

第1章 緒

論

牧草類が作物として取扱われ、混播栽培が行われるようになったのは何時の時代であるかは明らかでないが、イギリスでは牧草混播のもっとも早い記録が17世紀にみられ、18世紀にはライグラス、シロクロバおよびトレフォイルの単純な混播が先進的な農家によって用いられていた(MOORE, 1966)。その後、輪栽草地農業の発展とともに複雑な混播が普及されるようになった。

STAPLEDON・DAVIES (1928) (BLASER et al. 1952による) は混播草地は長期的に均一な草生産が得られるように早生と晩生の草種、品種を組合せて適度に複雑であった方が良くと述べている。1930年代のはじめにイネ科3草種、マメ科3草種からなるCOCKLE PARK 混播法が普及し、イギリスの草種組合せの単純化に大きく影響した。アメリカではイギリスやヨーロッパで推奨される混播にくらべて単純な混播が用いられてきた。WILLARD (1951) (BLASER et al. 1952による) はイネ科1草種とマメ科1草種からなる単純混播草地を数種設けることによって失敗に対する保証が得られると述べている。WHYTE et al. (1953) はイギリス、スイス、ドイツ、アメリカ、オーストラリア、ニュージーランド、スウェーデン、オランダ等の諸国における草地が多くの場合、単純混播からなり、播種量も非常に少なくなっていることを指摘しているが、これは種子の清潔、播種床の整備、雑草対策、植物間の競争の解明、優良育成品種の利用の増大によるものであると述べている。単純な混播を採用する傾向の中でも系統の混合が行われ、複雑混播と単純混播との間の妥協を求めようという考え方もうかがわれるが、ROGERS (1966) は草地の生産を制限しているのは多くの場合は管理によるものであり、神秘的な草種組合せの混播草地を利用する時代はすでに終りを告げたと述べている。

北海道においては、牧草の種子が開拓使の手によって輸入されて栽培試験が行われ、草種の栽培適性が確認された。明治時代における草地は、1902

年の初版になる小川二郎著「牧草論」によれば、「現今、北海道において普通に行われる混播はチモシー、オーチャードグラスの二種をもって基準となし、これにレッドトップ、アカクロバを混ざるものなり」とあり、チモシーとオーチャードグラスの混播は収穫上からは不合理な混播で、このような草地からはチモシーが消失してしまうことを指摘し、チモシーとアカクロバ、チモシーとアルサイクロバ、オーチャードグラスとアカクロバの混播を奨めているが、これは北海道の牧草栽培技術における最初のかつ画期的な提唱であろう。

明治初年以來の牧草の導入試作、検定に終始した時期を経て、1935年から太平洋戦争開始(1941年)までの数年間は牧草試験創成期といわれる。1935年～1937年にわたって、チモシーとアカクロバの適正混播量を決定するための試験が北海道農業試験場本場、十勝支場、根室支場、早来試験地、天塩試作場、日高試作場で一斉に行われたが^{註1)}、これは農業試験場における牧草混播試験の初めての試みと思われる。その後、海外からの牧草種子の輸入は困難となり、国内における種子の自給が急がれたが、緑肥、飼料兼用のアカクロバの採種量が最も多く、次いでチモシーで、オーチャードグラスは非常に少なかった。山田(1940)によれば、当時の牧草混播はチモシーとアカクロバが主で、オーチャードグラスとアカクロバの組合せも用いられた。

太平洋戦争後は酪農振興の気運が高まるに伴い、試験研究機関においても積極的に牧草試験が行われるようになった。チモシー・アカクロバおよびオーチャードグラス・アカクロバを組合せた牧草混播用量試験が1949年から1952年にかけ

註1. 農林省農林水産技術会議事務局, 1965, 北海道における飼料作物に関する試験成績抄, 畑作研究推進会議資料, 10, 1-220

て行われた⁴²⁾。さらに各地域における混播例の創出を目的として多数草種を組合せた混播試験が1952年から1960年にかけて数場所において実施された⁴³⁾。しかし、これらの多くは草種構成に関する成績を欠き、各構成草種の意味づけを見いだせないというらみがある。

1960年以降の酪農の振興に伴い、牧草種子の需要が増大したのに対して道内採種量が著しく少なくなり、ほとんど輸入種子に依存するようになったので、多種類の牧草種子の入手が比較的容易になり、多数草種混播が次第に一般化するようになったと思われる。北海道農務部によって根釧管内に設置された営農技術実験展示園に供試された兼用草地はオーチャードグラス、チモシー、メドーフェスク、イタリアンライグラス、アカクロバ、ラジノクロバの6草種からなり、根釧管内の小規模草地改良事業に用いられた混播例は上記のような多草種組合せによるものであった。

欧米における草地が複雑混播から単純混播へと移行する中で、草種構成や収量の変動に関心が集まり、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かという疑問が当然生じたと思われるが、混播における草種間の相互作用や混播の収量についての理論的研究や厳密な試験が行なわれるようになったのは比較的近年になってからである(RHODES 1970)。

