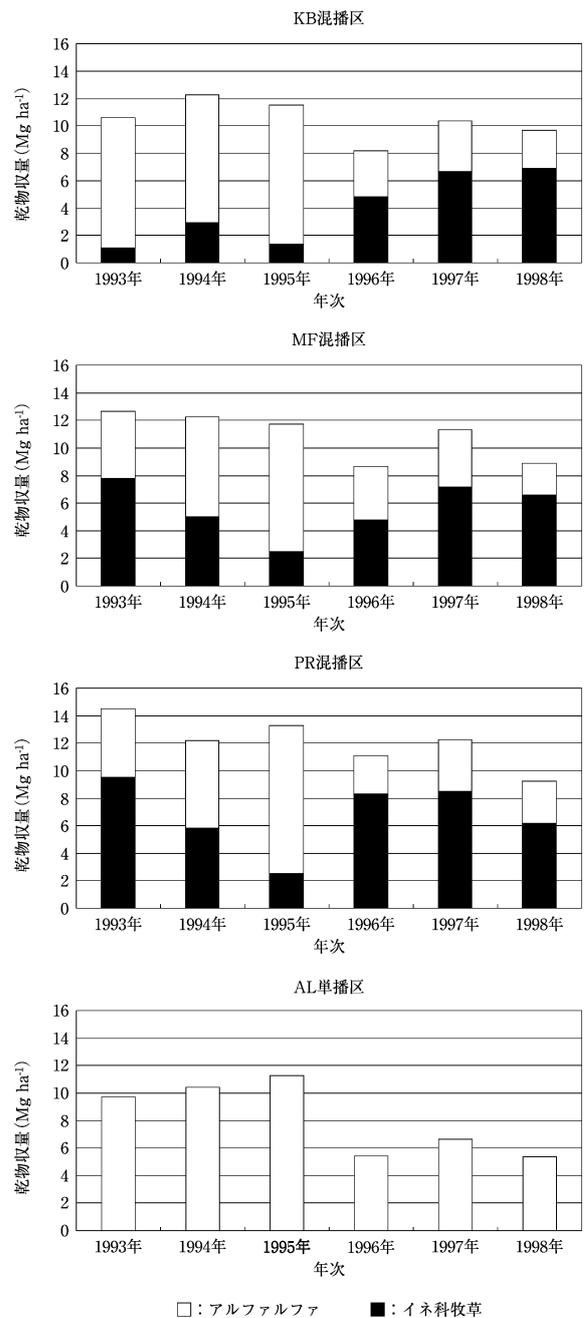
の3年間では経年的に増加し、1995年に最大収量の8.2 Mg ha⁻¹を示した。その後乾物アルファルファ収量は大きく減少して、1998年には最大値の9%の収量となった。したがって平均収量は3.5 Mg ha⁻¹であった。この時のアルファルファ収量の最小値0.7 Mg ha⁻¹は全処理区の中でも最小であった。

オーチャードグラス収量は1995年に最小値を示し、その後増加して1997年には最大値10.9 Mg ha⁻¹を示した。これはイネ科牧草の中でも最大値であり、平均では8.4 Mg ha⁻¹であった。

混播収量は、最大値13.2 Mg ha⁻¹ (1995年) ~ 最小値10.2 Mg ha⁻¹ (1998年)の範囲にあり、経年的に緩やかに減少し、平均では11.9 Mg ha⁻¹であった。

TY混播区：

TY混播区の乾物アルファルファ収量は播種後3年目まで経年的に増加し、1995年には最大収量の11.8 Mg ha⁻¹となった。年次後半の3年間は最大値の約37%に減少し、平均収量は6.8 Mg ha⁻¹であ



図IV-8 年合計の乾物収量

た。アルファルファの最大収量は混播処理区アルファルファ収量の中でも最大であった。

チモシー収量は播種後1年目の1993年に最大値6.3 Mg ha⁻¹を示し、1995年には極めて少ない最小値0.1 Mg ha⁻¹となった。その後最大値の25~58%程度の増加に転じ、平均で2.8 Mg ha⁻¹であった。チモシー収量の最小値はイネ科牧草の中でも最も少なかった。

混播収量は1995年までは平均12.3 Mg ha⁻¹で推移し、1996年からは年次前半の3年間の平均に対

して50~70%の範囲で減少した。全体の平均は6.8 Mg ha⁻¹であった。

SB 混播区：

SB 混播区の乾物アルファルファ収量はTY 混播区のアルファルファ収量とほぼ同様の推移を示し、平均収量は7.0 Mg ha⁻¹であった。スムーズブロマグラス収量は1993年に最大値4.4 Mg ha⁻¹を示し、1995年に最低収量を示した。その後1998年には最大収量の88%程度まで増加した。平均はチモシー収量と同等の2.8 Mg ha⁻¹であった。

混播収量はTY 混播区と同様の推移を示し、1996年からの3年間ではTY 混播区を上回った。平均では9.9 Mg ha⁻¹であった。

KB 混播区：

KB 混播区の乾物アルファルファ収量は1995年まで9.4~10.1 Mg ha⁻¹の範囲であった。その後は最大値の約30%まで減少し、平均では6.5 Mg ha⁻¹であった。

ケンタッキーブルーグラス収量では1993年の最小値1.1 Mg ha⁻¹から1998年の最大値6.9 Mg ha⁻¹まで経年的に増加する傾向を示し、平均で4.0 Mg ha⁻¹であった。

混播収量は1996年に最小収量の8.2 Mg ha⁻¹を示し、全体的には年次の経過にともない緩やかに減少して1998年には最大収量の12.3 Mg ha⁻¹ (1994年)の79%の収量になった。平均では10.4 Mg ha⁻¹であった。

MF 混播区：

MF 混播区の乾物アルファルファ収量は、年次前半の3年間で経年的に増加して1995年に最大値9.3 Mg ha⁻¹を示した。その後最大値の1/2以下にまで減少し、平均では5.3 Mg ha⁻¹であった。

メドウフェスク収量は1995年に最小値2.5 Mg ha⁻¹を示し、その後1997年にはほぼ最大収量(1993年)近くまで増加し、平均収量は5.6 Mg ha⁻¹であった。

混播収量は1993年に最大値12.7 Mg ha⁻¹を示し、その後年次の経過にともない緩やかに減少する傾向を示した。平均収量は10.9 Mg ha⁻¹であった。

PR 混播区：

PR 混播区の乾物アルファルファ収量は1995年に最大値10.7 Mg ha⁻¹を示した。その後最大値の30%程度に減少した。平均は5.3 Mg ha⁻¹であった。ペレニアルライグラス収量では1993年に最大値9.5 Mg ha⁻¹を示したのち減少して、1995年には最小値の2.5 Mg ha⁻¹になった。しかし1996年から収量は増加して平均収量は6.8 Mg ha⁻¹であった。

混播収量は、1993年の最大値14.5 Mg ha⁻¹から1998年の最小値9.3 Mg ha⁻¹まで経年的に緩やかに減少した。最大値は全処理区の中でも最大であり、平均では12.1 Mg ha⁻¹であった。

AL 単播区：

AL 単播区のアルファルファの収量は播種後前半3年間で多収穫を示し、1995年に最大収量の11.3 Mg ha⁻¹を示した。その後最大値の50%程度まで減少し、平均では8.1 Mg ha⁻¹であった。AL 単播区収量の経年変化は、全ての混播処理区のアルファルファ収量とほぼ同様であったことから、1996年以降の減少は相手イネ科牧草による影響よりアルファルファ自体に問題があると推察される。

5) 6年間の平均乾物収量

表IV-1には各処理区の単位面積当たり平均乾物収量(6年間)を示した。

アルファルファの乾物収量は単播、混播に拘らず播種後4年目から減少した。一方イネ科牧草の乾物収量は概ね播種後4年目から増加する傾向を示し、その程度はイネ科草種により異なり混播収量および経年変化に影響を及ぼした。ここでは、混播処理区間の違いを6年間の平均乾物収量によって述べる。

1 番草の平均乾物収量：

1 番草の平均乾物アルファルファ収量は、SB 混播区≥TY 混播区≥KB 混播区>MF 混播区≥PR 混播区>OG 混播区の順に多く、イネ科牧草収量と逆の順位となった。アルファルファ収量がAL 単播区に比べ顕著に低い収量になったのはOG 混播区であり、他の処理区ではイネ科牧草ほどの処理区間差はみられなかった。

イネ科牧草収量は、オーチャードグラス>ペレニアルライグラス>メドウフェスク>ケンタッキーブルーグラス>チモシー≥スムーズブロマグラスの順に多かった。ケンタッキーブルーグラス、チモシーおよびスムーズブロマグラスはイネ科牧草全体の平均3.39±2.08 Mg ha⁻¹に対して57~79%の範囲で少なかった。

混播収量は、OG 混播区≥PR 混播区>MF 混播区>KB 混播区>TY 混播区≥SB 混播区>AL 単播区の多く順に、イネ科牧草収量が多い処理区で多収となった。イネ科牧草収量が少ないTY 混播区、SB 混播区ではアルファルファ収量が多くなり、イネ科牧草収量とアルファルファ収量は補完する傾向がみられた。しかし全体平均5.27±1.78 Mg ha⁻¹に対してTY 混播区、SB 混播区ではやや少なく、AL 単播区では64%の収量であった。

表IV-1 6年間の平均乾物収量

(Mg ha⁻¹)

番草	処理区	イネ科牧草		アルファルファ		合計	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
1番草	OG混播	5.38	1.48	1.26	1.22	6.64	1.00
	TY混播	2.11	1.88	2.69	2.02	4.80	2.12
	SB混播	1.93	1.20	2.76	1.49	4.69	1.10
	KB混播	2.67	1.76	2.41	1.65	5.09	1.03
	MF混播	3.78	1.85	2.06	1.40	5.83	1.77
	PR混播	4.47	1.64	1.95	1.52	6.42	1.18
	AL単播					3.38	1.53
	全体	3.39	2.08	2.19	1.65	5.27	1.78
2番草	OG混播	1.45	0.40	1.34	1.00	2.78	0.76
	TY混播	0.47	0.38	2.57	0.91	3.05	0.82
	SB混播	0.57	0.40	2.67	0.96	3.24	0.68
	KB混播	0.62	0.51	2.54	1.31	3.16	0.87
	MF混播	0.82	0.42	1.95	1.05	2.77	0.87
	PR混播	1.28	0.61	2.03	1.07	3.32	0.70
	AL単播					3.09	0.91
	全体	0.87	0.59	2.18	1.16	3.06	0.83
3番草	OG混播	1.58	0.72	0.93	0.85	2.51	0.50
	TY混播	0.25	0.31	1.48	0.92	1.72	0.79
	SB混播	0.30	0.34	1.61	0.74	1.91	0.54
	KB混播	0.67	0.66	1.51	1.05	2.18	0.63
	MF混播	1.05	0.67	1.27	0.85	2.32	0.57
	PR混播	1.05	0.68	1.31	0.82	2.36	0.52
	AL単播					1.65	0.78
	全体	0.82	0.75	1.35	0.90	2.09	0.70
年合計	OG混播	8.41	2.13	3.52	2.76	11.93	1.47
	TY混播	2.82	2.34	6.75	3.17	9.57	3.22
	SB混播	2.80	1.77	7.04	2.78	9.84	1.88
	KB混播	3.96	2.80	6.46	3.65	10.43	1.56
	MF混播	5.64	2.70	5.28	2.86	10.92	2.26
	PR混播	6.80	2.57	5.30	2.99	12.10	1.95
	AL単播					8.13	2.86
	全体	5.07	3.18	5.73	3.28	10.42	2.60

2番草の平均乾物収量：

2番草の平均乾物アルファルファ収量はイネ科牧草収量と異なり、全処理区において1番草と同等の収量を示した。順位は、SB混播区>TY混播区≧KB混播区>PR混播区≧MF混播区>OG混播区となり、OG混播区が他の処理区に比べ少なかった。

イネ科牧草収量は、オーチャードグラス>ペレニアライグラス>メドウフェスク>ケンタッキーブルーグラス>チモシー≧スームスプロムグラスの順に多く、1番草と同じ順位であった。全ての草種において1番草より1/3以下に減少し、またケンタッキーブルーグラス、チモシーおよびスームスプロムグラスでは2番草全体の平均0.87±0.59 Mg ha⁻¹

より少なかった。

混播収量は、PR混播区>SB混播区>KB混播区>AL単播区≧TY混播区>OG混播区≧MF混播区の順になった。全混播処理区においてイネ科牧草収量とアルファルファ収量が補完したため処理区間差は小さかった。

3番草の平均乾物収量：

3番草の平均乾物アルファルファ収量は全処理区において1, 2番草より減少し、SB混播区>KB混播区≧TY混播区>PR混播区≧MF混播区>OG混播区の順となり、処理区間差は小さかった。

イネ科牧草収量は各草種において2番草とほぼ同等の収量を示し、順位においてもオーチャードグラ

ス>ペレニアルライグラス≒メドウフェスク>ケンタッキーブルーグラス>チモシー≒スムーズブロムグラスとなり、1, 2番草と同じであった。

混播収量は、各混播処理区のアルファルファ収量が2番草より減少した分だけ少なくなった。順位はOG混播区≒PR混播区≒MF混播区>KB混播区>SB混播区>TY混播区>AL単播区となり1, 2番草とほぼ同様であった。

年合計の平均乾物収量：

年合計の平均乾物アルファルファ収量は、全混播処理区において1, 2番草で多く、両者の合計がアルファルファの年合計収量の約76%を占めた。1, 2番草の処理区の順位がほぼ同様であったため、年合計収量の順位はSB混播区>TY混播区>KB混播区>MF混播区≒PR混播区>OG混播区となった。とくにOG混播区は他の処理区に比べ明らかに少なく、全体平均 $5.73 \pm 3.28 \text{ Mg ha}^{-1}$ に対して61%の収量であった。

イネ科牧草収量では、全草種においてイネ科牧草の年合計収量に占める割合が60%以上と高かった1番草収量の影響を受け、1番草と同様のオーチャードグラス>ペレニアルライグラス>メドウフェスク>ケンタッキーブルーグラス>チモシー≒スムーズブロムグラスの順に多かった。とくにケンタッキーブルーグラス、チモシーおよびスムーズブロムグラスは他のイネ科草種に比べ少なかった。

混播収量は、混播処理区における年合計収量に占める1番草、2番草および3番草の割合が、平均でそれぞれ50%、30%および20%であった。そのため1番草収量の影響を受けて、順位はOG混播区≒PR混播区>MF混播区>KB混播区>TY混播区≒SB混播区>AL単播区となった。AL単播区は1, 3番草で全混播処理区より少なかったため、年合計においても全体平均 $10.42 \pm 2.60 \text{ Mg ha}^{-1}$ に対して78%の収量であった。

考 察

イネ科牧草とマメ科牧草の混播は、両者が適切な割合で混在しながら単位面積あたりの収量を確保し、さらに永続性が高いことが望まれる(木曾1986)。しかしどちらか一方の草種が優占して長期間にわたり適正な草種構成を維持するのは困難である(三井1970)という問題もある。

本実験における全混播区およびAL単播区のアルファルファ乾物収量は、播種後3年目までは多収を示し、年合計の混播乾物収量では処理区間に大差はみられなかった。これはそれぞれのイネ科牧草乾物収量の多少に応じてアルファルファが埋め合わせた

ためである。したがって播種後早い段階では、アルファルファの草勢に耐えるイネ科牧草が適度なマメ科率を維持することになる。道北、道央地域における組合せの研究によると、チモシー、スムーズブロムグラスではアルファルファに抑制され、オーチャードグラスとの組合せが適度な草種構成を維持するとしている(及川ほか1968, 喜多ほか1969)。本実験においても播種後3年目までは同様の結果が得られた。

しかし播種後4年目からは、全処理区のアルファルファ乾物収量は大きく減少した。同時に年合計の混播乾物収量は、処理区間に差がみられるようになった。これは主としてイネ科牧草の乾物収量の差によるところが大きかった。とくに混播乾物収量の経年的な低下が緩やかであったOG混播区はその大半がオーチャードグラスによるものであり、アルファルファの減少は処理区の中で最も激しかった。アルファルファは耐陰性(村山ほか1978)、耐湿性(村山ほか1976, 小阪ほか1981)に劣り衰退しやすいとされている。刈取り後の再生が早いオーチャードグラスに常に抑圧を受け、さらに1997年~1998年の低温、多雨条件(表II-1)が重なったため考えられる。

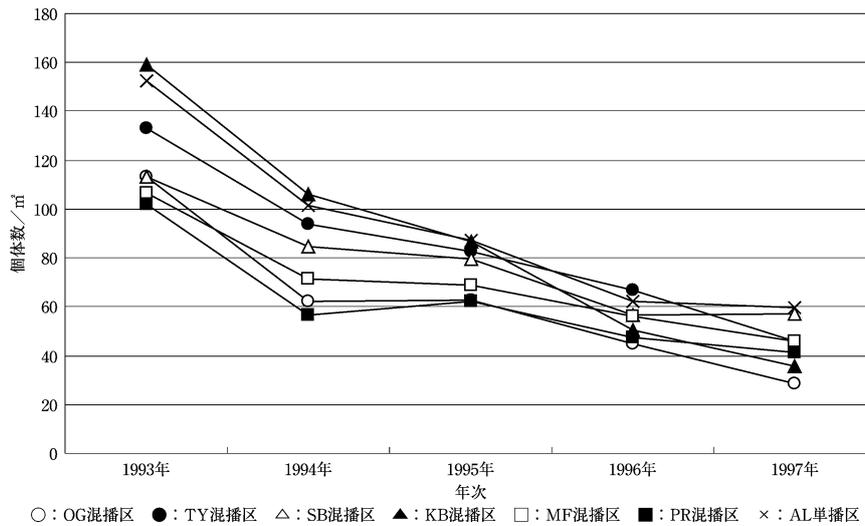
以上のことから本実験の範囲内で結論を述べると、少なくとも播種後6年間にわたってアルファルファを維持しながら生産性を確保する組合せは、ペレニアルライグラスおよびメドウフェスクが適当であり、オーチャードグラスはアルファルファの早期衰退をとまうため相手牧草とし好ましくないと考えられた。

2. アルファルファの個体密度

すでに、前節でも示したように、アルファルファの乾物収量および割合は播種後の年次を経るに伴い低下し、これが原因で雑草の混入または進入が高まる。このようなアルファルファの個体数の減少が混播するイネ科牧草の草種とどのような関わりがあるか検討した。

図IV-9には各処理区におけるアルファルファの個体密度を示した。

アルファルファの個体密度は、播種後1年目の1993年では102~159個体/m²の範囲にあり、全処理区の平均で126個体/m²であった。混播処理区の中では、KB混播区およびTY混播区の密度が高くほぼAL単播区に近い値であった。他の処理区ではそれより低い密度を示し、処理区間の差は小さかった。



図IV-9 アルファルファの個体密度

しかし播種後2年目の1994年には、アルファルファの個体密度は全処理区において前年に比べ著しく低下した。その範囲は57~106個体/㎡、平均で82個体/㎡となり、1993年の平均個体密度の65%になった。処理区別ではKB混播区およびAL単播区の密度が同等で高く、OG混播区とPR混播区で低かった。

播種後3年目である1995年のアルファルファの個体密度は、62~87個体/㎡の範囲にあり、平均で76個体/㎡であった。前年の平均密度に対し92%の平均密度となり低下は比較的緩やかであった。処理区別では前年の順位が高かったKB混播区とAL単播区において密度が低下したため、アルファルファ個体密度の処理区間差は小さかった。

播種後4年目の1996年のアルファルファ個体密度は、範囲は45~67個体/㎡にあり、平均密度で55個体/㎡となり前年比72%に低下した。処理区別の順位では、前年と同様にOG混播区およびPR混播区で低い密度を示したが、処理区間差は小さかった。

1997年の播種後5年目になっても全処理区のアルファルファ個体密度は低下した。密度の範囲は28~60個体/㎡であり、平均密度は45個体/㎡であった。処理区別ではOG混播区とKB混播区の密度が低かった。

考 察

アルファルファの個体密度は、たとえ播種時に初期密度を変えても2~3年で自己間引きによって密度の差は小さくなり、収量に対する影響も播種当年にその影響がみられる程度である(高崎 1980, 小阪 1998)。本実験のイネ科草種によるアルファル

ファの個体密度に対する影響は顕著でなかった。しかし密度低下に至る年次の遅速において差がみられた。オーチャードグラスおよびペレニアルライグラスと組合わせた場合、播種後早い年次から低密度となった。とくにOG混播区のアルファルファ個体密度は年次の経過にともなう密度低下は明らかであった。アルファルファが冠部から萌芽するときにオーチャードグラスに遮光され、抑圧をうけたためと考えられる(村山ほか 1974, 村山ほか 1978, 原田 1981, R. J Haynes 1988)。

以上のことから、アルファルファの個体密度はオーチャードグラスとの組合せにおいて播種後早い段階から減少すると考えられる。またアルファルファの個体密度に対するイネ科草種の影響は、播種後の年次の経過にともない草種間差は小さくなると考えられた。

3. 生産構造

北海道におけるアルファルファの作付面積うちの大部分が混播である。混播する場合の相手イネ科牧草については、多くの研究がなされてきたが、マメ科率は30~50%が適性範囲とするイネ科主体混播草地を想定しているものが多い(片岡 1975, 大植 1978)。しかし、最近は高品質の粗飼料確保の面から、あるいはアルファルファ単播草地の雑草侵入防止の面から、アルファルファ主体の混播草地が多くなってきた。この場合のイネ科牧草は、収量および栄養性よりも、アルファルファの生産性を妨げず、倒伏および雑草防止等のような補助的な役割が要求されるものと思われる。

著者らは、イネ科牧草の種類を変えたアルファル

ファ主体混播草地を1992年に播種して以来、その永続性および生産性について、継続的に調査検討している(小阪ほか 1994)。本報告は、上記ほ場の一部で層別刈取りを行ない、生産構造の比較を検討した。ここに1993年の結果の概要を報告する。

材料および方法

1993年(播種後1年目)の追肥は、10aあたりの年間成分量で、窒素およびリン酸は10kg、加里は20kgを施した。施肥配分は全体の半量を早春時に、残り半量を1番刈り後および2番刈り後に等分施肥した。ただし、リン酸は早春時に全量を施した。刈取りは年3回行ない、1番刈りを6月24日、2番刈りを8月6日、3番刈りを9月22日に実施した。

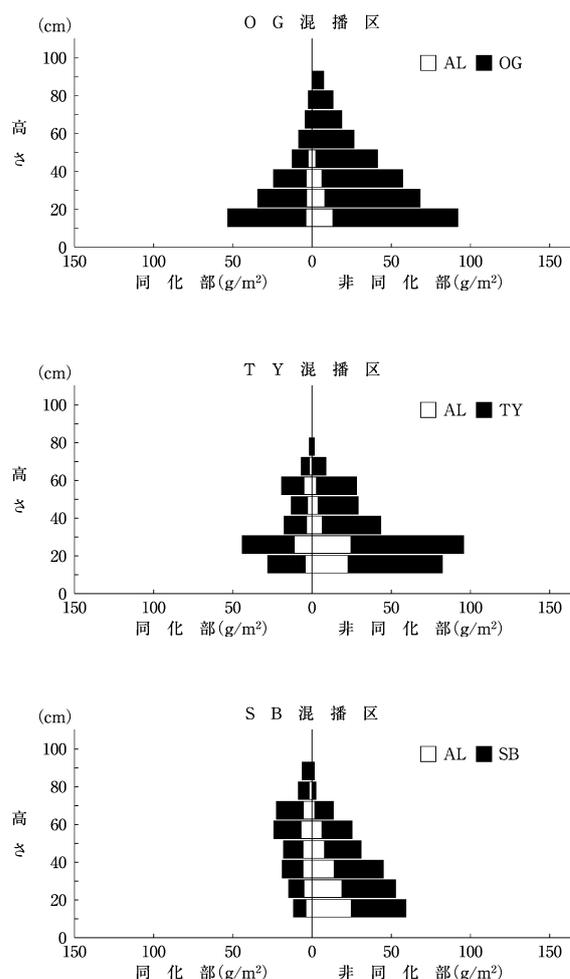
調査は3反覆のうちのIブロックで行なった。群落内の相対照度は、各刈取り日の前日に、各処理区の上層部から10cm間隔で、群落内と自然光を交互に照度を測定し、相対照度を算出した。各刈取り時に、処理区の中央部1m²を上層から10cm間隔で層別刈取りを行なった。室内で草種別に同化部(葉身)および非同化部(茎、花)に分け、70℃通風乾燥機で乾燥後、それぞれの乾物重を計量し、生産構造図を作成した。

結 果

1) 1番刈り時の生産構造および相対照度

図IV-10~11および表IV-2には1番刈り時における処理区別の生産構造および相対照度を示した。なおPR混播区は、倒伏が甚だしかったため、照度調査のみを行ない層別刈取りは実施しなかった。

AL単播区は、同化部および非同化部ともに下層ほど分布量が多い構造を示した。これに対し各混播区の生産構造は、KB混播区以外はイネ科牧草の同化部および非同化部の分布量が、それぞれのアルファルファの分布量を大きく上回り、AL単播区に比べ明らかに劣る生産構造であった。とくにOG混

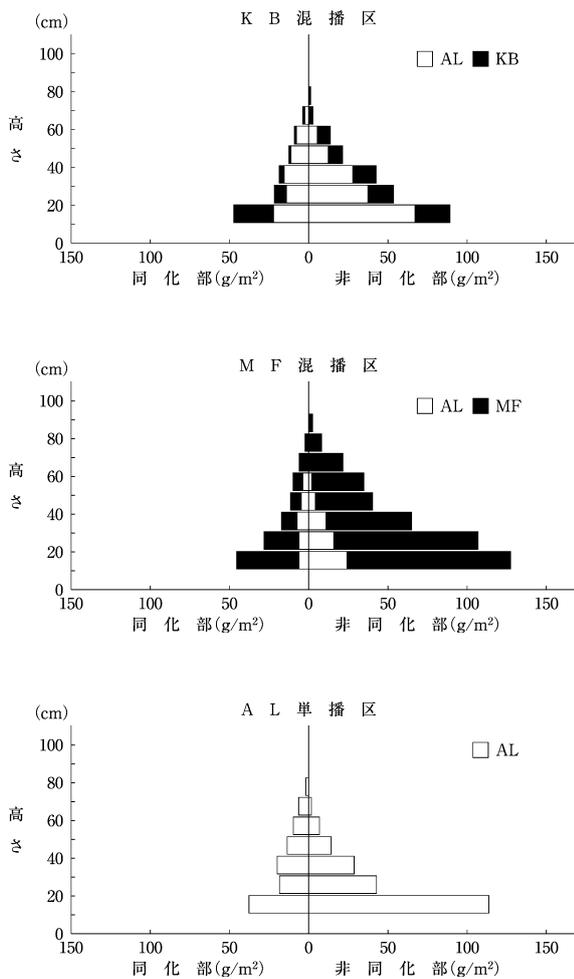


図IV-10 1番刈り時における生産構造

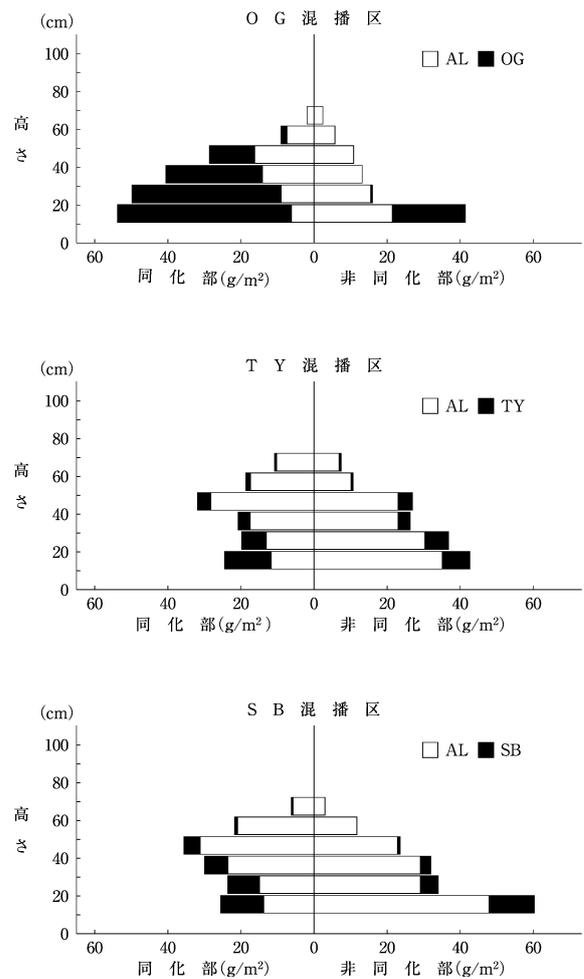
播区アルファルファは、両部位の分布量が処理区の中で最も少なかった。イネ科牧草の両部位の分布量が最も少なかったKB混播区アルファルファは、AL単播区に比べ最下層でやや少ないものの、近似した生産構造を示した。なお、ほとんどのイネ科牧草は両部位が下層で多くなる生産構造であったが、

表IV-2 1番刈り時における処理区別の相対照度 (%)

高さ (cm)	AL単播	OG混播	TY混播	SB混播	KB混播	MF混播	PR混播
100	97.1	98.3	86.1	93.1	103.0	93.0	100.0
90	95.0	87.9	84.2	83.4	97.9	86.2	99.0
80	92.4	79.8	83.4	75.3	98.6	81.1	98.7
70	92.1	65.1	73.7	54.8	96.3	71.1	101.0
60	70.7	53.9	64.6	37.0	85.2	60.8	98.3
50	42.3	37.9	40.1	28.3	48.6	41.2	92.7
40	34.4	23.1	25.6	20.2	29.7	28.4	88.3
30	22.8	10.5	13.3	13.2	20.0	13.2	30.2
20	10.4	5.7	9.4	7.1	14.9	5.4	14.1
10	6.3	2.3	4.5	5.9	8.0	4.2	4.0
0	4.0	0.5	0.9	2.5	2.5	0.8	1.3



図IV-11 1番刈り時における生産構造



図IV-12 2番刈り時における生産構造

スムーズブロングラスでは同化部が中～上層に多く分布した。

相対照度は、上層から60 cmの間において、AL単播区およびKB混播区で相対照度が高く、他の処理区はこれよりやや低い照度で直線的に減少した。とくにSB混播区は高い層から減少し、60 cm層では37%と処理区中最も低い値であった。しかし、いずれの処理区とも50 cm層から急激に減少した。PR

混播区は倒伏の影響のためか40 cmの層まで高い照度を維持した。

2) 2番刈り時の生産構造および相対照度

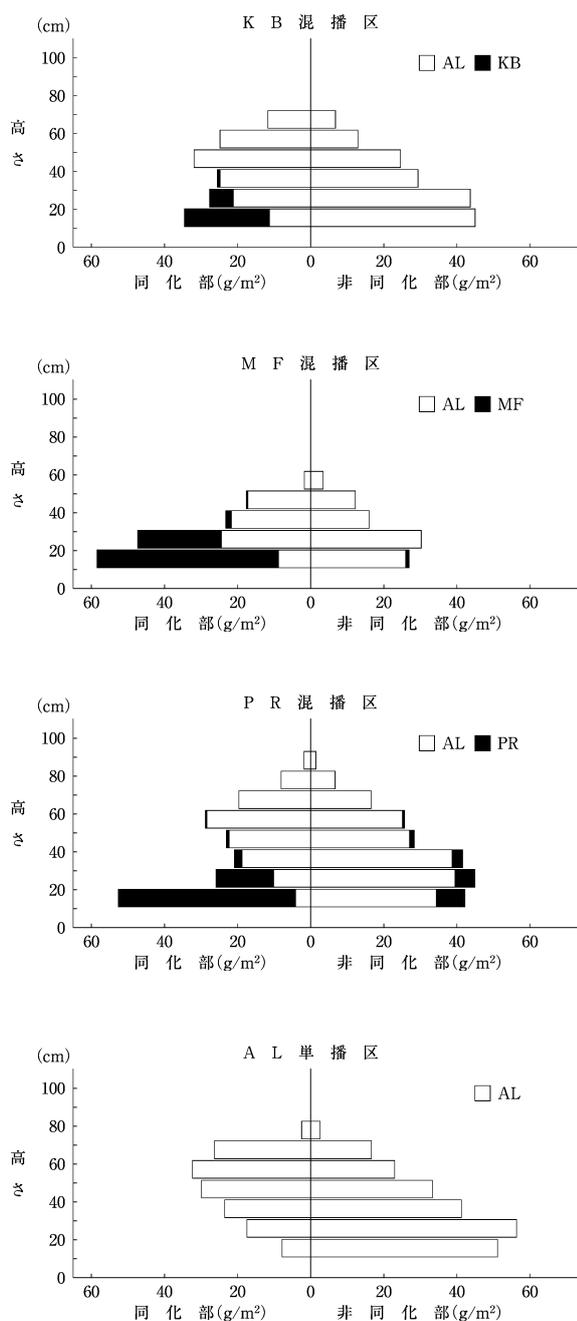
図IV-12～13および表IV-3には2番刈り時における処理区別の生産構造および相対照度を示した。

各混播区イネ科牧草の非同化部は、草種によって分布層および量が多少異なるが、いずれも1番刈り

表IV-3 2番刈り時における処理区別の相対照度

(%)

高さ (cm)	AL単播	OG混播	TY混播	SB混播	KB混播	MF混播	PR混播
80	96.7	94.7	102.7	96.7	88.9	—	87.0
70	84.2	77.9	88.7	75.7	84.0	86.1	71.6
60	42.8	77.4	87.8	70.0	73.7	80.1	61.7
50	19.5	71.5	81.6	44.5	50.9	77.1	34.9
40	8.2	50.2	33.9	26.1	27.0	67.5	20.4
30	5.0	24.3	23.3	5.5	9.0	48.3	13.9
20	4.2	8.3	13.8	3.6	4.6	24.9	9.4
10	2.5	4.7	9.5	2.6	3.7	10.5	4.6
0	2.6	2.5	4.4	2.0	2.0	4.5	2.1



図IV-13 2番刈り時における生産構造

時に比べ大きく減少した。同化部は、アルファルファの同化部が最も集中する層から下層にかけて増加する傾向を示し、オーチャードグラス、メドウフェスクおよびペレニアルライグラスで多く、チモシー、スムーズブロムグラスおよびケンタッキーブルーグラスで少なかった。なおオーチャードグラスおよびメドウフェスクの同化部総量は1番刈り時とほとんど差がなかった。

一方、アルファルファの生産構造は単播、混播にかかわらず同化部は60cm~40cmにかけて多く分

布したが、各混播区のアルファルファは単播区のアルファルファに比べやや低い層から同化部が増加した。非同化部は上層から下層へと漸増した。アルファルファの構造的な処理区間差は比較的少なかったが、OG混播区アルファルファの同化部、非同化部の分布総量は、処理区中最も少なかった。

つぎに相対照度の変化をみると、AL単播区は混播処理区に比べ高い層から急減し、60cm層では43%と処理区中もっとも低い照度であった。KB混播区、SB混播区およびPR混播区はそれより低い50cm層から急減し、MF混播区、OG混播区およびTY混播区は比較的緩やかに減少した。

3) 3番刈り時の生産構造および相対照度

図IV-14~15および表IV-4には3番刈り時における処理区別の生産構造および相対照度を示した。

混播区のイネ科牧草は、チモシー、スムーズブロムグラスおよびケンタッキーブルーグラスでは同化部が極めて少なく10~20cmの低い層に分布した。オーチャードグラス、メドウフェスクおよびペレニアルライグラスは、2番刈り時と同様な生産構造を示し、同化部の分布総量においても減少はみられなかった。なかでもオーチャードグラスは、アルファルファの同化部が集中する層から下層へ急増した。