混播が単播よりも有利であるとする主な理由は、1) 環境条件の変化を適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(BLASER et al. 1956)、2) 一つの草地に季節的に生育パターンの異なった草種、品種を組合せて、合理的に利用すること(DONALD 1963)、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(DONALD 1963, HARPER 1961, WHITTINGTON 1967)、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(SIMMONDS 1962)等である。

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、適切な処理が施されなければならないが、そのような厳密な設計による試験例は極めて少ないけれども、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。BERG (1968) はち密な試験を行い、イネ科草種の混播よりも単播が有利であることを報告している。

本研究の目的は草地の草種構成はイネ科草種を主体にしてマメ科草種は草収量や飼料としての栄養価の向上に必須であるが従属の立場に据えおく(MOORE 1966, 吉田 1976) ことを前提として、最もよい草種構成を見いだすために、草種構成の推移を通じて草種間の相互作用を明らかにすることにある。

草地を構成する草種の中で、その環境に良く適応する草種が侵襲的となって混播草地の中で優勢になり、一方適応程度の小さい草種は抑制される現象が認められるが、草種構成は各草種の侵襲性の結果と考えることができる。換言すれば、草種間競争の存在および方向は草地の長期間にわたる草種構成の変化から証明される。ここで侵襲性というのは、混播草地において他の草種や雑草に打ち勝つ能力、Aggressiveness (HANSON・CARNAHAN 1956) を意味する。したがって、aggressive な草種は株の広がりや植物体の増大によって他草種を抑制する。

本研究は以上のような観点に立って行われ、次のような構成からなっている。第2章ではチモ

註2.

- 牧草混播用量試験(上川支場天塩分場, 1949)
- 牧草混播用量試験(天北支場, 1950)
- アカクロバ・チモシー混播利用試験(美唄泥炭地研究室, 1950)
- 高位泥炭地における牧草の混播利用法(美唄泥炭地研究室, 1952)

註3.

- 牧草混播量試験(天北支場, 1952, 1954)
- 牧草の混播(北海道農業試験場畜産部, 1955)
- 低位泥炭地における牧草混播試験(天北支場, 1958)
- 土性別牧草混播試験(宗谷支場, 1960)

シー、オーチャードグラス、メドーフェスクの主要イネ科草種について、地上部および根部の生育および養分吸収の過程から各草種の特性を明らかにしようとした。第3章では侵攻性に関する草種間差異について、いくつかの試験を試みた。第1節では古くから慣行的に利用されているチモシーとアカクロバの混播について、両草種の播種量割合と肥料処理を組合せた条件の下での両草種の相互作用および草収量に対する効果を検討した。第2節ではイネ科草種とマメ科草種各1草種ずつからなる単純混播草地における草種間の相互作用、特にマメ科草種に対するイネ科草種の侵攻性の差異をみた。第3節はラジノクロバの混生条件下で、イネ科3草種を2草種ずつ、種々の割合で混播し、非競争的な状態における草量と混播における草量との比、相対草量、RY、を侵攻性のパラメータとした。このパラメータによるイネ科2草種間の相互関係を草収量の経時的変化とともに考察した。第4節ではイネ科2草種間の相互関係の地域による再現性をみるために、アカクロバおよびラジノクロバをベースにしてイネ科2草種の組合せによる6種類の混播試験区を3地域に設置して、イネ科2草種を中心に草種構成の経時的推移から草種間の相互作用を考察した。第4章においては、草種構成と栽培要因との関係を検討した。混播草地の主体草種や随伴草種および施肥量の要因を直交表によりわりつけて、構成草種各々に対するこれら要因の効果および要因間の相互作用効果を明らかにしようとした。第1節では8年間の長期間にわたってこれらの要因効果を考察し、第2節では主体イネ科草種を優勢な状態で維持するための随伴草種および施肥量水準の選定

について知見を得ようとした。第5章の第1節および第2節では模擬放牧的な頻繁刈取りによる草種構成におよぼす影響を見いだそうとし、第3節では乳用育成牛の放牧条件下で草種構成の推移を検討しようとした。

これらの一連の試験結果は、草種間の相互作用による草種構成の推移からみて、多草種混播草地よりも利用目的別に設けられた単純混播草地の利用が草地の維持管理上、合理的であろうという結論に達した。

本研究の大部分の試験は1966年から1973年までの間、北海道立根釧農業試験場で行ったものであるが、帯広畜産大学および北海道立中央農業試験場で行った試験の1部も加えた。

謝辞 本研究の開始の機会と激励を賜った（故）中松喬三郎前帯広畜産大学教授に深甚の謝意を表す。前北海道立根釧農業試験場長坪松戒三博士（現弘前大学教授）、同松村宏氏（現北海道農業協同組合中央会）、同平沢一志氏（現北海道立滝川畜産試験場長）から試験遂行の便宜と激励を賜わり、同場作物科研究職員松川久氏（現十勝中部地区農業改良普及所）、同大口勝啓氏（現北海道農務部）、同堤光昭氏、同吉良賢二氏には試験遂行に絶大な協力をいただいた。北海道大学農学部教授後藤寛治博士、同高橋萬右衛門博士、同喜多富美治博士、前北海道立中央農業試験場長島崎佳郎博士（現北海道拓殖短期大学教授）には本研究とりまとめの上で助言と校閲を賜った。特に後藤寛治博士には本研究の開始当初以来、指導をいただいた。記して深く感謝の意を表す。