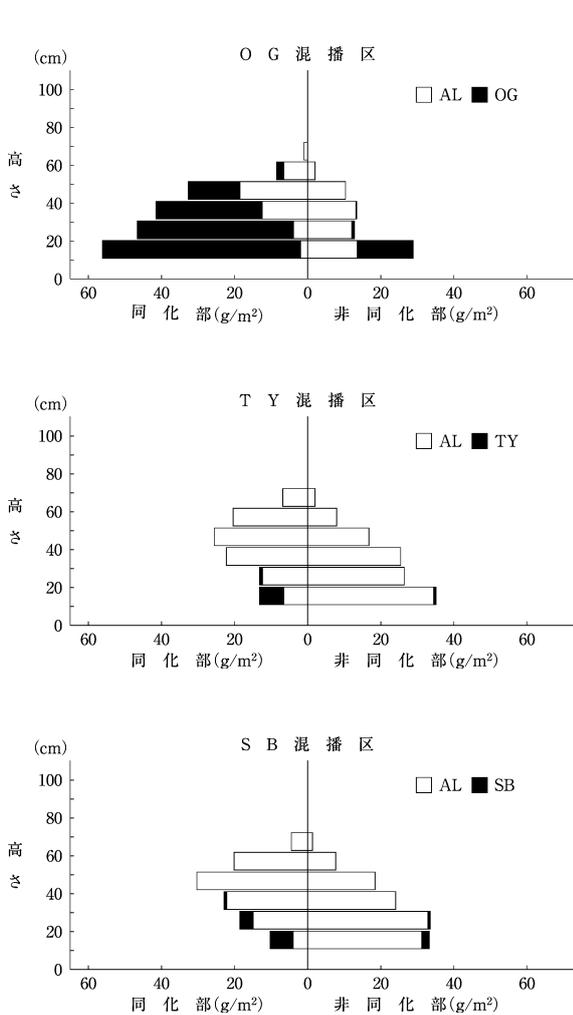
アルファルファの生産構造は単播区および混播区ともに、2番刈り時に比べ同化部、非同化部の分布量はやや減少したが、生産構造はほぼ同様な型となった。TY混播区、SB混播区およびKB混播区アルファルファの両部位の分布量は、AL単播区とほとんど差がなく、それよりやや少なかったのはMF混播区およびPR混播区で、OG混播区が最も劣った。

相対照度は、1番および2番刈り時に比べ処理区間差は比較的小さく、とくに60cm以上の層では各処理区とも約90%以上の高い照度であった。各処理区とも40cm層から急減する傾向を示したが、OG混播区はそれより低い30cm層から減少した。

考 察

本実験は、年間3回刈りの採草管理条件のもとで、相手イネ科牧草を変えて混播した場合に、アルファルファの生産構造にどのような影響をおよぼすかについて検討した。

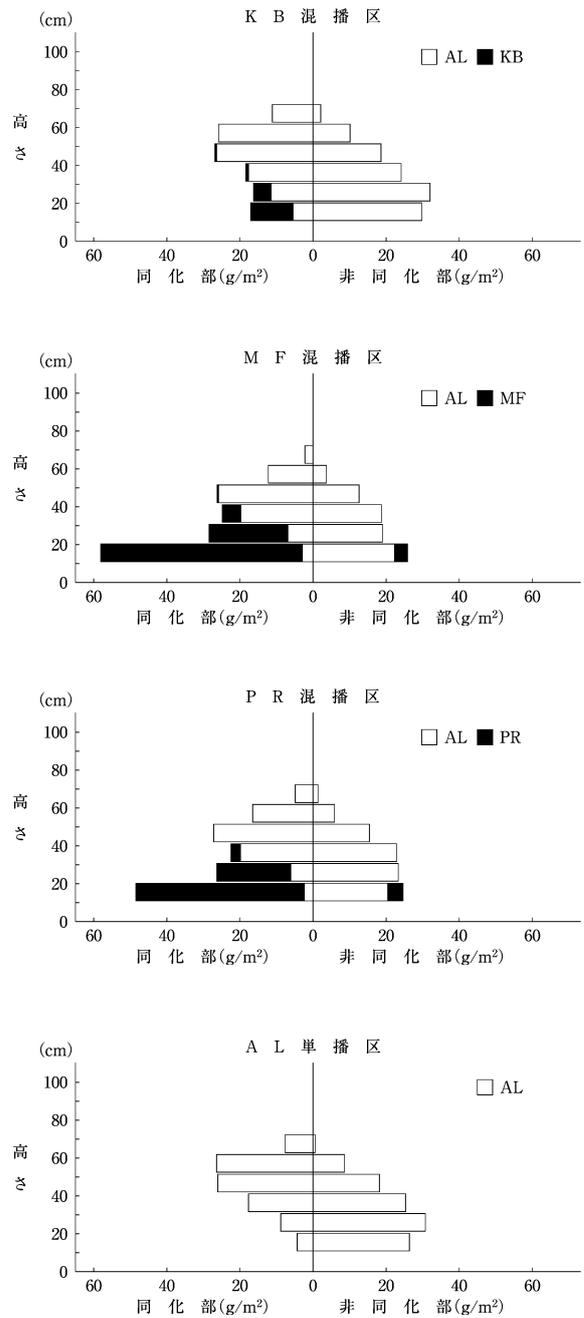
1番刈り時におけるオーチャードグラス、チモシー、スムーズブロムグラスおよびメドウフェスクの各混播区におけるアルファルファの生産構造は、AL単播区にくらべ同化部、非同化部が顕著に劣った。これに対し、これらのイネ科牧草は草高および



図IV-14 3番刈り時における生産構造

各層の分布量でアルファルファを大きく上回っている。本実験では刈取り日以前の生産構造の推移を調査していないが、イネ科牧草の節間伸長期から出穂期に至るまでの間、継続的にアルファルファが遮光され続けたことが推測され、耐陰性の弱いアルファルファは草丈、葉数、葉面積が顕著に抑制され(村山ほか 1978)、その結果生産構造が劣化したものと思われる。また、KB混播区でその影響が少なかったのは、播種後2年目であることからKBの地下茎による横への広がり未発達のため、相対的に出穂茎が少ないことが一因と考えられる。

このような1番草におけるイネ科牧草の生殖成長に伴う有利性は避け難いが、アルファルファの刈取り管理(下小路 1982)に従った早めの1番刈りにより、イネ科牧草による遮光期間を極力短くすることが重要であると思われる。また、楠谷らは(楠谷ほか 1977, 1979)、出穂時におけるイネ科牧草の草種間およびオーチャードグラスの品種間で葉群構造



図IV-15 3番刈り時における生産構造

に著しい差があり、群落内相対照度はそれぞれの構造に応じて変化することを見いだしていることから、組合せの面でも十分考慮する必要がある。

つぎに2番刈り時および3番刈り時では、ほとんどのイネ科牧草が栄養成長であるため草丈が低く、アルファルファに対する遮光の影響はほとんどなく、いずれの混播区ともAL単播区と同様、同化部が上~中層に集中し、非同化部は下層ほど増加する生産構造を示した。しかし、アルファルファの同化部が集中する層とイネ科牧草の同化部が多い層との

表Ⅳ-4 3番刈り時における処理区別の相対照度 (%)

高さ (cm)	AL単播	OG混播	TY混播	SB混播	KB混播	MF混播	PR混播
90	96.1	98.4	95.0	97.3	94.3	97.4	—
80	95.5	94.9	95.0	95.2	92.0	97.0	94.9
70	95.0	95.3	96.3	95.9	91.8	97.0	94.5
60	95.5	93.7	92.3	92.2	87.1	95.4	86.8
50	73.7	89.3	64.9	74.9	53.3	71.4	79.8
40	37.2	62.3	37.1	39.9	28.7	32.4	42.2
30	17.6	25.2	15.9	20.2	14.8	15.4	19.0
20	11.4	11.4	10.2	13.2	7.8	7.7	20.6
10	7.2	3.5	5.7	5.9	5.6	4.7	5.0
0	6.7	2.0	3.2	4.1	2.9	1.9	3.0

位置関係において草種間差がみられ、OG混播区では両者の差が少なく、この他の草種はいずれもアルファルファの葉群位置の方が高かった。このような2番草以降の構造的な差異は、下層に位置する草種の受光状態および再生に影響し、チモシーあるいはスムースブロムグラスと組合せたアルファルファ混播草地においてアルファルファが優占化する(小阪ほか 1994, 澤田 1988) 要因の一つであろうと思われた。

以上の結果をまとめると、1番刈り時では、KB混播区を除いた全ての混播区の生産構造は、イネ科牧草が優勢となり、アルファルファの同化部、非同化部とも各層において極めて少ない分布量であった。

2, 3番刈り時の生産構造は、いずれの混播区においてもアルファルファの草高がイネ科牧草を上回り、AL単播区と類似した構造となった。年間をとおして、OG混播区アルファルファの同化部、非同化部の分布量は混播区中最も少なかった。

4. 小括

アルファルファと各種イネ科牧草との混播によって、乾物収量、アルファルファの個体密度、生産構造がどのように変化するか検討し、つぎの結果が得られた。

- 1) 栽培前期3年間の乾物収量では、どの草種との組合せでも総収量は同じであった。栽培4年目以降の全収量ではオーチャードグラス、ペレニアルライグラス、メドウフェスクで高く、チモシー、スムースブロムグラスで低い値となった。
- 2) 栽培4年目からアルファルファの成育は著しく低下し、どの草種との組合せでもアルファルファ収量は減少した。
- 3) アルファルファの個体密度はオーチャードグラスとの組合せにおいて年次の経過にともない低下

した。

- 4) オーチャードグラスは再生力が早く、常にアルファルファを上回る葉群構造を示した。チモシーは高温干ばつに弱く、アルファルファの成育を抑制するに至らなかった。スムースブロムグラスは高温干ばつに強いが刈り取り後の再生力が弱く、アルファルファより低い葉群構造を示した。

第V章 牧草の粗タンパク質含有率および粗タンパク質収量に対する混播の影響

1. 粗タンパク質含有率

イネ科牧草の粗タンパク質含有率:

表V-1には各処理区のイネ科牧草の粗タンパク質含有率を示した。

1番草の粗タンパク質含有率は9.3~12.1%の範囲にあり、全イネ科牧草の平均値は $10.8 \pm 3.2\%$ であった。草種別ではケンタッキーブルーグラスが最も高く、オーチャードグラスで最も低かったが草種間差は小さかった。

2番草の粗タンパク質含有率は全草種において1番草より高まり、14.0~18.6%の範囲にあり平均で $16.2 \pm 3.7\%$ であった。草種別ではスムースブロムグラスおよびメドウフェスクで高く、オーチャードグラスでやはり低い値を示した。

3番草の粗タンパク質含有率ではさらに高まり、その範囲は13.8~21.2%であり、平均値は $16.9 \pm 4.6\%$ であった。草種別で比較すると、スムースブロムグラスで高く、オーチャードグラスが最も低い値を示した。1番草~3番草をとおしてオーチャードグラスが他の草種に比べ低い値であった。

イネ科牧草の粗タンパク質含有率は標準偏差が大きく、変動係数が20%を超えるものもあり、このことは牧草の取り扱い方によってその栄養価が大きく変動することを示唆した。

表V-1 イネ科牧草の粗タンパク質含有率

(乾物%)

牧草	1 番草		2 番草		3 番草	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
OG	9.3	1.5	14.0	2.6	13.8	3.2
TY	10.6	3.6	14.7	3.0	16.8	4.7
SB	10.3	2.3	18.4	3.9	21.2	5.5
KB	12.1	3.9	16.2	2.6	16.7	3.6
MF	11.5	3.1	18.6	3.6	17.9	4.1
PR	10.7	3.2	15.0	3.6	16.1	3.2
全体	10.8	3.2	16.2	3.7	16.9	4.6

注) OG: オーチャードグラス, TY: チモシー, SB: スムースプロムグラス,
KB: ケンタッキーブルーグラス, MF: メドウフェスク, PR: ペレニアルライグラス

アルファルファの粗タンパク質含有率:

表V-2には各処理区のアルファルファの粗タンパク質含有率を示した。

1番草の粗タンパク質含有率は17.4~19.6%の範囲にあり平均で18.4±2.7%であった。処理区別ではOG混播区のアルファルファが他の処理区に比べ若干高い値となったが、統計的な差異は認められなかった。

2番草の粗タンパク質含有率は16.5~18.6%の範囲にあり平均で17.1±2.7%であった。処理区別ではOG混播区アルファルファが他の処理区に比べ若干高い値であった。

3番草の粗タンパク質含有率は17.3~18.6%の範囲にあり、平均値は17.8±2.8%であった。処理区別ではOG混播区およびMF混播区が他の処理区に比べ若干高い値であった。1番草~3番草をとおして処理区間差および番草間差は比較的小さかった。

また、イネ科牧草に比較して、粗タンパク質含有率が高いにもかかわらず、標準偏差は小さい値を示した。アルファルファにおいては、粗タンパク質含有率は季節による変動も少なく、また処理によって含有率の変化の無いことを示した。

2. 粗タンパク質収量

1) 1番草の粗タンパク質収量

図V-1~2には1番草における各処理区の単位面積当たりの粗タンパク質収量を示した。

1番草の粗タンパク質収量は、アルファルファ粗タンパク質収量では全処理区の1995年で最大値を示した。しかし1996年以降から単播、混播にかかわらず、アルファルファの収量は著しく減少する傾向を示した。イネ科牧草粗タンパク質収量は草種により異なり、チモシー、スムースプロムグラスおよびケンタッキーブルーグラスの収量が少なかった。混播粗タンパク質収量は全処理区において1996年から減少する傾向を示した。以下、処理区別に述べる。
OG混播区:

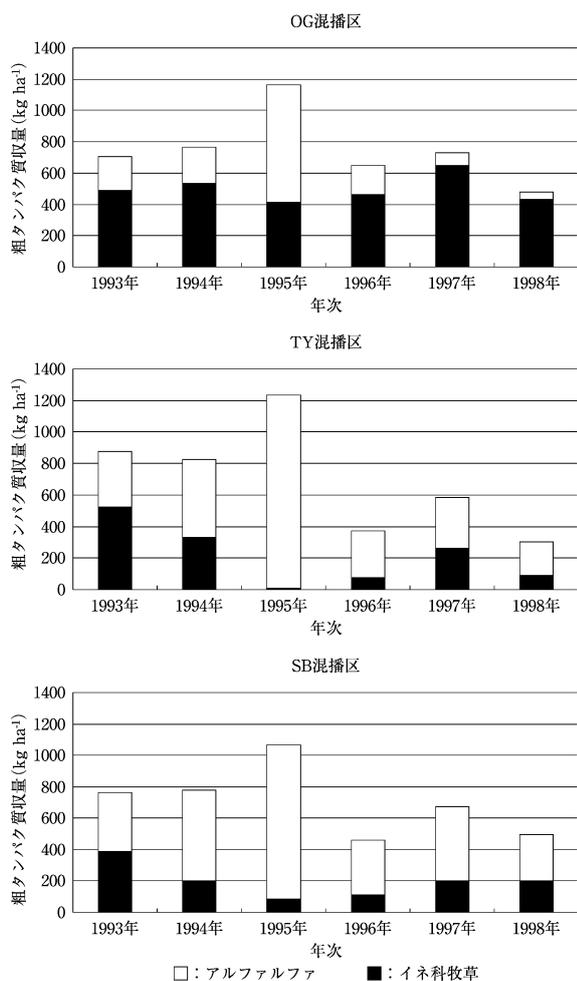
OG混播区のアルファルファ粗タンパク質収量は1995年に最大値750 kg ha⁻¹を示した。その他の年次では44~235 kg ha⁻¹の範囲にあり、とくに1997年から著しい減少を示した。OG混播区アルファルファの最小値は全混播処理区アルファルファの中で最小であった。

オーチャードグラス粗タンパク質収量は1997年に最大値の652 kg ha⁻¹を示し、他の年次では411~532 kg ha⁻¹の範囲にあった。年次間差は小さ

表V-2 アルファルファの粗タンパク質含有率

(乾物%)

処理区	1 番草		2 番草		3 番草	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
OG混播	19.6	2.3	18.6	2.3	18.6	2.1
TY混播	17.4	2.8	16.7	2.6	17.4	2.5
SB混播	18.3	2.3	17.3	2.6	17.7	3.2
KB混播	18.7	3.0	16.3	2.9	17.7	2.4
MF混播	18.7	2.2	17.1	2.8	18.2	2.5
PR混播	18.4	2.1	17.2	2.8	17.6	3.4
AL単播	17.6	3.2	16.5	2.3	17.3	2.8
全体	18.4	2.7	17.1	2.7	17.8	2.8



図V-1 1番草の粗タンパク質収量

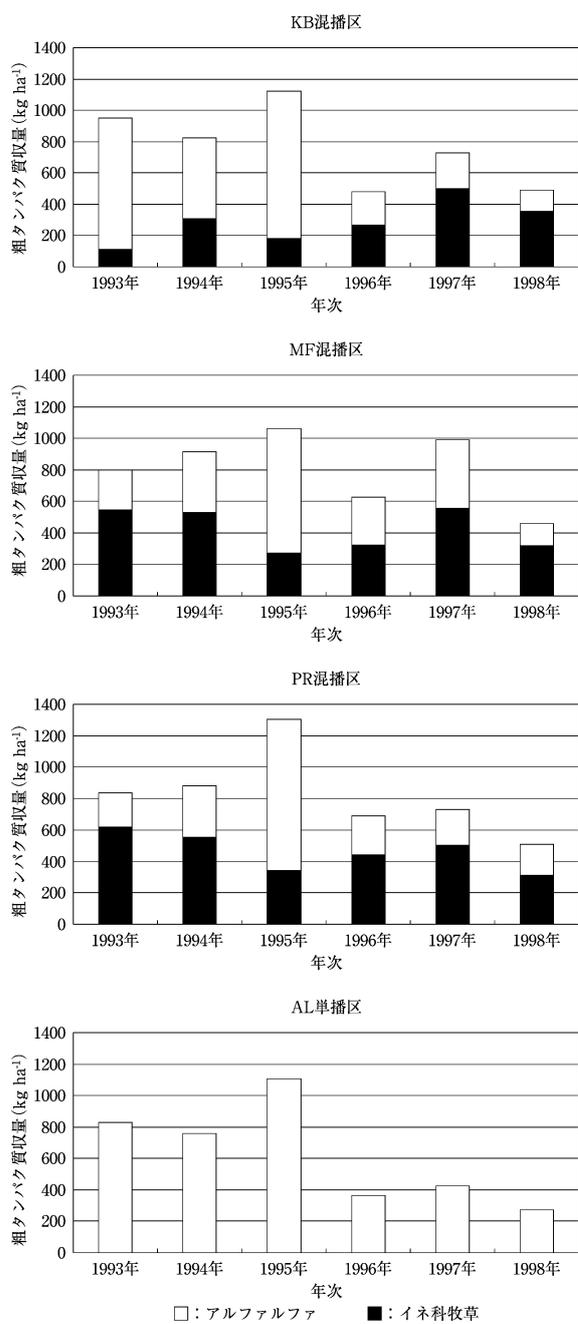
かった。またオーチャードグラスの最大値は全混播処理区のイネ科牧草中で最大であった。

混播粗タンパク質収量は、オーチャードグラスの年次間差が小さかったためアルファルファの最も多かった1995年に最大値1161 kg ha⁻¹を示し、アルファルファが最小であった1998年に最小値479 kg ha⁻¹を示した。他の年次では648~767 kg ha⁻¹の範囲にあった。

TY混播区：

TY混播区のアルファルファ粗タンパク質収量は、播種後3年目まで経年的に増加して1995年に最大値1226 kg ha⁻¹を示し、その後216~324 kg ha⁻¹の範囲で減少した。TY混播区アルファルファの最大値は全混播処理区アルファルファ粗タンパク質収量の中で最大であった。

チモシー粗タンパク質収量は播種後1年目の1993年に最大値524 kg ha⁻¹を、3年目の1995年には最小値10 kg ha⁻¹を示し、播種後早い年次から減少する傾向がみられた。チモシーの最小値は全混播



図V-2 1番草の粗タンパク質収量

処理区のイネ科牧草粗タンパク質収量中で最小であった。

混播粗タンパク質収量は、チモシーが最小でアルファルファが最大であった1995年に最大値1236 kg ha⁻¹を示し、アルファルファが最小であった1998年に最小値305 kg ha⁻¹を示した。TY混播区の混播粗タンパク質収量は、1995年からその大半はアルファルファによるものであった。

SB混播区：

SB混播区のアルファルファ粗タンパク質収量は

播種後3年目まで経年的に増加して1995年に最大値 981 kg ha^{-1} を示し、その他の年次ではTY混播区アルファルファよりやや多い $294 \sim 574 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲であった。

スムーズプロムグラス粗タンパク質収量は1993年に最大値 389 kg ha^{-1} 、1995年に最小値 85 kg ha^{-1} を示し、その他の年次では $109 \sim 204 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲にあった。

混播区粗タンパク質収量は1995年までは $765 \sim 1066 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で多かったが、その後 $458 \sim 672 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で減少した。

KB混播区：

KB混播区のアルファルファ粗タンパク質収量は、他の混播処理区と異なり播種後1年目から多収となり1995年に最大値 939 kg ha^{-1} を示した。しかしその後は $200 \sim 247 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で大きく減少した。

ケンタッキーブルーグラス粗タンパク質収量は播種後1年目の1993年に最小値を示し、1997年の5年目に最大値 503 kg ha^{-1} となり、他のイネ科牧草と異なり経年的に増加する傾向がみられた。

混播粗タンパク質収量は、前半の3年目まで主としてアルファルファの粗タンパク質収量によって $823 \sim 1122 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で多収を示した。1996年からはケンタッキーブルーグラスの増加よりもアルファルファの減少が著しいため $480 \sim 729 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で減少した。

MF混播区：

MF混播区のアルファルファ粗タンパク質収量は、1995年に最大値 792 kg ha^{-1} 、1998年に最小値 144 kg ha^{-1} を示した。その他では $253 \sim 436 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲にあり年次間差が小さかった。メドウフェスク粗タンパク質収量は1995年には最小値 272 kg ha^{-1} を示し、その後増加して1997年に最大値 555 kg ha^{-1} を示した。

混播粗タンパク質収量は、前半の3年間では経年的に増加して1995年に最大値 1064 kg ha^{-1} を示した。年次後半の1998年に最小値 462 kg ha^{-1} を示した。

PR混播区：

PR混播区のアルファルファ粗タンパク質収量は1995年に著しく増加して最大値 962 kg ha^{-1} を示した。他の年次では $200 \sim 324 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲にあり年次間差は小さかった。

ペレニアルライグラス粗タンパク質収量は1993年に最大値 622 kg ha^{-1} を示した。その後経年的に緩やかに減少して1998年に最小値 310 kg ha^{-1} を

示した。

混播粗タンパク質収量は、最大値 1303 kg ha^{-1} を示した1995年を除いて経年的に緩やかに減少し、1998年に最小値 510 kg ha^{-1} を示した。なお両草種合計の粗タンパク質収量で示された最大値は、全処理区の中でも最大であった。

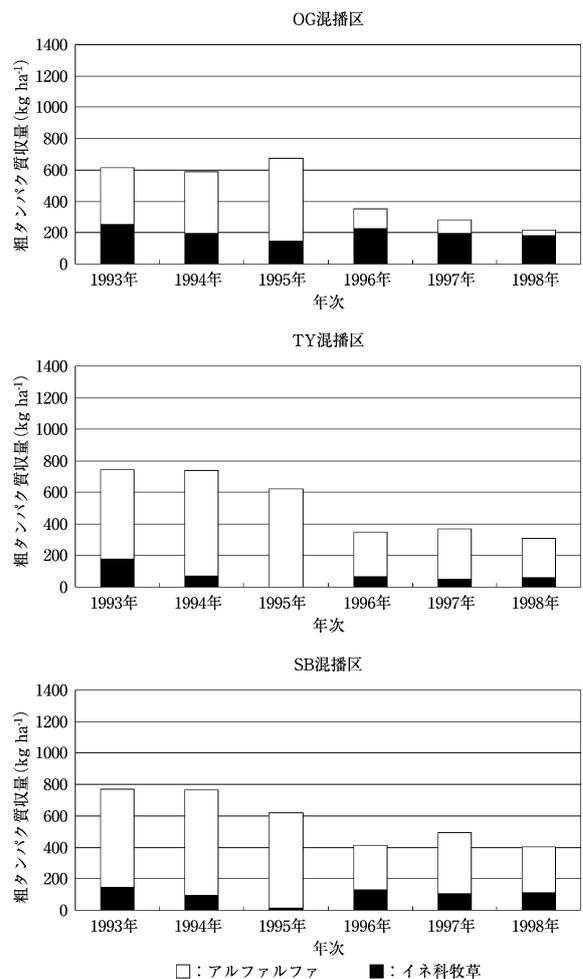
AL単播区：

AL単播区のアルファルファ粗タンパク質収量は、年次前半の3年目までは混播処理区の混播粗タンパク質収量とほぼ同等の値で推移し1995年に最大値 1106 kg ha^{-1} を示した。その後は著しく減少して混播処理区より少なく推移し、1998年に最小値 274 kg ha^{-1} を示した。なお最小値は全処理区の中でも最小であった。

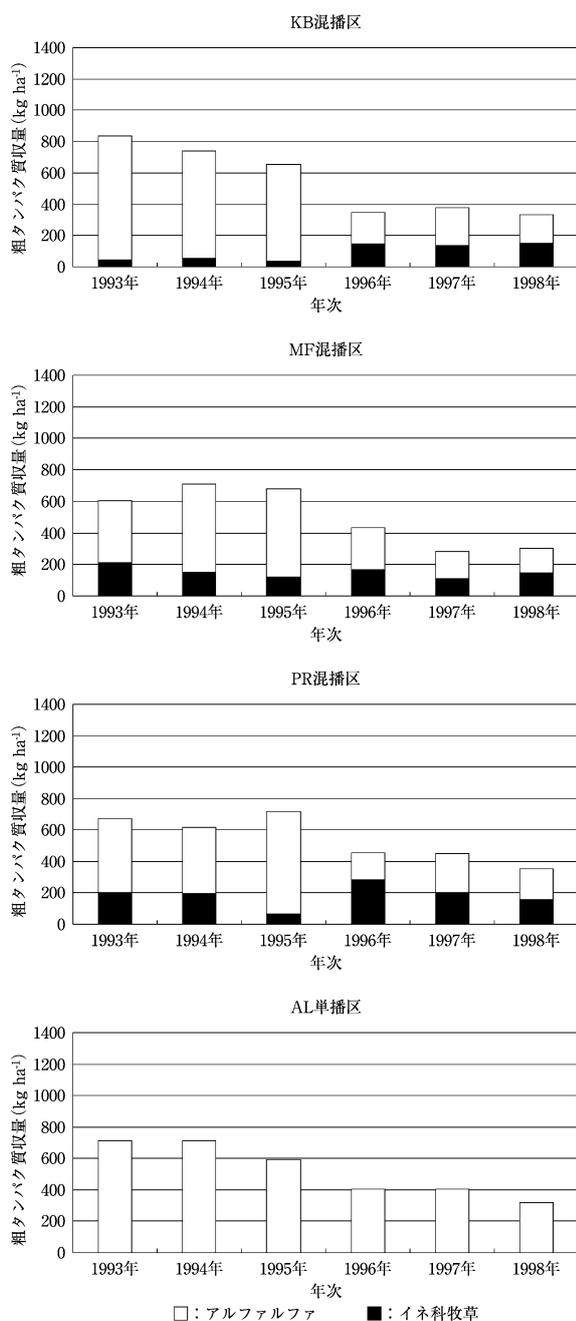
2) 2番草の粗タンパク質収量

図V-3～4には2番草における各処理区の単位面積当たりの粗タンパク質収量を示した。

2番草の粗タンパク質収量は、アルファルファ粗タンパク質収量では全処理区の1995年で1番草よ



図V-3 2番草の粗タンパク質収量



図V-4 2番草の粗タンパク質収量

り大きく減少したが、他の年次では1番草とほぼ同等の収量であった。しかし1996年以降のアルファルファの減少は1番草と同様であった。イネ科牧草粗タンパク質収量では全混播処理区において1番草より減少した。以下、処理区別に述べる。

OG混播区：

OG混播区アルファルファ粗タンパク質収量は1996年から著しく減少して1998年に最小値35 kg ha⁻¹を示した。ここで示された最小値は1番草と同様に全混播処理区のアルファルファ粗タンパク質収

量の中でも最小であった。

オーチャードグラス粗タンパク質収量は、年次間差は小さく最小値147 kg ha⁻¹(1995年)から最大値251 kg ha⁻¹(1993年)の範囲であった。各年次において1番草の30~52%の収量であった。

したがって混播粗タンパク質収量においても、アルファルファ粗タンパク質収量と同様の傾向を示し1998年に最小値218 kg ha⁻¹を示した。なおOG混播区の混播粗タンパク質収量の最小値は全処理区の中でも最小であった。

TY混播区：

TY混播区のアルファルファ粗タンパク質収量は、1995年を除いた他の年次では1番草とほぼ同等の収量を示した。前半の3年では564~671 kg ha⁻¹の範囲で多かったが、その後では前半3年間の1/2程度に減少して1998年に最小値246 kg ha⁻¹を示した。

チモシー粗タンパク質収量は各年次において1番草より大きく減少した。播種後1年目の1993年に最大値176 kg ha⁻¹を示したが、翌年の1994年から著しく減少した。

混播粗タンパク質収量は、その大半がアルファルファの粗タンパク質収量であるためアルファルファ粗タンパク質収量の推移と同様の傾向を示した。

SB混播区：

SB混播区のアルファルファ粗タンパク質収量は1996年からそれまでの1/2程度の収量に減少し、TY混播区のアルファルファと同様の傾向を示した。

スムースブロムグラス粗タンパク質収量は1番草より減少し、1995年に最小値18 kg ha⁻¹を示した。他の年次では94~148 kg ha⁻¹の範囲にあり年次間差は小さかった。

混播粗タンパク質収量は1993年の最大値769 kg ha⁻¹から1998年の最小値401 kg ha⁻¹へと経年的に減少した。

KB混播区：

KB混播区のアルファルファ粗タンパク質収量は1番草とほぼ同等の収量であった。1993年の最大値790 kg ha⁻¹から1995年まで漸減し、1996年からはそれまでの1/3程度に減少した。

ケンタッキーブルーグラス粗タンパク質収量は1996年から増加して1998年に最大値149 kg ha⁻¹を示した。これは1番草の1/3程度の値であった。混播粗タンパク質収量においてもアルファルファ粗タンパク質収量と同様の経年変化を示した。

MF 混播区：

MF 混播区のアルファルファ粗タンパク質収量は1番草と近似した収量を示し、1993年から漸増して1995年に最大値 653 kg ha^{-1} を示したが、その後大きく減少した。

メドウフェスク粗タンパク質収量は1番草収量の20～52%に減少した。最小値 111 kg ha^{-1} (1997年)～最大値 209 kg ha^{-1} (1993年)の範囲にあり年次間差は小さかった。混播粗タンパク質収量はアルファルファ粗タンパク質収量と同様の推移を示した。

PR 混播区：

PR 混播区のアルファルファ粗タンパク質収量は1番草とほぼ同等の収量を示し、1995年までは $419\sim 653 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で多く、その後 $173\sim 250 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で減少した。

ペレニアルライグラス粗タンパク質収量は1番草収量の19～64%に減少し、 $156\sim 284 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲にあり1995年を除いて年次間差は小さかった。混播粗タンパク質収量は1995年まで $615\sim 717 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で多く、その後 $352\sim 457 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で減少した。

AL 単播区：

AL 単播区のアルファルファ粗タンパク質収量は、1番草よりやや低い値を示した。経年の変化は、混播処理区のアルファルファと同様に1995年までは $589\sim 714 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で多く推移し、1996年からは $319\sim 405 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で減少した。

3) 3番草の粗タンパク質収量

図V-5～6には3番草における各処理区の単位面積当たりの粗タンパク質収量を示した。

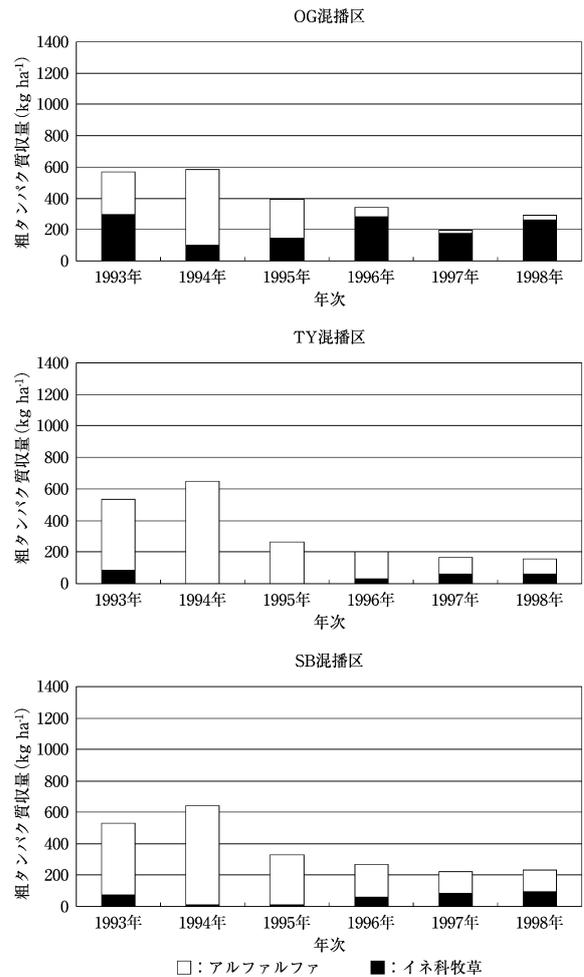
3番草の粗タンパク質収量は、アルファルファ粗タンパク質収量では全処理区において2番草より減少した。また1, 2番草に比べて1年早い1995年から大きく減少する傾向を示した。イネ科牧草粗タンパク質収量では2番草に比較してチモシー、スームスプロムグラスで減少し、他の草種ではほぼ同等の収量であった。以下、処理区別に述べる。

OG 混播区：

OG 混播区のアルファルファ粗タンパク質収量は1994年の 486 kg ha^{-1} をピークにその後減少し、とくに1996年からは $20\sim 61 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で著しく減少した。

オーチャードグラス粗タンパク質収量は1994年に最小値 99 kg ha^{-1} を示した。その他の年次では $146\sim 296 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲にあり年次間差は小さく、2番草とほぼ同等であった。

混播粗タンパク質収量は、アルファルファが減少



図V-5 3番草の粗タンパク質収量

した1995年から減少し、とくに後半3年間の粗タンパク質収量はほとんどがオーチャードグラスによるものであった。

TY 混播区：

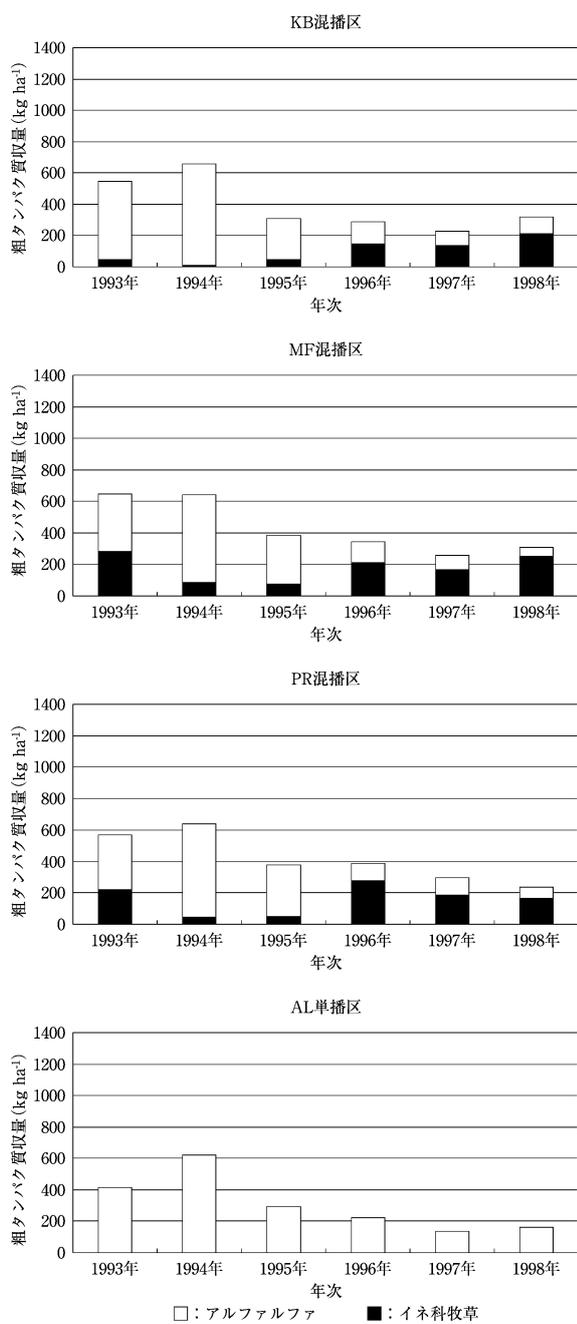
TY 混播区アルファルファ粗タンパク質収量は、1994年までは $448\sim 648 \text{ kg ha}^{-1}$ で1, 2番草と大差がなかったが、その後は $96\sim 258 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で減少した。