第2章 イネ科草種の生育特性

第1節 主要イネ科草種の生育過程

草地の高位生産を期待するためには、草地の主体をなすイネ科草種の生育特性を十分に理解し、合理的な栽培技術を組立てる必要がある。

牧草の生産は地上部の茎葉の刈取り（あるいは家畜による採食）と再生のくりかえしによって成り立つ。牧草の再生は刈取り後、貯蔵物質を利用して新葉を形成する過程であるが、草種によって生育の進み方や分けつの出現方法が異なり、再生の様相も異なってくるので、牧草の収量は再生機構に依存する面が多い。

分けつ発生の季節的消長については、イネ科草種によってそれぞれ異なった型や地域による差異も見いだされる。LANGER(1956)、LAMBERT(1962)、SHEARD(1968)、脇本(1971)はチモシーの分けつの季節的消長について報告し、星野ら(1956)、上野ら(1961)、佐藤ら(1967)はオーチャードグラスについて、分けつ発生の消長および器官ごとの生産速度について報告している。

この試験は採草利用の主要な草種である、チモシー、オーチャードグラス、メドーフェスクについて生育過程を追跡し、生育特性を明らかにしようとした。

試験方法

この試験は北海道立根釧農業試験場で1970年～1972年にわたって行った。

チモシー（センボク）、オーチャードグラス（キタミドリ）、メドーフェスク（レト）を供試した。発芽率はそれぞれ86.2%、74.5%、85.8%であり、1,000粒重はそれぞれ475mg、1,100mg、2,083mgであった。

ほ場は火山性土壌で、えん麦の地ならし栽培跡に直径28cm、深さ25cm、無底のトタン製枠204個を埋め込んだ。枠当たり発芽可能種子数が150粒とな

るように播種量を規制し、1970年5月22日に播種した。

年間施肥量(g/枠)は第1年次は粉状複合肥料を用い、窒素0.51g、リン酸0.51g、カリ0.68g、第2年次および第3年次は化成肥料を用い、窒素3.84g、リン酸4.00g、カリ4.84gを施用した。土壌中の肥料養分の消長をできるだけ平準的にするために、第1年次では13回にわたり等量ずつ分施した。第2年次以降は熔成燐肥と過燐酸石灰は早春に全量を、化成肥料は1月ごとに6回にわたり等量ずつ分施した。

第1年次は7月上旬から11月下旬まではほぼ2週間おきに12回、第2年次は4月中旬から12月中旬まで18回、第3年次は4月中旬から6月中旬まで5回の試料堀取りを行い、毎回各草種とも2枠ずつ堀取り、枠当たり平均値を求めた。

試料は枠ごと堀り出して地上部と地下部に分け、地上部はまず茎数を数えたが、分けつは第1葉が伸長しはじめた大きさ以上のものを数え、葉腋から側芽としてわずかに出現したばかりのものは数えなかった。全体の生重を秤量した後に一部試料について、葉身と葉鞘十茎に分離して風乾重を求めた。チモシーでは第2年次の2番草以降は球茎部分を秤量した。この場合は母茎が刈取られた後の残存球茎を対象にしたが、膨大している節間部分のみを秤量した。

地下部は枠の深さが25cmであるためにそれ以下の部分は除き、上、中、下の等間隔の3層に分けて、土砂を洗い出し、それぞれの風乾根重を求めた。

試験結果

1. 茎数の推移

枠当たり茎数の経時的推移を図1に示した。枠当たり発芽数が150個体となるように播種量を規制したが、実際の平均発芽率はチモシー77.3%、オーチャードグラス83.3%、メドーフェスク90.

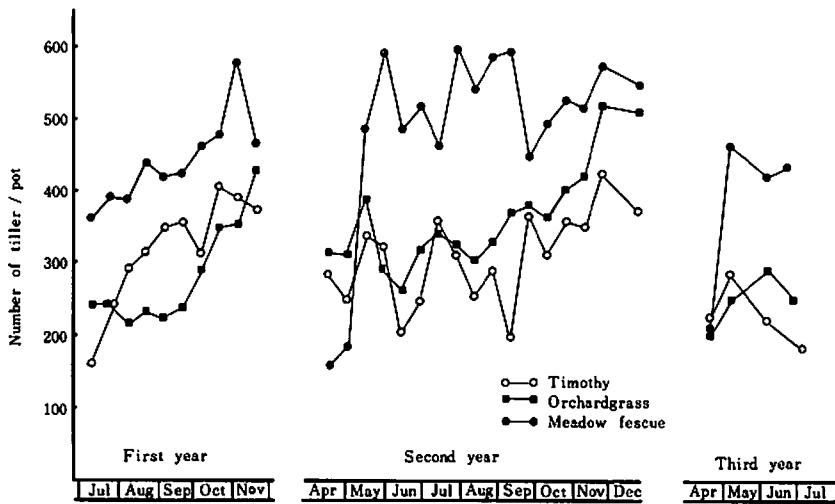


Fig. 1. The time changes in the number of tiller of timothy, orchardgrass and meadow fescue.