チモシー粗タンパク質収量は各年次において極めて少なく $1\sim 85 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲であった。混播粗タンパク質収量は、ほぼアルファルファ粗タンパク質収量と同様の傾向を示し、1995年から $157\sim 260 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で減少した。

SB 混播区：

SB 混播区のアルファルファ粗タンパク質収量は、TY 混播区のアルファルファと同様の傾向を示し、1995年から $136\sim 318 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で減少した。

スームスプロムグラス粗タンパク質収量は $8\sim 96$



図V-6 3番草の粗タンパク質収量

kg ha⁻¹の範囲にあり、各年次において2番草より減少した。混播粗タンパク質収量はアルファルファ収量と同様の傾向を示し、1995年から221~328 kg ha⁻¹の範囲で減少した。

KB混播区：

KB混播区のアルファルファ粗タンパク質収量は、1994年までは1, 2番草よりやや少ない547~657 kg ha⁻¹の範囲であったが、1996年からは226~316 kg ha⁻¹の範囲で減少した。

ケンタッキーブルーグラス粗タンパク質収量は各

年次において2番草と同様の収量を示し、1996年から137~214 kg ha⁻¹の範囲で増加した。混播粗タンパク質収量は1995年からアルファルファ粗タンパク質収量の減少により著しく低下した。

MF混播区：

MF混播区のアルファルファ粗タンパク質収量で1994年までは2番草とほぼ同等であり、1995年で半減しその後は59~131 kg ha⁻¹の範囲で大きく減少した。

メドウフェスク粗タンパク質収量は1994年、1995年で2番草より減少したが、その他の年次では2番草より若干多く167~284 kg ha⁻¹の範囲であった。混播粗タンパク質収量は、アルファルファ収量の減少にともない1995年から大きく減少した。

PR混播区：

PR混播区のアルファルファ粗タンパク質収量はMF混播区アルファルファの粗タンパク質収量とほぼ同様の傾向を示し、1995年以降の減少が著しかった。

ペレニアルライグラス粗タンパク質収量は、1994年で減少した以外はほぼ2番草と同様の収量を示し、後半における低下はみられなかった。混播粗タンパク質収量においても1995年に大きく減少しその後も緩やかに低下した。

AL単播区：

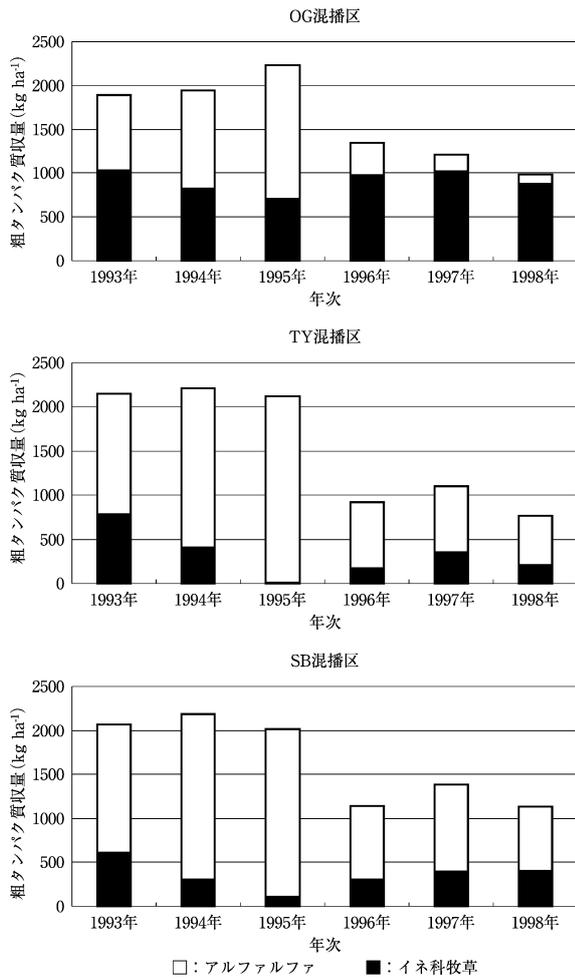
AL単播区のアルファルファ粗タンパク質収量は、混播処理区アルファルファと同様の経年変化を示し、1995年から著しく減少した。

4) 年合計の粗タンパク質収量

図V-7~8には年合計における各処理区の単位面積当たりの粗タンパク質収量を示した。

アルファルファの粗タンパク質収量は、各番草において単播、混播に拘らず播種後4年目の1996年から大きく減少した。最も顕著に減少したのはOG混播区アルファルファであり、イネ科草種により異なることが認められた。またアルファルファの粗タンパク質収量は1, 2番草間で大差がなく3番草でやや低下し、イネ科牧草に比べて番草間差は小さかった。

イネ科牧草の粗タンパク質収量は、全ての草種において1番草が最も多く、2番草から大きく減少した。しかし、チモシーでは早めの年次から減少し、ケンタッキーブルーグラスでは年次後半に増加し、他の草種では年次間差が小さいなど、経年変化においては草種間差がみられた。以下に、処理区別に年合計粗タンパク質収量を述べる。



図V-7 年合計の粗タンパク質収量

OG 混播区：

OG 混播区のアルファルファ粗タンパク質収量は、前半の3年目まで経年的に増加して1995年に最大値1526 kg ha⁻¹を示した。その後368~109 kg ha⁻¹の範囲で顕著に減少した。

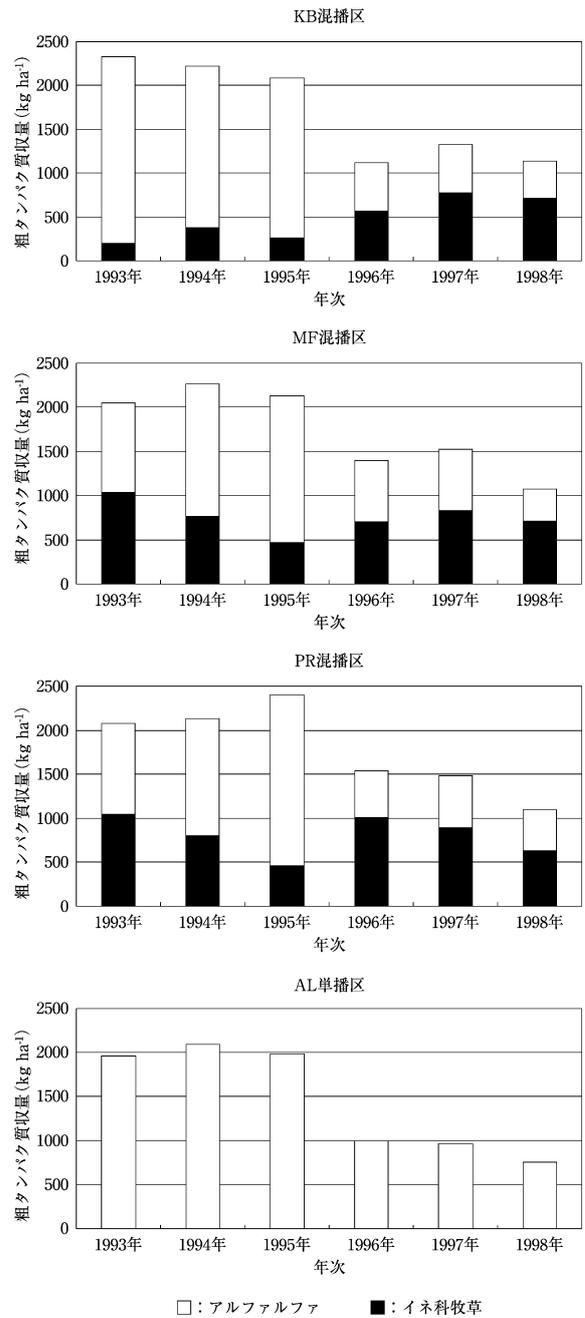
これに対し、オーチャードグラス粗タンパク質収量は最小値704 kg ha⁻¹ (1995年) ~最大値1033 kg ha⁻¹ (1993年)の範囲にあり、経年変化および年次後半の減少もわずかであった。

混播粗タンパク質収量は、播種後3年目に最大値2230 kg ha⁻¹を示したが、その後はアルファルファ収量の影響により1334~990 kg ha⁻¹の範囲で減少した。

TY 混播区：

TY 混播区の粗タンパク質収量は、年次前半の3年では経年的にチモシー収量が13~785 kg ha⁻¹の範囲で顕著に減少したのに対し、アルファルファ収量では1362~2106 kg ha⁻¹の範囲で増加した。

年次後半の3年ではチモシー収量の増加はほとん



図V-8 年合計の粗タンパク質収量

どなく、さらにアルファルファ収量が著しく減少した。そのため混播粗タンパク質収量は、1995年までは2119~2214 kg ha⁻¹の範囲で多かったが、その後は770~1099 kg ha⁻¹の範囲で半減した。

SB 混播区：

SB 混播区の粗タンパク質収量は、アルファルファ収量、スムーズプロムグラス収量および混播収量において、TY 混播区のそれらとほぼ同様な収量および経年変化を示した。

KB 混播区：

KB 混播区のアルファルファ粗タンパク質収量は、他の混播処理区より早い播種後1年目に最大値 2129 kg ha^{-1} を示したが、1996年からの著しい減少は他の処理区と同様であった。

ケンタッキーブルーグラス粗タンパク質収量は、播種後1年目(1993年)の最小値 202 kg ha^{-1} から播種後5年目(1997年)の最大値 777 kg ha^{-1} へと経年的に増加し、他のイネ科牧草とは異なる傾向を示した。混播粗タンパク質収量は、1995年までの $2083 \sim 2331 \text{ kg ha}^{-1}$ から、1996年以降の $1117 \sim 1331 \text{ kg ha}^{-1}$ へと減少した。

MF 混播区：

MF 混播区のアルファルファ粗タンパク質収量は、他の混播処理区と同様に1996年から $361 \sim 698 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で減少した。

メドウフェスク粗タンパク質収量は1993年に最大値 1036 kg ha^{-1} を、1995年に最小値 467 kg ha^{-1} をそれぞれ示した以外は、年次間差が小さく $700 \sim 833 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲であった。混播粗タンパク質収量は1995年までの $2046 \sim 2269 \text{ kg ha}^{-1}$ から、1996年以降の $1076 \sim 1391 \text{ kg ha}^{-1}$ へと減少した。

PR 混播区：

PR 混播区のアルファルファ粗タンパク質収量は、1995年までは $1036 \sim 1942 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で経年的に増加したが、その後 $464 \sim 698 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で減少した。

ペレニアルライグラス粗タンパク質収量は1995年に最小値 467 kg ha^{-1} を示したが、その他では比較的年次間差は小さく経年的な減少も緩やかであった。混播粗タンパク質収量においても、前半の年次では $2081 \sim 2397 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で多かったが、後半では $1097 \sim 1536 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で減少した。

AL 単播区：

AL 単播区のアルファルファ粗タンパク質収量は、1995年の播種後3年目までは $1960 \sim 2095 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲で多かったが、1996年から混播処理区のアルファルファと同様に大きく減少した。

5) 6年間の平均粗タンパク質収量

表V-3には各処理区の単位面積当たり平均粗タンパク質収量(6年間)を示した。

アルファルファの粗タンパク質収量は単播、混播にかかわらず播種後4年目(1996年)から大きく減少した。その減少程度はOG混播区で最も顕著であった。

一方、イネ科牧草の粗タンパク質収量は、草種によって収量および経年変化が異なった。オーチャー

ドグラス、ペレニアルライグラスおよびメドウフェスクの粗タンパク質収量は多く、しかも年次の経過にともなう減少は小さかった。チモシーでは播種後初期からの減少が著しく、スムーズプロムグラスでは全年次をとおして少なかった。ここでは6年間の平均粗タンパク質収量によって処理区間差を述べる。

1 番草の粗タンパク質収量：

1 番草のアルファルファ粗タンパク質収量は、 $252 \sim 508 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲にあり、平均で $412 \pm 315 \text{ kg ha}^{-1}$ であった。SB混播区、TY混播区およびKB混播区で多収を示し、次いでMF混播区およびPR混播区の順となり、OG混播区で最も少なかった。

イネ科牧草粗タンパク質収量は $195 \sim 497 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲にあり、平均で $347 \pm 201 \text{ kg ha}^{-1}$ であった。オーチャードグラス、ペレニアルライグラスおよびメドウフェスクは他の3草種に比べて明らかに多収であった。

各混播タンパク質収量およびAL単播粗タンパク質収量は、 $626 \sim 825 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲にあり、平均で $740 \pm 290 \text{ kg ha}^{-1}$ であった。イネ科牧草が多収で、アルファルファが中間的な収量を示したPR混播区とMF混播区で多収を示し、次いでOG混播区、TY混播区およびSB混播区の順となり、AL単播区が最小であった。

2 番草の粗タンパク質収量：

2 番草のアルファルファ粗タンパク質収量は $254 \sim 476 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲にあり、平均で $391 \pm 222 \text{ kg ha}^{-1}$ であった。各混播処理区におけるアルファルファ収量は1番草に近い値であったため、1番草と同様の順位を示してOG混播区で最も少なかった。

イネ科牧草粗タンパク質収量は $71 \sim 200 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲にあり、平均で $134 \pm 82 \text{ kg ha}^{-1}$ であった。草種の順位は1番草と同様で、全草種において1番草より大きく減少した。オーチャードグラスおよびペレニアルライグラスで多く、チモシーで少なかった。

各混播タンパク質収量およびAL単播粗タンパク質収量は、 $455 \sim 577 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲にあり、平均で $525 \pm 189 \text{ kg ha}^{-1}$ であった。OG混播区で最小値を示し、その他の処理区間では大差がなかった。

3 番草の粗タンパク質収量：

3 番草のアルファルファ粗タンパク質収量は $186 \sim 315 \text{ kg ha}^{-1}$ の範囲にあり、平均で $265 \pm 202 \text{ kg ha}^{-1}$ であった。全処理区において2番草より減少した。順位は1、2番草と同様にOG混播区が最も少なかった。TY混播区、KB混播区で減少したた

表V-3 6年間の平均粗タンパク質収量

(kg ha⁻¹)

番草	処理区	イネ科牧草		アルファルファ		合計	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
1 番草	OG混播	497	111	252	248	749	220
	TY混播	215	201	484	378	700	367
	SB混播	198	120	508	273	706	232
	KB混播	288	173	478	346	765	262
	MF混播	424	200	385	256	809	281
	PR混播	463	143	362	286	825	263
	AL単播					626	324
	全 体	347	201	412	315	740	290
2 番草	OG混播	200	41	254	188	455	184
	TY混播	71	61	451	187	522	196
	SB混播	102	67	476	189	577	166
	KB混播	95	72	452	273	547	215
	MF混播	151	78	351	204	502	193
	PR混播	183	76	361	193	544	153
	AL単播					524	185
	全 体	134	82	391	222	525	189
3 番草	OG混播	210	86	186	180	397	149
	TY混播	39	45	287	210	324	201
	SB混播	56	57	315	189	371	164
	KB混播	101	93	290	224	390	163
	MF混播	178	107	252	189	430	163
	PR混播	158	95	260	190	418	146
	AL単播					308	183
	全 体	125	105	265	202	377	173
年合計	OG混播	908	174	693	543	1600	472
	TY混播	323	280	1222	622	1545	659
	SB混播	356	215	1298	551	1654	478
	KB混播	484	306	1220	780	1703	547
	MF混播	753	333	988	557	1741	500
	PR混播	805	251	983	568	1788	481
	AL単播					1459	616
	全 体	605	350	1067	643	1642	551

め処理区間差は小さかった。

イネ科牧草粗タンパク質収量は 39~210 kg ha⁻¹ の範囲にあり、平均で 125±105 kg ha⁻¹ であった。チモシーおよびスームスブロムグラスは顕著に少なく、他の草種では 2 番草とほぼ同等の収量で順位も同様であった。

各混播粗タンパク質収量および AL 単播粗タンパク質収量は、308~430 kg ha⁻¹ の範囲にあり、平均で 377±173 kg ha⁻¹ であった。MF 混播区≧PR 混播区>OG 混播区≧KB 混播区≧SB 混播区≧TY 混播区>AL 単播区の順に多く、1 番草と同様の順位を示した。

年合計の粗タンパク質収量：

年合計のアルファルファ粗タンパク質収量は 693~1298 kg ha⁻¹ の範囲にあり、平均で 1067±643 kg ha⁻¹ であった。TY 混播区、SB 混播区および KB 混播区で多く、次いで PR 混播区および MF 混播区の順となり、OG 混播区が最小となり、イネ科牧草とほぼ逆の順位であった。

イネ科牧草粗タンパク質収量では 323~908 kg ha⁻¹ の範囲にあり、平均で 605±350 kg ha⁻¹ であった。オーチャードグラス>ペレニアルライグラス>メドウフェスク>ケンタッキーブルーグラス>スームスブロムグラス≧チモシーの順に多く、上位 3 草種と下位 3 草種の差は明らかであった。

各混播粗タンパク質収量および AL 単播粗タンパク質収量は、1459~1788 kg ha⁻¹ の範囲にあり、平均で 1642±551 kg ha⁻¹ であった。PR 混播区≧MF 混播区>KB 混播区>SB 混播区>OG 混播区>TY 混播区>AL 単播区の順に多かった。

3. 考察

体重 600 Kg の泌乳牛で乳量 20~30 kg/日の場合に必要な粗タンパク質含量は、15~16%が必要であるとされている (NRC 1988)。本実験のアルファルファ粗タンパク質含有率に対するイネ科牧草の組合せの影響はほとんどなく、年間をとおして約 18% の値を示した。

一方、年間で最も多収量を示す 1 番草のイネ科牧草粗タンパク質含有率は約 10% であり、イネ科牧草の単播ではその必要量に満たない。そのため収量を確保しながら自給粗飼料の品質を高めるためには粗タンパク質含有率の高いマメ科牧草との混播が重要である (大下 1998, 2000) と考えられる。

年合計の混播粗タンパク質収量はイネ科牧草の組合せによる顕著な差はみられなかった。しかしアルファルファ粗タンパク質収量は、OG 混播区がほかの処理区に比べて顕著な減少を示した。このことから本実験の範囲内では、オーチャードグラスは品質の高い粗飼料を確保するためのアルファルファ混播草地のイネ科牧草として好ましくないと考えられた。

4. 小括

牧草の粗タンパク質含有率と粗タンパク質収量に対する混播の影響を検討し、つぎの結果が得られた。

- 1) アルファルファの粗タンパク質含有率は 18% と常に高く、組合せ草種や季節による差異は認められなかった。しかしながら、粗タンパク質の収量では、すでに明らかにした乾物収量と類似した傾向を示した。
- 2) 栽培年次では、栽培後期 3 年間の粗タンパク質収量はアルファルファの収量と比例して低下した。
- 3) 1 番草のイネ科牧草の粗タンパク質含有率は約 10% であり、2, 3 番草の含有率は 16% 以上の高い値を示した。しかし、総粗タンパク質収量では収量に勝る 1 番草が最も高い値を示した。

第 VI 章 牧草のミネラル組成

植物と異なり、動物は独立栄養を営まないため、その栄養源は一定の期間独立栄養を営む植物にすべ

ての栄養の源がある。植物と動物では必須元素に共通性があるが、ある面では全く異なるところも存在する。表 VI-1 には植物と動物の必須元素を示す (高橋 2001)。

植物と動物では多くの点で、共通する必須元素をもつが、かなり異なる元素も存在する。すなわち、多量元素では、ナトリウム (Na) は植物にとって必要とされていないが必須の栄養素であるばかりでなく、カリウム (K) 含有率の高い植物を栄養源とする動物にとってはカリウムとのバランスからもナトリウムの摂取は不可欠である。また、土壌-植物-動物の循環を考える場合、土壌には必要以上にナトリウムが施用されるので、その収奪も健全な土壌を維持する上に必要である。

動物は進化の過程で、体を支えるために体内にリン酸カルシウムによる骨格を持つようになった。そのため多量のカルシウムとリン酸を必要とする。当然ながら多量の泌乳をする乳牛にとっては、十分なカルシウム、リンおよびマグネシウムの補給が必要となってくる。

一方、微量元素では、ヨウ素 (I)、コバルト (Co)、セレン (Se)、クロム (Cr)、スズ (Sn)、バナジウム (V)、フッ素 (F)、ヒ素 (As) など植物に必要とされない多くの元素が動物では必要とされる。このような植物と動物の必須元素の相違は栄養の循環からみると多くの問題をもたらす可能性がある。

今回の研究では、微量元素はマンガ、鉄、銅、亜鉛のみの検討にとどめた。しかし、他の必須微量元素についてもその重要性は変わらない。土壌によって含有率の変異が大きいコバルト (水野 1968) はビタミン B₁₂ の中心元素である。古くからヒツジやウシの風土病として痩せ病、衰弱病、くわす病などとして発現していたが、これはコバルト欠乏であることが明らかにされた (Marston and Lee 1952)。そのほか、セレン欠乏による白筋病 (Ichijo et al. 1981, Takahashi et al. 1984) など重要な

表 VI-1 植物と動物の必須元素

生物種	区分	元素の種類
植 物	多量元素	C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S
	微量元素	Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, Cl, Ni
動 物	多量元素	C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cl
	微量元素	Fe, I, Cu, Mn, Zn, Co, Mo, Se, Cr, Sn, V, F, Si, Ni, As

生理障害の原因となる要素が多い。

一方、家畜の飼養標準では、Mn, Fe, Cu, Znの乾物中含含有率がそれぞれ40, 50, 10, 40 mg kg⁻¹必要とされている(NRC 1988)ほか、過剰給与による毒性も指摘されている。栽培牧草の草種でこれらの含有率が異なるのか、あるいは栽培法でどのような違いがあるのか検討する。

1. 牧草のアルカリ金属およびアルカリ土類金属の元素含有率

1) イネ科牧草

表VI-2にはイネ科牧草のアルカリ金属およびアルカリ土類金属の分析結果をに示した。

ナトリウム(Na)含有率:

ナトリウム含有率は、ペレニアルライグラスが1~3番草全体にわたって飛び抜けて高く、約2.5 g kg⁻¹の平均値を示した。ペレニアルライグラスについて、オーチャードグラスがこの1/4~1/3であった。他のイネ科牧草はいずれもペレニアルライグラスの1/10以下であった。

カリウム(K)含有率:

カリウム含有率はイネ科牧草の草種間差異は認められず、いずれも20 g kg⁻¹前後であった。また、どの草種も成育後期ほど含有率が高まる傾向を示めし

た。これらのカリウム含有率は推奨含有率の2倍以上の値であった。

マグネシウム(Mg)含有率:

マグネシウム含有率は草種間に大きな差異は認められない。イネ科牧草全体の平均値では、1番草で1.16 g kg⁻¹, 2番草で1.79 g kg⁻¹, 3番草で1.83 g kg⁻¹となり、これもやはり成育後期ほど高くなる傾向を示した。

カルシウム(Ca)含有率:

カルシウム含有率はイネ科牧草の中でも草種間に差異が認められる。すなわち、ペレニアルライグラスが他の草種に比較して高い値を示した。季節的には2番草と3番草で1番草の1.5倍程度となった。

2) アルファルファ

表VI-3にはアルファルファのアルカリ金属およびアルカリ土類金属の分析結果をに示した。イネ科牧草との混播とアルファルファのみの単播とでどのような差異があるか検討した。

ナトリウム(Na)含有率:

ナトリウム含有率は、1番草では1.1~2.2 g kg⁻¹の範囲にあり、平均値は1.54 g kg⁻¹であった。処理区別ではOG混播区が最も高く、次いでMF混播区とSB混播区が同程度の1.6 g kg⁻¹であった。2番草および3番草においては、範囲および平均値にお

表VI-2 イネ科牧草のアルカリ金属およびアルカリ土類金属の元素含有率 (g kg⁻¹)

番草	牧草	Na		K		Mg		Ca	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
1番草	OG	0.96	0.59	17	5	1.2	0.4	2.7	0.5
	TY	0.13	0.07	20	4	0.9	0.4	2.5	0.8
	SB	0.13	0.08	18	4	1.0	0.6	2.8	0.8
	KB	0.15	0.09	17	3	1.0	0.3	2.5	0.7
	MF	0.18	0.08	20	7	1.5	0.6	3.8	0.8
	PR	2.63	1.02	21	4	1.4	0.5	4.4	1.0
	全体	0.71	1.04	19	5	1.2	0.5	3.1	1.1
2番草	OG	0.59	0.35	24	2	1.8	0.3	4.4	0.9
	TY	0.14	0.10	24	2	1.3	0.4	3.5	1.0
	SB	0.10	0.05	28	4	1.7	0.5	4.1	1.0
	KB	0.13	0.07	20	4	1.2	0.3	3.4	0.7
	MF	0.18	0.12	29	8	2.5	0.4	5.9	1.0
	PR	2.57	0.83	26	3	2.2	0.4	6.9	1.7
	全体	0.63	0.97	25	5	1.8	0.6	4.7	1.7
3番草	OG	0.52	0.23	22	3	1.8	0.4	4.1	0.4
	TY	0.17	0.08	22	3	1.3	0.4	3.6	1.1
	SB	0.17	0.05	24	5	1.8	0.6	4.9	1.3
	KB	0.19	0.03	20	2	1.4	0.4	3.7	1.0
	MF	0.15	0.07	23	4	2.3	0.7	5.5	0.9
	PR	2.28	0.85	25	5	2.1	0.6	6.4	1.6
	全体	0.65	0.90	23	4	1.8	0.6	4.8	1.5

注) OG: オーチャードグラス, TY: チモシー, SB: スムースプロムグラス, KB: ケンタッキーブルーグラス, MF: メドウフェスク, PR: ペレニアルライグラス

表VI-3 アルファルファのアルカリ金属およびアルカリ土類金属の元素含有率 (g kg⁻¹)

番草	処理区	Na		K		Mg		Ca	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
1 番草	OG混播	2.17	1.01	10	3	2.5	0.4	12.2	2.4
	TY混播	1.40	0.44	13	3	2.1	0.3	11.6	2.8
	SB混播	1.63	0.50	15	4	2.3	0.6	13.0	2.8
	KB混播	1.33	0.63	17	3	2.1	0.3	11.4	2.5
	MF混播	1.67	0.50	14	4	2.7	0.5	13.8	2.1
	PR混播	1.57	0.48	11	3	2.6	0.4	15.0	4.6
	AL単播	1.09	0.36	16	3	2.2	0.3	11.7	2.1
	全 体	1.54	0.66	14	4	2.4	0.5	12.7	3.2
2 番草	OG混播	2.00	0.35	8	2	3.1	0.3	15.4	2.9
	TY混播	1.53	0.29	12	1	2.4	0.2	12.0	2.3
	SB混播	1.53	0.23	12	2	2.4	0.2	11.5	1.7
	KB混播	1.41	0.49	13	2	2.4	0.3	12.1	1.5
	MF混播	1.45	0.35	10	2	2.8	0.3	13.5	3.1
	PR混播	1.53	0.36	9	1	2.7	0.4	13.2	2.7
	AL単播	1.23	0.31	14	2	2.4	0.1	11.5	1.6
	全 体	1.52	0.41	11	3	2.6	0.4	12.7	2.6
3 番草	OG混播	2.66	0.82	9	3	3.4	0.5	15.7	3.2
	TY混播	1.71	0.67	13	2	2.8	0.4	12.8	2.9
	SB混播	1.87	0.55	14	4	2.8	0.5	12.2	2.2
	KB混播	1.73	0.70	15	5	2.8	0.6	13.0	3.0
	MF混播	1.74	0.56	11	3	3.1	0.6	13.6	3.2
	PR混播	2.15	0.87	9	2	3.3	0.7	14.8	4.0
	AL単播	1.44	0.58	15	3	2.7	0.5	13.2	2.5
	全 体	1.89	0.78	12	4	3.0	0.6	13.6	3.3

いて1番草と同様の傾向を示した。これから、アルファルファのナトリウム含有率はイネ科牧草の組合せによって異なってくるのが明らかになった。

カリウム (K) 含有率:

カリウム含有率は、1番草では10~17 g kg⁻¹の範囲にあり、平均値は14 g kg⁻¹であった。処理区別ではOG混播区およびPR混播区が他の処理区に比べ低い値を示した。2番草および3番草においても範囲、平均値および処理区別において1番草と同様の傾向を示した。これから、オーチャードグラスおよびペレニアルライグラスと組合せたアルファルファのカリウム含有率は低下することが明らかになった。

マグネシウム (Mg) 含有率:

マグネシウム含有率は、1番草では2.1~2.7 g

kg⁻¹の範囲にあり平均で2.4 g kg⁻¹であった。処理区間にほとんど差はみられなかった。2番草、3番草では、番草が進むにともない各処理区において若干高まる傾向を示したが、処理区間差は小さかった。カルシウム (Ca) 含有率:

カルシウム含有率は、1番草では11.4~15.0 g kg⁻¹の範囲にあり平均で12.7 g kg⁻¹であった。処理区別ではPR混播区でやや高かったが大きな差ではなかった。2番草および3番草ではOG混播区がやや高かったが、大差ではなかった。

3) イネ科牧草とアルファルファの比較

表IV-4にはアルファルファおよびイネ科牧草の平均Na, Mg, Ca含有率とAL/G(アルファルファとイネ科牧草の含有率の比)を示した。

各多量元素含有率をイネ科牧草(全体の平均値)

表VI-4 アルファルファおよびイネ科牧草の平均Na,K,Mg,Ca含有率とAL/G (g kg⁻¹)

	1 番草				2 番草				3 番草			
	Na	K	Mg	Ca	Na	K	Mg	Ca	Na	K	Mg	Ca
AL平均	1.54	14	2.4	12.7	1.52	11	2.6	12.7	1.89	12	3.0	13.6
G平均	0.71	19	1.2	3.1	0.63	25	1.8	4.7	0.65	23	1.8	4.8
AL/G	2.2	0.7	2.0	4.1	2.4	0.4	1.5	2.7	2.9	0.5	1.6	2.8

注) AL: アルファルファ, G: イネ科牧草

とアルファルファの（全体の平均値）を比較する。

ナトリウム (Na) 含有率は、各番草においてアルファルファがイネ科牧草に比べ2.2~2.9倍の範囲で高い値を示した。カリウム (K) 含有率は、各番草においてアルファルファがイネ科牧草に比べ0.4~0.7倍の範囲で低い値を示した。マグネシウム (Mg) 含有率は、各番草においてアルファルファがイネ科牧草に比べ1.5~2.0倍の範囲で高い値を示した。カルシウム (Ca) 含有率は、各番草においてアルファルファがイネ科牧草に比べ2.7~4.1倍の範囲で高い値を示した。

2. 牧草の微量元素含有率

1) イネ科牧草の微量元素含有率

表VI-5には番草別のイネ科牧草の微量元素含有率を示した。

マンガン (Mn) 含有率：

マンガン含有率は、1番草では45~117 mg kg⁻¹の範囲にあり平均で73 mg kg⁻¹であった。草種別ではオーチャードグラスおよびペレニアルライグラスが他の草種に比べて2倍近い値を示した。2番草、3番草と番草を重ねるにともない各イネ科牧草の値は高まった。全ての番草をとおしてオーチャードグラスとペレニアルライグラスが高い値を示した。

鉄 (Fe) 含有率：

鉄含有率は、1番草では49~100 mg kg⁻¹の範囲にあり平均で74 mg kg⁻¹であった。草種別ではペレニアルライグラスが高く、オーチャードグラスおよびチモシーの約2倍の値であった。2番草、3番草と番草を進めるにともない各草種の値は高まる傾向を示した。年間をとおして高かったのはペレニアルライグラスで、低かったのはオーチャードグラスであり、その他の草種では後半の番草で高まる傾向を示した。このことにより、イネ科牧草の鉄含有率は草種によって異なることが明らかになった。

銅 (Cu) 含有率：

銅含有率は、1番草では4.6~5.3 mg kg⁻¹の範囲にあり、平均で5.0 mg kg⁻¹であった。草種別では草種間にほとんど差はみられなかった。2番草および3番草においても、範囲、平均値および草種間差は1番草と同様であった。

亜鉛 (Zn) 含有率：

亜鉛含有率は、1番草では15.6~24.3 mg kg⁻¹の範囲にあり、平均で19.7 mg kg⁻¹であった。草種別ではペレニアルライグラスで高く、オーチャードグラスで低かった。2番草は、各草種において1番草より高まり、ペレニアルライグラスが最も高い値を示した。3番草は2番草とほぼ同様の傾向を示した。

表VI-5 イネ科牧草の微量元素含有率

(mg kg⁻¹)

番草	牧草	Mn		Fe		Cu		Zn	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
1番草	OG	106	25	57	50	4.7	0.6	16.3	1.8
	TY	45	10	49	31	4.6	0.3	21.7	6.0
	SB	53	12	68	46	5.2	0.5	15.6	3.4
	KB	50	10	84	57	5.1	0.5	19.5	5.6
	MF	65	18	84	80	4.9	0.5	21.0	3.7
	PR	117	26	100	79	5.3	0.5	24.3	5.8
	全体	73	34	74	62	5.0	0.5	19.7	5.5
2番草	OG	143	29	88	66	5.6	0.6	19.3	2.1
	TY	54	9	97	86	5.0	0.7	22.6	1.8
	SB	78	12	65	29	6.0	0.8	20.8	3.0
	KB	63	11	147	117	5.0	0.7	19.2	3.7
	MF	104	13	195	167	5.8	0.7	21.8	3.3
	PR	182	31	207	201	5.9	0.8	30.0	5.6
	全体	105	50	133	137	5.6	0.8	22.3	5.1
3番草	OG	172	32	93	33	5.6	0.5	19.3	3.3
	TY	75	14	121	54	5.2	0.4	22.4	3.3
	SB	108	31	245	192	6.9	0.9	23.2	3.4
	KB	83	25	243	254	5.4	0.7	20.8	4.4
	MF	115	25	206	157	5.7	0.5	21.8	4.2
	PR	185	47	163	89	6.3	0.5	30.9	7.9
	全体	129	53	179	162	5.9	0.8	23.2	6.3

注) OG：オーチャードグラス，TY：チモシー，SB：スムースプロムグラス，KB：ケンタッキーブルーグラス，MF：メドウフェスク，PR：ペレニアルライグラス

このことより、イネ科牧草のZn含有率は、ペレニアルライグラスが他の草種に比べ高い値であることが明らかになった。

2) アルファルファの微量元素含有率

表VI-6には番草別のアルファルファの微量元素含有率を示した。

マンガン (Mn) 含有率:

マンガン含有率は、1番草では42~50 mg kg⁻¹の範囲、2番草では52~60 mg kg⁻¹の範囲、3番草では73~82 mg kg⁻¹の範囲にあり、番草が進むにともない高まった。処理区別では各番草において処理区間に大きな差はみられなかった。

鉄 (Fe) 含有率:

鉄含有率は、1番草では54~61 mg kg⁻¹の範囲にあり、平均で59 mg kg⁻¹であった。処理区別では処理区間に大きな差はみられなかった。2番草は、範囲、平均値および処理区別において1番草と同様の傾向を示した。3番草は1番草および2番草より高まる傾向を示し、57~120 mg kg⁻¹の範囲にあり、平均で88 mg kg⁻¹であった。処理区別ではOG混播区およびPR混播区が他の処理区に比べ低い値を示した。

銅 (Cu) 含有率:

銅含有率は、1番草では4.8~5.4 mg kg⁻¹の範囲にあり平均で5.0 mg kg⁻¹であった。処理区別では処理区間にほとんど差はみられなかった。2番草および3番草は、範囲、平均値および処理区別において1番草と同様の傾向を示した。

亜鉛 (Zn) 含有率:

亜鉛含有率は、1番草では21.0~25.8 mg kg⁻¹の範囲にあり平均で23.2 mg kg⁻¹であった。処理区別では処理区間にほとんど差はみられなかった。2番草および3番草では、は1番草より若干低下する傾向を示したが、処理区間にほとんど差はみられなかった。

3) イネ科牧草とアルファルファの比較

表IV-7にはアルファルファおよびイネ科牧草の平均Mn, Fe, Cu, Cu含有率とAL/Gを示した。

各微量元素含有率をイネ科牧草(全体の平均値)とアルファルファの(全体の平均値)を比較する。

マンガン(Mn)含有率は、各番草においてアルファルファがイネ科牧草に比べ0.5~0.6倍の範囲で低い値を示した。鉄(Fe)含有率は、各番草においてアルファルファがイネ科牧草に比べ0.4~0.8倍の範囲で低い値を示した。銅(Cu)含有率および

表VI-6 アルファルファの微量元素含有率

(mg kg⁻¹)