0%であった。播種後52日目から試料の堀取りを始め、この時点で個体当りの茎数は各草種とも1～6本を数え、平均ではチモシー1.35、オーチャードグラス1.86、メドーフェスク2.64であり、株当り茎数はそれぞれ154, 240, 361であった。立毛定着時にすでに草種間差異が見いだされた。

1) チモシー

第1年次では出穂期まで分げつ発生が著しく、その後も茎数増加の傾向が10月下旬まで続き、それ以降は冬に向って減少した。

第2年次の融雪直後（土壌は凍結状態）の4月23日には282本の越冬茎を数えたが、前年秋の最大時の70%であった。5月上旬から著しい分げつの発生がみられ、5月下旬に最大茎数を示し、その後は減少傾向を示した。これは節間伸長期に入って越冬茎の伸長が著しく、5月に発生した弱小茎が淘汰されたことによるものと思われる。1番草の出穂期頃から球茎の節に第2次の分げつが発生し始めて、刈取期（7月中旬）には第2の最大期が形成された。この時点の出穂茎数は全茎数の29%に過ぎなかった。1番草刈取後に第2次分げつが伸長し、それに伴う弱小分げつのような折に

よって茎数はやや減少傾向を示した。8月中旬の2番草刈取期の前後に分げつの発生はみられず、出穂茎は15%程度であった。9月中旬になると、急激な分げつの発生がみられ、さらに10～11月にかけても分げつの漸増傾向が続き、11月中旬には第3のかつ最大の分げつを数えた。それ以後は冬に向って茎数はやや減少した。

第3年次の越冬茎は210本を数え、前年秋の最大値の50%であった。7月上旬の出穂期までの茎数の推移は前年とほぼ同様であった。

2) オーチャードグラス

第1年次の播種後50日目の個体当り平均茎数は2本内外で、9月下旬まで分げつの発生は極めて少なかった。10月以降は著しい増加を示し、最終堀取りの11月中旬まで増加傾向を続け、チモシーをやや上回る茎数を数えた。

第2年次の早春の越冬茎数は、越冬前の73%であったが、5月上～中旬に急激な分げつの発生がみられ、第1の最大期を示した。その後は節間伸長とともに弱小茎が淘汰され茎数が減少した。1番草刈取時の出穂茎は全茎数のわずか6%に過ぎなかった。2番草は7月30日、3番草は9月9

日にそれぞれ刈取ったが、第2の最大期は7月中旬に、第3の最大期は9月下旬にそれぞれあらわれた。チモシーと同様に、10月～11月にかけて急激な分げつの発生がみられ、11月中旬には第4のかつ最大の分げつ発生期となり、越冬直前の12月中旬にはやや減少した。

第3年次の早春には緑葉を持った越冬茎がみられず、極めて多数の大粒菌核が附着していたが、枯死茎の基部には分げつが認められた。そのために、5月における分げつの発生は第2年次ほどおう盛でなかったが、6月上旬に最大期となり、出穂期には減少した。

3) メドーフェスク

第1年次の立毛定着以来、他の2草種よりも茎数が多く、秋季には急速な増加を示し最大茎数を数えたが、チモシーの1.8倍、オーチャードグラスの1.4倍に相当した。

第2年次の融雪期直後の茎数は他の2草種よりも著しく少なかったが、5月における分げつの発生が極めて著しく、第1の最大期を形成し、チモシーの1.8倍、オーチャードグラスの1.5倍の茎数を数えた。他草種と同様に、出穂前の節間の伸長に

伴い弱小茎が淘汰されて減少し、7月上旬の1番草刈取り期には茎数推移の谷を示した。出穂茎は全茎数の17%に過ぎなかった。9月上旬の2番草刈取り期には第2の最大期となり、更に11月中旬には第3の最大期を形成した。

第3年次の早春にはチモシーやオーチャードグラスとはほぼ同等の茎数を数えたが、5月上旬には活発な分げつの発生がみられ、出穂期までの茎数の増加傾向は第2年次とはほぼ同様であった。

2. 器官別現存量の推移

第1年次における地上部および根部の風乾現存量の推移は図2、3、4、に示すように3草種ともほぼ類似した傾向を示した。地上部重は定着後ゆるやかな増加を続けながら、11月上～中旬（この時期の日平均気温は約5℃）に最大量に達し、以後温度の低下とともに次第に葉身部の減少がみられ、葉鞘+茎の現存量には増減がみられなかった。最大現存量の順位はオーチャードグラス>メドーフェスク>チモシーのごとくであった。一方、根部現存量の推移は越冬前の最終堀取りまで増加を続け、その順位はメドーフェスク>オーチャードグラス>チモシーのごとくであった。