番草	処理区	Mn		Fe		Cu		Zn	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
1番草	OG混播	44	11	59	14	5.2	1.2	22.7	3.3
	TY混播	45	14	54	15	5.1	1.0	21.0	3.2
	SB混播	49	16	66	24	5.2	1.0	24.0	6.5
	KB混播	42	9	58	12	4.8	1.2	22.2	3.0
	MF混播	50	17	60	17	4.9	0.9	25.4	6.0
	PR混播	40	6	55	14	4.8	1.3	21.5	2.6
	AL単播	48	11	61	20	5.4	0.9	25.8	7.7
	全 体	46	13	59	18	5.0	1.1	23.2	5.3
2番草	OG混播	57	11	58	16	5.1	1.0	19.5	1.5
	TY混播	53	8	57	26	5.6	0.7	18.7	2.3
	SB混播	55	9	52	19	5.8	0.7	19.3	2.2
	KB混播	52	7	61	33	5.8	1.0	19.3	2.4
	MF混播	58	8	57	24	5.8	0.8	19.7	1.6
	PR混播	52	7	57	18	6.0	0.8	17.8	2.7
	AL単播	60	11	62	25	5.3	1.2	20.6	3.1
	全 体	55	9	57	24	5.6	1.0	19.3	2.5
3番草	OG混播	73	14	68	22	5.6	0.6	19.2	3.5
	TY混播	79	13	102	83	5.5	0.7	18.6	2.4
	SB混播	81	22	120	75	5.7	0.7	20.5	4.6
	KB混播	76	19	84	42	5.7	0.6	22.6	6.2
	MF混播	76	19	77	35	5.5	0.6	21.6	5.5
	PR混播	73	15	57	10	6.0	0.8	20.1	3.4
	AL単播	82	19	103	95	5.9	1.0	20.3	4.2
	全 体	77	18	88	64	5.7	0.7	20.4	4.6

表VI-7 アルファルファおよびイネ科牧草の平均Mn, Fe, Cu, Zn含有率とAL/G (mg kg⁻¹)

	1 番草				2 番草				3 番草			
	Mn	Fe	Cu	Zn	Mn	Fe	Cu	Zn	Mn	Fe	Cu	Zn
AL平均	46	59	5.0	23.2	55	57	5.6	19.3	77	88	5.7	20.4
G平均	73	74	5.0	19.7	105	133	5.6	22.3	129	179	5.9	23.2
AL/G	0.6	0.8	1.0	1.2	0.5	0.4	1.0	0.9	0.6	0.5	1.0	0.9

注) AL: アルファルファ, G: イネ科牧草

亜鉛(Zn)含有率は、各番草においてアルファルファとイネ科牧草がほぼ同等の値を示した。

3. 考察

NRC 飼養標準による泌乳牛のための給与飼料中のミネラル含有率はつぎのとおりである (NRC 1988)。Ca 4-8 g kg⁻¹, Mg 2 g kg⁻¹, K 9-10 g kg⁻¹, Na 1.8 g kg⁻¹, Mn 40 mg kg⁻¹, Fe 50 mg kg⁻¹, Cu 10 mg kg⁻¹, Zn 40 mg kg⁻¹ である。

表VI-3から、アルファルファの多量要素はいずれもこの基準内にある。しかしながら、イネ科牧草の多量要素含有率はカリウムの含有率のみこの基準に適合する。特にカルシウムは基準値のほぼ1/2であった。したがって、イネ科牧草単独、あるいは混播の場合でも飼養上カルシウムの補給には十分配慮する必要がある。

一方、微量元素では、マンガンあるいは鉄の含有率はいずれも基準値を満たしているが、銅と亜鉛の含有率はいずれも基準を満たしていない。これは植物体中の含有率が低いのではなく、植物が含有する銅や亜鉛に比較して動物の要求量が高いためである。大部分の植物では、銅の含有率は10 mg kg⁻¹、亜鉛の含有率は40 mg kg⁻¹以下である (Houba and Uittenbogaard 1994)。したがって、家畜の飼養標準と植物が実際含有する水準との差異は他の飼料あるいはミネラルで補給する必要がある。

4. 小括

混播牧草の草種別ミネラル組成とミネラルバランスを検討し、つぎの結果が得られた。

- 1) アルファルファのナトリウム含有率はイネ科牧草の2~3倍に及び、土壌からの収奪が高く、ナトリウムの施用量の多い家畜排泄物をほ場に還元する場合に、有利な草種であることが明らかになった。
- 2) アルファルファはマグネシウムやカルシウム含有率もイネ科牧草の2~4倍と高く、乳牛の飼養基準を十分満たしていた。したがって、カルシウムとマグネシウム要求量の多い乳牛の飼料として

欠くことのできないことが明らかになった。なお、カリウムの含有率はイネ科牧草の方が勝った。

- 3) イネ科牧草の鉄とマンガン含有率はアルファルファの1.5~2倍の値となった。ただし、この2元素の含有率は飼養標準を満たしていた。しかし、銅と亜鉛の含有率はいずれの草種も飼養標準の1/2程度であった。これは牧草の含有率が低いのではなく、本来牧草に含有される濃度に比較して、飼養標準の値が高すぎるためと判断された。
- 4) いずれの元素も過剰摂取による毒性の発現する水準よりもはるかに低濃度であった。

第七章 総合論議

1. 実験土壌の条件とアルファルファの栽培

本試験は栽培条件を主体にして実験を開始したため、試験期間中に土壌改良などの処理は行わなかった。そのため、土壌の塩基飽和度は64%(表II-2)と低く、とくにマグネシウム含有率は土壌診断基準下限値のほぼ1/2という低い値であった。したがって、ベストの土壌条件であった場合はこの試験結果と異なった値になっていたと考えられる。このような土壌条件の牧草混播栽培に対する影響については今後の研究課題としたい。

一方、栽培試験に用いた土壌区分は30 cm深までの作土層にはTa-aを含む湿性黄色土である。アロフェン含有率はいずれも1%以下であるが、Al₀/Al_p(シュウ酸可溶アルミニウム・ピロリン酸可溶アルミニウム)比は0.6と低く、アロフェン質土壌に近い(Blakemore et al. 1981)。しかしながら、リン酸吸収係数は1000程度であり高い。これは火山降下物が堆積後、水によって移動した影響と考えられる。

一方、下層土は堆積年代が古い(約0.4 Ma)野幌層の高位段丘に属し(加藤ほか 1990)、土壌硬度は高く、浅い位置に停滞水の存在するアクイックである。このような土壌条件は乾燥地の原産で、深根性のアルファルファにはきわめて過酷な土壌条件であったと思われる。現に本学園内では、厚く黒ボク土が堆積し排水がよく、下層土の硬度が低いところ

では長年月にわたって成育良好なアルファルファが観察される。酪農にとって不可欠な高栄養価アルファルファの栽培に当たっては、塩基の補給と下層土の土壌改良が課題となろう。

2. ミネラルバランスと土壌の化学的条件

第Ⅶ章では、いずれも草種のマンガンを鉄含有率は乳牛の飼養標準上問題の無いことを示した。しかしながら、季節変動をみると後期成育ほど両元素の含有率がマメ科牧草イネ科牧草とも高まる。これは土壌水分が高くなっていくのと同じであることを示唆している。

マンガンを、鉄とも土壌還元条件で溶解しやすい性質があることからこのような状態になったと考えられる (Bolt and Bruggenwert 1980)。これらの現象は排水の悪い土壌条件を示すものである。

一方、牧草中の銅含有率はいずれも 5～6 mg kg⁻¹ の範囲にあるが、土壌の可溶性銅含有率は土壌診断基準値より低く、すでに欠乏条件にある。植物の銅欠乏は窒素代謝の低下につながり、窒素の多用は銅欠乏を助長する。銅欠乏は植物体内の糖含有率の低下、乾物含有率の低下、耐乾性低下の原因になることが知られている (水野・土橋 1982, Mizuno et al. 1983, Shorrocks and Alloway 1985)。

草地銅欠乏地帯のパイオニア的研究はヨーロッパ、北アメリカ、オーストラリアで行われ、地球化学的方面からすすめられた。とくにモリブデンリッチ地帯を中心に地質の古い英国、ロシアなどのおおよそ 8% がこの銅欠乏に該当するとみられている (Shorrocks and Alloway 1985)。本学園の農場も窒素過多になりやすい条件にあり、今後は銅欠乏にも配慮する必要がある。

3. イネ科草種の組合せとアルファルファ混播草地の生産性および草種構成

本実験の乾物生産性は、いずれの組合せにおいても播種後 3 年目までが高く、その大半はアルファルファによるものであった。すなわちアルファルファ混播草地の高生産性を保つためには、アルファルファをある程度優占させることが重要であると考えられる (我有ほか 1990, 1991)。アルファルファ収量を高く維持することは、粗タンパク質収量を高めることになり、またマグネシウムやカルシウム含有率もイネ科牧草の 2～4 倍と高いため、高泌乳牛に対して品質の高い自給飼料が要求されている現状ではむしろアルファルファ収量が高い混播草地の方が望ましいと考えられる。

このようなアルファルファ率が高い混播草地を維持するためには、短期間のうちにアルファルファを抑圧するイネ科牧草は不向きである。刈取り後の再生力が強いオーチャードグラスとの組合せは、栽培管理の面で充分留意する必要がある (小阪ほか 1987, 1995, 小阪 1998)。

播種後 4 年目になると、単播、混播条件にかかわらずアルファルファは急激に収量が減少した。すでに指摘しているように、本実験を行った土壌は排水性の悪い条件であった。アルファルファは土壌の過湿条件に極めて敏感 (Boltom 1962, 佐藤 1967, 南山ほか 1974, 村山ほか 1976, 小阪ほか 1981, 原田 1981) で、早期衰退の理由としてあげられている。

アルファルファ単播に雑草の侵入が目立ったのは、アルファルファ衰退にともない裸地が増大したためと考えられる。チモシーとスムースブロムグラスの混播区においても同様に雑草率が高いのは、両区のイネ科牧草衰退のためと考えられる。

以上のように、アルファルファ混播草地を維持管理するうえで重要なことはアルファルファの成育が正常に出来るような条件を整えることが先決で、次に夏季にアルファルファの成育を抑圧しないイネ科牧草が望ましいと考えられる。

摘 要

日本国内における食料自給率向上のため、タンパク質含量が高く、必要なミネラル含有率の高い自給粗飼料となりうるアルファルファ栽培におけるイネ科牧草混播の影響とその栄養価について検討した。試験期間は 6 年間に及んだが、栽培土壌が下層の浅い位置に滞水する湿性黄色土であったため、乾燥を好み深根性のアルファルファには過酷な土壌条件であった。このような条件での試験結果についてつぎのような結論が得られた。

1. 草種構成に対する混播の影響

アルファルファと各種イネ科牧草との混播によって、草種構成がどのように変化するか検討し、つぎの結果が得られた。

オーチャードグラスとの組合せでは、早期の栽培年次からマメ科率の低下を招き、アルファルファを維持するためには好ましくない草種であることが明らかになった。一方、メドウフェスクとペレニアルライグラスとの混播はアルファルファの成育を適度に維持しながら、なおかつ雑草率も低く押さえる草種であることがわかった。

チモシーとの混播では、マメ科率は高まるが、高温と干ばつに弱いチモシーの成育が抑制され、さらに雑草の侵入が容易となり、雑草率の高まる傾向を示し、あまり組合せのよくない草種であると判断された。スムーズブロムグラスとアルファルファの混播では、チモシーとの混播と類似した成育を示し、やはり雑草率が高まる傾向にあって、アルファルファとの組合せに好ましい草種ではないと結論された。

ケンタッキーブルーグラスとアルファルファの混播では、栽培前半のマメ科率は高く維持されたが、播種後4年目から急激にマメ科率が低下し、雑草率も高まる傾向を示した。

以上の結果から、アルファルファとの混播はメドウフェスクとペレニアルライグラスがもっとも適していると判断した。

2. 乾物収量, アルファルファの個体密度および生産構造に対する混播の影響

牧草は経済作物である。たとえ品質がよくても生産量が低いと経済的に取り入れることができない。そこで、アルファルファと各種イネ科牧草との組合せで、いかにアルファルファの個体を維持しながら、生産量を確保できるか検討した。

- 1) 栽培前期3年間の乾物収量では、どの草種との組合せでも総収量は同じであって、イネ科牧草の草種による違いは認められなかった。しかしながら、栽培後4年目以降の全収量では、オーチャードグラス、ペレニアルライグラス、メドウフェスクとの組合せで高い収量が得られたが、チモシー、スムーズブロムグラスの組合せでは収量の低下が認められた。
- 2) どの草種との組合せにおいても、栽培4年目からアルファルファの成育は著しく減少し、マメ科率は低下した。これは野幌層の海成段丘による固い下層土とそれに起因する排水不良がアルファルファの成育を阻害したと判断された。したがって、海成段丘の様な土壌条件では下層土の改良も必要であることが判明した。
- 3) オーチャードグラスは再生力が早く、常にアルファルファを上回る葉群構造を示し、アルファルファの成育を抑制する方向に働いた。チモシーは高温干ばつに弱く、アルファルファの成育を抑制するに至らなかったが、その間隙をアルファルファが埋めることが無く、雑草の勢力を助ける結果となった。スムーズブロムグラスは高温干ばつに強いが刈り取り後の再生力が弱く、アルファル

ファより低い葉群構造を示した。

3. 牧草の粗タンパク質含有率および粗タンパク質収量に対する混播の影響

牧草の粗タンパク質含有率と粗タンパク質収量に対する混播の影響を検討し、つぎの結論が得られた。

- 1) アルファルファの粗タンパク質含有率は18%と常に高く、組合せ草種や季節による差異は認められなかった。しかしながら、粗タンパク質の収量では、乾物収量と類似した傾向を示し、収量の低下が粗タンパク質収量の低下と結びついた。
- 2) 栽培後期3年間の粗タンパク質収量はアルファルファの収量と比例して低下した。したがって、粗タンパク質の収量を維持するためにはアルファルファの成育をいかに栽培年次に関わりなく長く維持するかにあることが明らかになった。
- 3) 1番草のイネ科牧草の粗タンパク質含有率は約10%であるが、2,3番草の含有率は16%以上の高い値になることがあきらかになった。しかし、総粗タンパク質収量では収量に勝る1番草が最も高い値を示したことから、1番草の収量を維持しながら、タンパク質含有率を下げないための工夫が必要であった。

4. 牧草のミネラル組成

混播牧草の草種別ミネラル組成とミネラルバランスを検討し、つぎの結論が得られた。

- 1) アルファルファの多量要素のミネラル組成はいずれも米国NRCの飼養標準に適合する値であった。これに対して、イネ科牧草のナトリウム、マグネシウム、カルシウムとも著しく低い値であった。アルファルファのナトリウム含有率はイネ科牧草の2~3倍に及び、土壌からの収奪が高いため、家畜排泄物をは場に還元する場合に、土壌へのナトリウム蓄積を軽減する効果も期待できよう。
- 2) アルファルファはマグネシウムやカルシウム含有率もイネ科牧草の2~4倍と高く、乳牛の飼養基準を十分満たしていた。したがって、カルシウムとマグネシウム要求量の多い乳牛の飼料として欠くことのできないことが明らかになった。なお、カリウムの含有率はイネ科牧草の方が勝った。
- 3) イネ科牧草の鉄とマンガン含有率はアルファルファの1.5~2倍の値となった。これは排水が悪く、還元的な土壌条件が影響していると判断された。このマンガンと鉄の2元素の含有率はアルファルファ、イネ科牧草とも飼養基準を満たして

いた。しかし、銅と亜鉛の含有率はいずれの草種も飼養標準の1/2程度であった。これは牧草の含有率が低いのではなく、本来牧草に含有される濃度に比較して、飼養標準の値が高すぎるためと判断された。

4) 土壌分析から、試験ほ場の可溶性銅含有率は土壌診断基準を満たしておらず、家畜排泄物の施与で窒素過多になりやすい条件ではますます銅欠乏を助長し、乳牛にとって、糖含有率の低い嗜好性の悪い牧草になることが懸念された。

謝 辞

本論文をまとめるにあたり、植物体および土壌の分析実験について特段のご指導をいただき、論文作成にあたっては多くのご助言を賜った水野直治博士(酪農学園大学 教授)に、深甚なる謝意を表す。また実験ほ場の土壌調査について特段のご指導をいただいた天野洋司先生(元 農業環境技術研究所研究室長)に、心より感謝申しあげる。安宅一夫博士(酪農学園大学 教授)ならびに岡本全弘博士(酪農学園大学 教授)には終始有益なご指導とご校閲をいただき謹んで感謝申しあげる。

本研究を進めるにあたり、村山三郎博士(酪農学園大学 名誉教授)、[※]高杉成道先生(酪農学園大学 名誉教授)、原田 勇博士(酪農学園大学 名誉教授)、篠原 功先生(酪農学園大学 助教授)ならびに吉田博治氏(元 酪農学園大学 技師)には、長年にわたりご丁寧なご指導、ご鞭撻をいただいた。また、[※]吉田則人博士(帯広畜産大学 名誉教授)、岡本明治博士(帯広畜産大学 教授)、佐々木 均博士(酪農学園大学 教授)ならびに松中照夫博士(酪農学園大学 教授)には終始、有益なご助言と励ましをいただき心より感謝申しあげる。

ほ場調査に際しては、酪農学園大学ならびに同短期大学部の多くの卒業生の皆様にご協力いただいたき厚くお礼申しあげる。

文 献

阿部修一・田村宏幸. 1997. 十勝(清水町)のアルファルファ栽培の現状. 北草研報, 31, 5-8.
Blakemore LC., PL. Searle and BK. Daly 1981. Soil Bureau Laboratory Methods: A method for chemical analysis of soils. *N.Z. Soil Bur. Sci. Rep.*, No. 10A, A8.1-A8.5.
Bolt GH., and MGM. Bruggenwert 著, 岩田進午, 三輪睿太郎, 井上隆弘, 陽 捷行訳. 1980. 土壌の化学. p.178, 学会出版センター, 東京.

Boltom JL. 1962. Establishment and care of stands. In ALFALFA. p.201-202. Leonard Hill. London.

我有 満・澤井 晃・植田精一. 1990. アルファルファ混播草地におけるマメ科割合と収量の関係. 北草研報, 24, 97-99.

我有 満・澤井 晃・植田精一. 1991. アルファルファ・オーチャードグラス混播草地の収量におよぼす種内競争の影響. 北草研報, 25, 137-139.