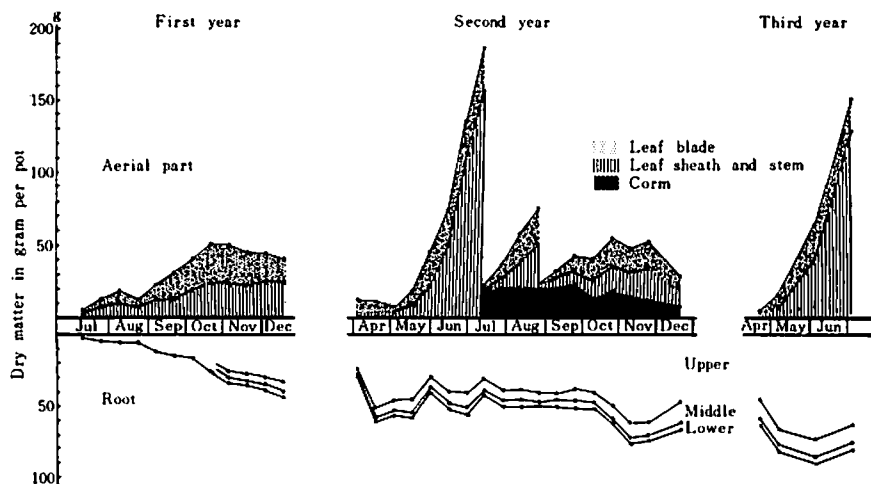


Fig. 2. The time changes in the dry matter of the organs of timothy.

The root was divided into the upper part; 0 to 8 cm, the middle part; 8 to 16cm, and the lower part; 16 to 25 cm.

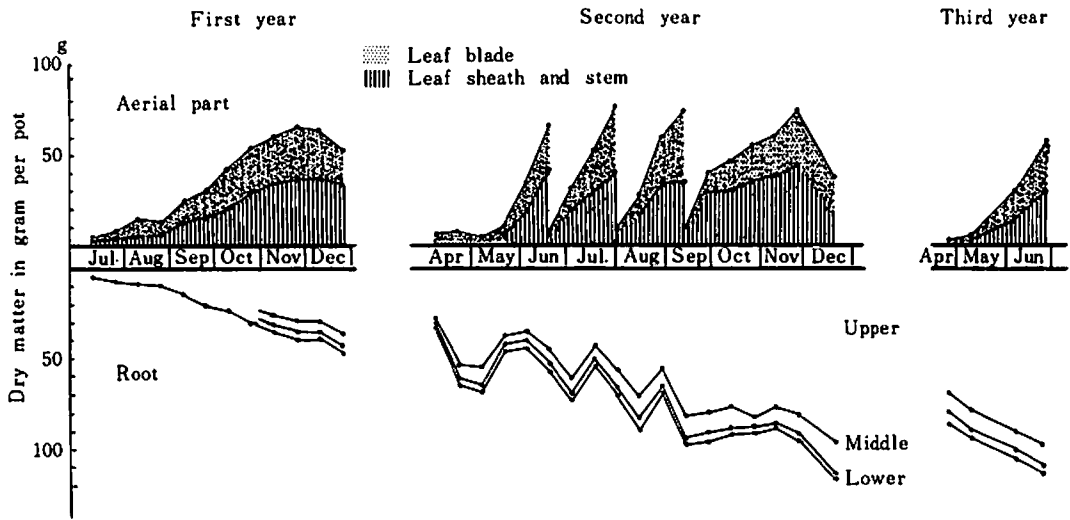


Fig. 3. The time changes in the dry matter of the organs of orchardgrass.
The root was divided into three parts like the root of timothy.

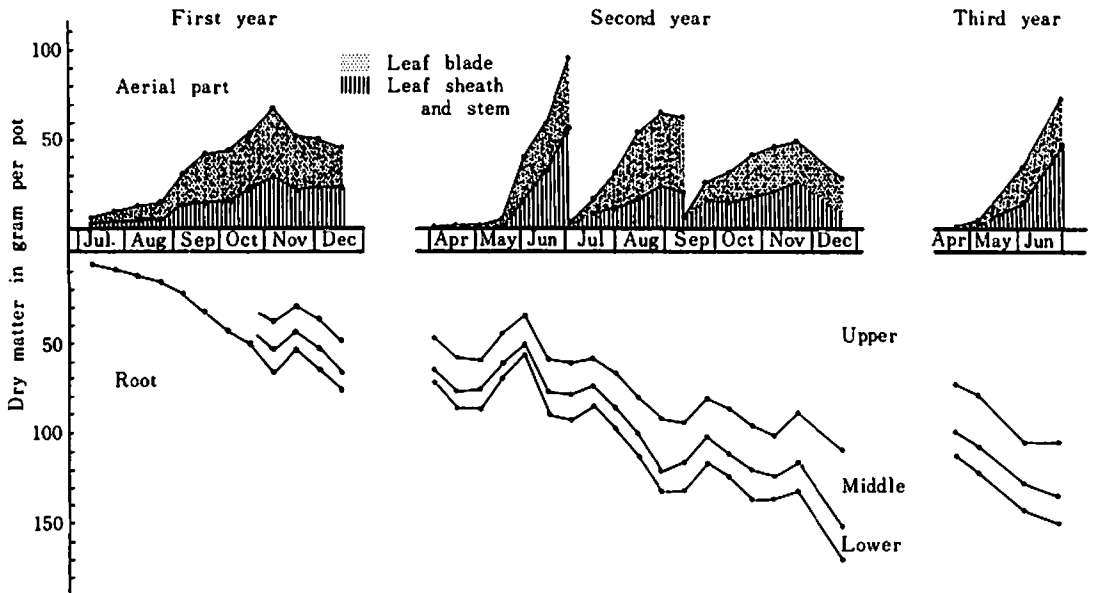


Fig. 4. The time changes in the dry matter of the organs of meadow fescue.
The root was divided into three parts like the root of timothy.

第2年次は各草種の草勢にあわせて刈取りを進めたので、草種によって刈取り時期およびその回数を異にしたが、地上部現存量は図2、3、4、に示すとおり、チモシーは1番草186g、2番草55g、3番草39g、計280gのように1番草に片寄った

季節生産を示し、オーチャードグラスは番草ごとに66g、76g、73g、74g、計289gのように平準的季節生産を示した。メドーフエスクは95g、63g、48g、計206gで前2草種の間中型を示した。

一方、根部現存量は早春において、チモシー31

g, オーチャードグラス33g, メドーフェスク71gであり, 季節や刈取りによって消長がみられたが, 晩秋の最高現存量はそれぞれ75g, 118g, 167gであり, 地上部現存量とは必ずしも対応せず, メドーフェスクの根量は他の2草種よりも著しく多かった。

3. 器官別風乾物生産速度

地上部および根部の現存量の推移をさらに器官別の風乾物生産速度CGR(g/枠/日)によって草種ごとに検討を加えた。

1) チモシー

4月下旬の融雪直後では緑葉を持った越冬茎の風乾重は越冬前のほぼ $\frac{1}{2}$ であり, 根重は越冬前に比べて約80%であった。図5に示すように, 4月下旬には地上部重の増加は全く認められなかったが, 根重の増加は極めて著しく, 早春の生長開始はまず根部の生長から始まった。5月から7月中旬の1番草の刈取り時期までの地上部のCGRは極めて大きかったが, その大部分は葉鞘+茎であり, 葉身のCGRは極めて小さかった。1番草の地上部生長が盛んに行われた5月下旬には根部の

CGRは著しく負となった。これは早春における根部貯蔵物が地上部の生長のために分配されたためと考えられる。そして, 地上部の生長がさらに増大するとともに根部への分配が再び行われるが, 出穂期になると根部のCGRは小となった。1番草の刈取り期には地上部のCGRもやや減退し, 根部のCGRは大きく負となったが, これは地上部が繁茂して生長が停滞あるいは後退し, 根部の生長はそれ以上に後退したためと考えられる。

2番草の生長は1番草に比べて非常に劣ったが, 葉身のCGRはほぼ同等に持続したのに対して, 葉鞘+茎は次第に大となり, 2番草の最終試料では葉身の約2倍のCGRを示した。一方, 根部のCGRは次第に小さくなった。

3番草の地上部のCGRは極めて小さかったが, 葉身のCGRはゆるやかな山型の推移を示したのに対して, 葉鞘+茎はほぼ平準的推移を示し, 地上部全体の生長は日平均気温が5℃内外となる11月中旬まで続いた。