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. 酪農学園大学紀要, 3, 37-76.

原田 勇. 1981. 北海道におけるアルファルファの栽培とその問題点(1). 畜産の研究, 35, 1323-1328

原田 勇. 1981. アルファルファの栽培の理論と応用. p.41-42, 酪農学園近代酪農部, 江別市. 北海道農政部・北海道立農業試験場・北海道農業試験場. 1999. 北海道土壌診断基準と施肥対応, 改訂版, p.1-144.

北海道酪農畜産課. 2001. 平成13年 アルファルファ作付状況調査.

Haynes RJ. 1988. 混播草地におけるイネ科—マメ科の競争関係(3). 畜産の研究, 42, 1135-1142.

Houba VJG. and J. Uittenbogaard 1994: Chemical Composition of Various Plant Species. IPE, p. 1-226, Wageningen Agricultural University, Wageningen.

堀川 洋. 1998. 十勝地方におけるアルファルファ栽培の研究—コート種子の効果を中心として—. 北草研報, 32, 12-17.

Ichijo S., M. Hasegawa, T. Kin, T. Kimata, S. Ogawa, T. Konishi, A. Ono, T. Morishita and I. Tanaka 1981: Clinical and clinicopathological findings on Leukomyoma in calves. *J. Jpn. Vet. Med. Assoc.* 34, 573-579.

池田哲也. 1999. 北海道におけるアルファルファの栽培—最近の研究と新技術—. 北農, 66, 308-314.

岩淵 慶・大塚博志・五十嵐弘昭・堀川 洋. 1996. アルファルファ単・混播草地生産性と年次変動. 北草研報, 30, 68-73.

上出 純・北守 勉. 1988. 造成年次別のアルファルファ混播草地の収量推移. 北草研報, 22, 114-117.

片岡健治. 1975. アルファルファの栽培管理. アルファルファの品種と栽培技術. (財)北農会, p. 78-81, 札幌市.

- 加藤 誠・勝井義雄・北川芳男・松井 愈, 1990. 野幌丘陵, 日本の地質1. 北海道地方, p. 243.
- 木曾誠二・能代昌雄, 1994. チモシー (*Phleum pratense* L) 採草地の早刈り管理法 1. 早刈りが単播草地の乾物収量, 可消化養分総量および雑草侵入に及ぼす影響. 日草誌, 39, 429-436.
- 木曾誠二・能代昌雄, 1997. チモシー (*Phleum pratense* L) 採草地の早刈り管理法 2. 早刈りがチモシー・シロクローバ (*Trifolium repens* L) 混播草地の草種構成, 乾物収量および可消化養分総量に及ぼす影響. 日草誌, 43, 258~265.
- 木曾誠二, 1986. 混播草地におけるマメ科牧草の動態. 北草研報, 20, 22-29.
- 喜多富美治・新関 稔・宮内信之・赤川昭爾・真木芳助・中山貞夫・脇本 隆, 1969. アルファルファの品種生態に関する研究 第Ⅲ報 単播と混播における alfalfa の品種間差異. 北大農学部農場報告, 7, 23-32.
- 喜多富美治, 1970. 飼料作物. p. 84-101, 明文書房, 東京.
- 小松輝行・丸山純孝・土谷富士夫・堀川 洋, 1988. 十勝地方のアルファルファ栽培. p. 1-54, 十勝農業協同組合連合会, 帯広市.
- 小阪進一・村山三郎・船水正蔵, 1981. 混播草地における草種の競合に関する研究 第5報 土壌水分の相違が生育, 収量, 草種構成および体内成分におよぼす影響. 酪農学園大学紀要, 9, 27-42.
- 小阪進一・村山三郎, 1987. 混播草地における草種の競合に関する研究 第12報 刈取り高さの相違が生育, 収量および草種構成におよぼす影響. 北草研報, 21, 105-110.
- 小阪進一・平岡賢一・村山三郎, 1994. イネ科牧草の種類がアルファルファ主体混播草地の永続性および生産性に及ぼす影響——利用1年目の場合——. 日草誌 40 (別), 73-74.
- 小阪進一・村山三郎・諏訪治重, 1994. 播種割合の相違がスームスブロムグラス, アルファルファ混播草地の生産性および草種構成に及ぼす影響——利用2年目の場合——. 北草研報, 28, 61
- 小阪進一・村山三郎, 1995. 播種割合の相違がスームスブロムグラス, アルファルファ混播草地の生産性および草種構成に及ぼす影響——利用3年間の推移——. 日草誌, 41 (別), 187-188.
- 小阪進一・佐藤健司・村山三郎, 1995. イネ科牧草の種類がアルファルファ主体混播草地の生産構造に及ぼす影響 (2年目). 29, 33-38
- 小阪進一, 1998. アルファルファを中心とした混播草地の生産性および草種構成に関する研究. 北草研報, 32, 1-8.
- 楠谷彰人・中世古公男・後藤寛治, 1977. イネ科牧草の群落構造と乾物生産特性. 日作紀, 46, 204-211.
- 楠谷彰人・杉山修一・後藤寛治, 1979. オーチャードグラスの生産性に関する研究. IV. 草地状態における乾物生産特性の品種間差異. 日草誌, 25, 7-15.
- 森 敏, 2001. 植物栄養学とは. 植物栄養学, 1-11, 文永堂, 東京.
- 前田善夫・水野直治, 1991. 日高東部軽種馬生産牧場の土壌および牧草中の銅ならびに亜鉛含有率. 日草誌, 37, 84-90.
- Maeta Y. and N. Mizuno 1993. Selenium concentrations in soils and grasses of horse breeding farms in Eastern Hidaka District, Hokkaido. J. Japan. Grassl Sci., 39, 147-154.
- 前田善夫, 1996. 北海道の軽種馬生産地帯における草地土壌の養分状態および馬における牧草の栄養価に関する研究. 道農試報告, 88, 1-75.
- Marston HR. and HJ. Lee 1952. Cobalt in the nutrition of ruminants—response of bobalt-deficient sheep to massive doses of vitamin B12, Nature, 170, 791.
- 南山 豊・木戸賢治・永井秀雄, 1974. 牧草の冠水に対する抵抗性の草種間差について. 北農, 41, 9-18.
- 三谷宣允, 1973. アルファルファ普及上の問題点. 北農, 40, 11-25.
- 三井計夫, 1970. 飼料作物草地ハンドブック. p. 243-246, 養賢堂, 東京.
- 水野直治, 1968. 北海道蛇紋岩質土壌の化学的特性に関する研究, 第3報, 土壌と植物のコバルト含有量と土壌からのコバルトと他の要素<銅・亜鉛・ニッケル>の植物吸収率の差異. 道農試集報, 17, 62-72.
- 水野直治・土橋慶吉, 1982. 銅欠乏コムギ中の無機成分, 水分, 可溶性固形物の組成と形態の変化. 土肥誌, 53, 503-506.
- Mizuno N., O. Inazu and K. Dobashi 1983. Composition of carbohydrates and soluble solids, moisture and morphological changes in wheat plants grown on copper-deficient soil. Soil Sci. Plant Nutr., 29, 1-6.
- 水野直治, 1990. 馬耕 時代の農作業誌. ニューカ

- ントリー, 37, 11, 36-38.
- 水野直治・前田善夫. 1991 a. 日高東部地域軽種馬育成農家の土壌と牧草中のイオウ含有率. 日草誌, 37, 169-170.
- 水野直治・前田善夫. 1991 b. 北海道日高東部の軽種馬生産牧場の土壌と牧草中の鉄とマンガン含有率. 日草誌, 37, 226-230.
- 村山三郎・高杉成道. 1974. 遮光と施肥処理がアルファルファ幼植物の生育および乾物重量におよぼす影響. 山形農林学会報, 31, 8-12.
- 村山三郎・小阪進一・高松俊博. 1976. アルファルファ草地のスタンド確立に関する研究 第1報 土壌水分がアルファルファの生育・体内成分におよぼす影響. 山形農林学会報, 33, 1-6.
- 村山三郎・小阪進一・木伏高博. 1978. アルファルファ草地のスタンド確立に関する研究. 第5報 遮光処理がアルファルファの生育および体内成分におよぼす影響. 酪農学園大学紀要, 7, 307-320.
- National Research Council. 1988. Nutrient requirements of dairy cattle. Sixth, Revised Edition, p. 87, National Academy Press, Washington, D.C.
- 農業技術研究機構. 2002. 日本標準飼料成分表. p. 52-130, 中央畜産会, 東京都.
- 農耕地土壌分類委員会. 1995. 農耕地土壌分類 第3次改訂版, 農環研資料 No.17, p. 1-79.
- 農林水産省北海道統計情報事務所. 2001. 平成11年～12年 北海道農林水産統計年報. p. 30-31.
- 農林水産省統計情報部. 2002. 平成12年産作物統計. p. 101-106.
- 農林水産省統計情報部. 2000. 農林水産統計月報, 3, 70-71.
- 小川恭男. 1998. 畑作地帯における輪作体系を前提としたアルファルファ単播草地の栽培技術 (試験の紹介). 北草研報, 32, 18-20.
- 及川 寛・三谷宣允. 1968. 北海道天北地帯におけるアルファルファの導入に関する研究 第5報 アルファルファと各種いね科牧草との混播. 日草誌, 14 (別), 20.
- 大下友子・大塚博志・西野 一・鷹取雅仁・五十嵐弘昭・野中和久・名久井忠. 1998. マメ科牧草の混播による牧草サイレージの栄養価の改善が泌乳最盛期の乳牛の採食量, 泌乳量に及ぼす影響とその経済効果. 日草誌, 44, 54-60.
- 大下友子. 2000. 高泌乳牛に対する良質自給粗飼料の利用による飼料自給率の改善. 北草研報, 34, 12-14.
- 大槌勝彦. 1987. 天北地域におけるアルファルファ草地の造成, 維持管理, ならびに利用に関する一連の研究. 北草研報, 21, 1-11.
- 大塚博志. 1997. アルファルファ栽培の最新情報. 北草研報, 31, 9-12.
- 酪農経済通信社. 2000. 酪農経済年鑑, p.534, 662.
- 札幌管区気象台. 1993. 1992年版 北海道のアメダス統計 I. (財)日本気象協会北海道本部, p. 118-119.
- 佐藤 庚・西村 格・伊東睦泰. 1967. 草地の密度維持に関する生態生理学的研究. IV 土壌湿度と刈取りの高さがイネ科——マメ科混播草地の収量と草種比率に及ぼす影響. 日草誌, 13, 122-127.
- 澤田嘉昭・堤 光昭・千葉一美. 1988. 根釧地方におけるチモシー・アルファルファ混播草地の植生推移. 北草研報, 22, 118-120.
- シンプソン, J. 2002. これでいいのか日本の食料. p. 1-214, 家の光, 東京.
- 下小路英男. 1982. 北海道における適応品種ならびに刈取り管理と再生. 北草研報, 16, 13-17
- 下小路英男. 1983. 天北地方におけるアルファルファの刈取り管理. 北農, 50, 23-40.
- Soil Survey Staff. 1998. Keys to Soil Taxonomy. 8th ed., p. 1-326, USDA Natural Resource Conservation Service, Washington DC.
- Shorrocks VM. and BJ. Alloway 1985. Copper in Plant, Animal and Human Nutrition. The text of Queen Mary College, University of London, p. 1-84, Copper Development Association, London.
- 高橋英一. 2001. 生命のなかの「海」と「陸」. p. 17, 研成社, 東京.
- Takahashi R, S. Isshiki, M. Hayashi, H. Sannpo, H. Nakagawa, T. Takekuma and K. Sato 1984. An outbreak of white muscle disease in Calves of the Indigenous Japanese Black Breed. J. Jpn. Vet. Med. Assoc. 37, 779-783.
- 高崎康夫. 1980. アルファルファ草地の生産生態に関する研究. 千葉大学園芸学部学術報告, 28, 137-186.
- 脇本 隆. 1980. 草地の生産生態. アルファルファとの混播草地における草種構成. p. 297-318, 文永堂, 東京.
- 脇本 隆. 1980. 混播草地の草種構成に関する研究. 北海道立農業試験場報告, 31, 1-76

山田豊一. 1968. 牧草の栽培と利用. p. 105-133, 養賢堂, 東京.

吉田武彦. 1982. 食料問題ときみたち. p. 44, 岩波ジュニア新書, 東京.

Summary

To improve the level of food self-sufficiency in Japan, the influence of the mixed seeding of forage grasses on the nutritive value of alfalfa pastures was examined. The results of the study were intended to aid in the production of self-supplying roughage with high protein and an essential mineral contents. The experiment was conducted for a period of six years. The cultivated soil was wet yellow soil in which water stagnated in a shallow position of the subsoil. This constituted a severe soil condition for deep-rooted alfalfa that strongly prefers dry conditions. The experiment was conducted under such a condition, and the following conclusions were obtained.

1. Influence of mixed seeding on the botanical composition

The mixed seeding of a single type of alfalfa and various forage grasses was examined in regard to its effect on the botanical composition ratio. The following results were obtained.

In the combination with orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.), the decrease of the ratio of the legumes was caused by annual early cultivation. Therefore, it was clarified that orchardgrass was an undesirable maintenance grass species for alfalfa. On the other hand, it has been found that this grass species suppresses weed growth while maintaining the moderate growth of the alfalfa in mixed seeding with meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.).

In the timothy (*Phleum pratense* L.) mixed seeding, the weak growth the timothy during high temperatures and drought was controlled, though the ratio of the legume rose. In addition, in this condition weeds invaded more readily and the weed ratio increased. Therefore, it was judged that timothy was not suitable in combination with alfalfa. In mixed seeding of smooth brome grass (*Bromus inermis* Leyss.) with alfalfa, growth similar to that of the timothy mixed seeding was observed, and the weed ratio also increased. It was concluded that a smooth brome grass was not suitable in combination with alfalfa. In mixed seeding of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) with alfalfa, the legume ratio was maintained to a high level until the first half of cultivation. However, this ratio decreased rapidly four years after it was sowed, and the weed ratio increased.

Based on the above-described results, it was judged that meadow fescue and perennial ryegrass were the most suitable for mixed seeding with alfalfa.

2. Influence of mixed seeding on the dry matter yield, alfalfa population, and production structure

Pasture is a commercial crop. Therefore, if its production is low even if the pasture's quality is good, it cannot be economically viable. Thus, whether the production can be maintained to an economically viable level while maintaining the population of alfalfa was examined in a pasture composed of alfalfa and various forage grasses.

1) The total dry matter yield was almost the same in the pastures composed of each grass species for three years of the first half of cultivation, and significant differences in terms of the species of forage grass were not seen. However, after four years of cultivation, the total dry matter yield of the orchardgrass, perennial ryegrass, and meadow fescue combination increased. On the other hand, the total dry matter of the pasture composed of timothy and smooth brome grass decreased.

2) In a pasture composed of any grass species, the growth of the alfalfa decreases remarkably after four years of cultivation, and the legume ratio decreases. It was judged that the hard subsoil of a marine terrace made of a Nopporo layer, and the poor drainage caused by it had obstructed the growth of the alfalfa. Therefore, it was determined that the improvement of the subsoil was necessary in the soil of a marine terrace.

3) The regrowth of the orchardgrass came early, and the areas in which the foliage was distributed always showed a structure that was higher than the alfalfa, and, therefore, the growth of the alfalfa was controlled. The timothy did not inhibit the growth of the alfalfa because it is vulnerable to high temperatures and drought. However, because the space which had previously been occupied by timothy had not been covered with the alfalfa, the invasion by weeds was increased. Though smooth brome grass can withstand high temperatures and the drought, its regrowth after cutting is slow. Therefore, the structure of its foliage was lower than that of alfalfa.

3. Influence of mixed seeding on the percentage of crude protein and the amount of crude protein in a pasture

The influence of mixed seeding on the percentage of crude protein and the amount of crude protein in a pasture was examined, and the following conclusions were obtained.

- 1) The percentage of the crude protein content of alfalfa was always high at 18%, and no difference was seen in terms of either the combination grass species or the season. However, because the decrease in the dry matter yield was associated with the decrease in the amount of crude protein, the amount of crude protein showed a similar tendency to that of the dry matter yield.
- 2) The amount of the crude protein decreased in three years of the latter half of the cultivation period in proportion to the dry matter yield of the alfalfa. Therefore, a cultivation method was needed as to how to maintain the amount of crude protein and maintain the growth of the alfalfa over a long term regardless of the number of cultivation years.
- 3) The percentage of the crude protein content of the forage grass was about 10% in the first crop, but the percentage in the second crop and third crop rose to 16% or more. However, in regard to the amount of total crude protein, the value of the first crop which was superior in the dry matter yields showed the highest crude protein level. Therefore, a device must be used that doesn't decrease the percentage of the protein content while maintaining the dry matter yield of the first crop.

4. Mineral composition of pasture

The mineral composition and the mineral balance of the mixed-seeded pasture were examined, and the following conclusions were obtained.

- 1) The mineral composition of the major elements in the alfalfa was a value that conformed to the feeding standard of the United States NRC. On the other hand, the sodium, magnesium, and calcium contents in the forage grass showed remarkably low values. Because the percentage of the sodium content of alfalfa reaches 2-3 times that of forage grass, the amount derived from the soil is also high. Therefore, when livestock waste is used in a field, a reduction in the sodium accumulated in the soil can be expected.
- 2) The percentage of magnesium and calcium contents in alfalfa was 2-4 times that of forage grass, satisfying the value of the dairy cattle feeding standard. Therefore, it was clarified that alfalfa was indispensable fodder for dairy cattle which have high calcium and magnesium requirements. In regard to the percentage of potassium content, the forage grass exceeded that of the alfalfa.
- 3) The percentages of iron and manganese in the forage grass reached 1.5-2 times that of the alfalfa. This was considered to be due to reduced soil conditions resulting from poor drainage. The percentages of manganese and iron in the alfalfa and the forage grass both satisfied the values of the prescribed feeding standard. However, the percentages of copper and zinc in both grasses were about 1/2 of the values of the prescribed feeding standard. This was considered due to the value of the feeding standard being set too high compared with the specific copper and zinc contents of the pasture.
- 4) The results of soil analysis showed that the percentage of soluble copper in the experimental field did not satisfy the value of the soil diagnosis standard. The presence of excessive amounts of nitrogen due to the application of livestock waste promotes an increasing copper deficiency. Therefore, this in turn results in

a low sugar content in the grasses which decrease their palatability to dairy cattle.