チモシーの茎の基部には球茎が発達し, その貯蔵養分が再生草の生長に役立っていると考えられ

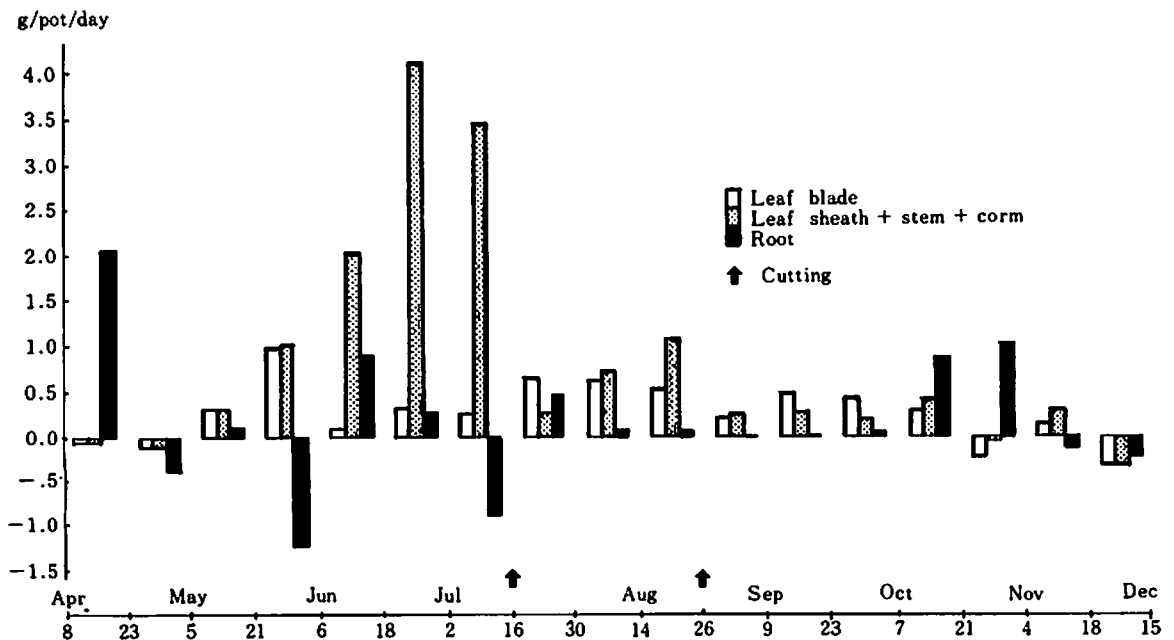


Fig. 5. The crop growth rates (g/pot/day) of the organs of timothy in the second year.

るが(早川ら1960, SHEARD 1968, 脇本 1971), 2番草の生育期間における1番草の残存球茎の残存量は19.9gから20.2gへほぼ平準的に持続し, 3番草生育開始から越冬直前までにおける1番草+2番草の残存球茎は20.7gから7.3gに次第に減少した。3番草の生長には球茎貯蔵分が役立っていると思われる。

根部の生長が10月に入ってから著しく大となったことは注目すべきことであり, 3番草全体の生長は12月になってはじめて負のCGRを示すようになった。なお, 3番草として発達する分けつの基部から新しい根がおう盛に発生することが脇本(1971)によって観察されている。

2) オーチャードグラス

図6に示すように, 早春の生長はチモシーと同様にまず根部の生長から始まった。そして6月中

旬にいたるまでの1番草の生育過程の中で地上部の生長が急速に進むが, その途中で根部は負のCGRを示し, 地上部の生長がさらに進むに従い, 再び根部への分配が行われるようになった。

2番草の地上部のCGRは平準的な推移を示したが, 根部の生長は一旦負のCGRを示し, その生育後期には再び根部へも分配が行われるようになった。

3番草の生育過程もほぼ2番草と同様な傾向を示したが, 根部におけるCGRの変動が大きかった。

9月上旬から越冬までの4番草の生育では地上部の生長が続き, 現存量は次第に多くなったが, 12月中旬には低温のためにCGRは著しく負となった。一方, 根部のCGRは11月から12月にかけて著しく大となった。

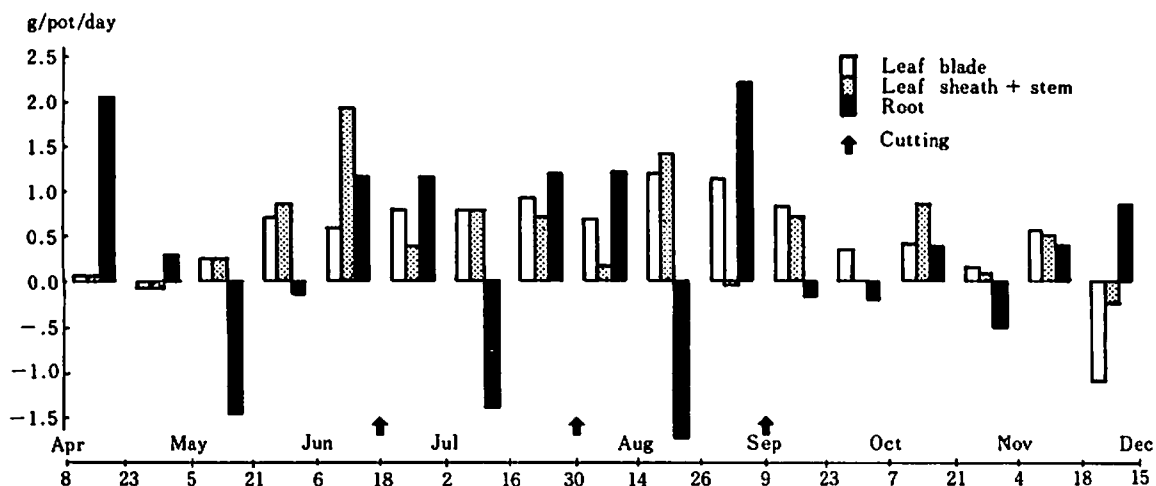


Fig. 6. The crop growth rates (g/pot/day) of the organs of orchardgrass in the second year.

3) メドーフェスク

図7に示すように, チモシーやオーチャードグラスと同様に, 早春の生長は根部の生長から始まったが, そのCGRはこれらの草種のほぼ1/2程度であった。1番草の生育過程の中で5月上旬の地上部の生長に先立って根部に負のCGRが認められ, 下旬には地上部の急速な生長に伴い根部は引き続き負のCGRを示したが, 6月中旬には根

部のCGRは著しく大となった。

2番草の生育では刈取り直後に葉身のCGRが大となり, 根部は負のCGRを示した。以後, 葉身のCGRは山型の推移を示し, 葉鞘+茎のCGRは葉身より小であったが漸増する傾向を示した。そして根部のCGRも著しく大となった。

9月中旬から越冬までの3番草の生育については, まず再生の当初は葉身のCGRが大きく, 次第

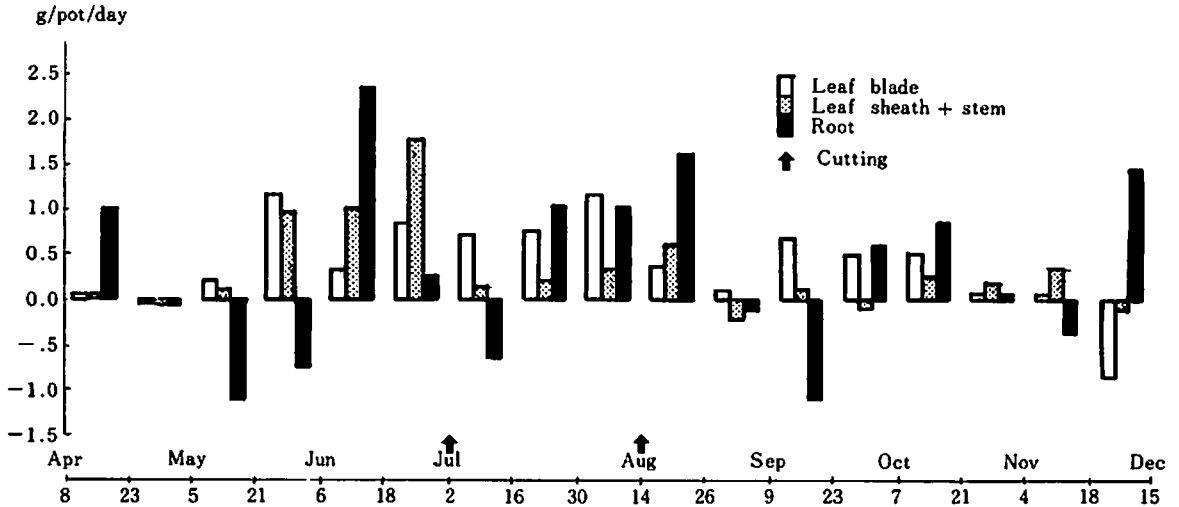


Fig. 7. The crop growth rates (g/pot/day) of the organs of meadow fescue in the second year.

に小さくなりつつ12月中旬には現存量の著しい減少をみた。それに対して葉鞘+茎の当初のCGRは小さかったが、12月中旬の現存量の減少程度も小さかった。根部では再生の初期に負のCGRがみられたが、次第に増大し、11月下旬から12月上旬にかけてCGRが著しく大となった。しかし、11月中旬に一時的にみられた根部の負のCGRは1年次にも認められており、またオーチャードグラスにも見いだされたが、チモシーには見られなかった。

論 議

1. 茎数の推移

LANGER (1956) は個体植えチモシーの分げつの消長を調査して、4月末および7月末にそれぞれ最大期に達し、その後11月末まで減少傾向が続いたと述べ、LAMBERT (1962) も同様な結果を報告しているが、本試験における秋季の茎数の推移とは大きな相異がみられ、秋季におけるイギリスとの気象や日長の差異が茎葉の繁茂に影響し、分げつの発生に差異をもたらしたものと考えられる。

根釧地方における冬季間の低温、土壤凍結および積雪などの条件下では越冬中の茎数の減少を避

けることができない。しかし、越冬茎は翌年の1番草の主体をなすものであり (SHEARD 1968, 脇本 1971), 越冬態勢に対する施肥などの技術的対策も重要である (脇本, 堤 1974)。

オーチャードグラスの茎数の推移について、星野ら (1957) は3~4月、6月および10~11月の3つの最盛期を見だし、その後冬季の低温とともに分げつの発生が減少したことを報じ、上野ら (1961) も同様な傾向を認めた。佐藤ら (1967) は分げつの発生数は穂孕期、開花期以降夏の高温時期まで、および9月以降の低温短日期の3時期に急速に増加し、一方、分げつの枯死の著しい時期は出穂始ごろから開花盛期までと刈取り後に高温、乾燥に遭遇した時期の2つであると報告している。

オーチャードグラスは非常に多げつ性であり、年間連続的に分げつする特性を有し、茎葉の伸長および刈取りによって茎数の消長が影響されるが、夏枯れによる茎数の減少は本試験では観察されなかった。しかし、晩秋に急激に増加した若い分げつは越冬中に著しい障害 (低温や大粒菌核病) を受け、翌春の茎数が激減することはまぬがれなかった。また、出穂茎は極めて少なくなったが、

GARDNER・LOOMIS (1953) が述べるように、短日、低温により花芽が形成されても、越冬中に障害を受けたものは栄養生長を続けることがあっても、幼穂分化や穂の発育が認められないことによるものであろう。

メドーフェスクはチモシーやオーチャードグラスに比べて多げつ性であり、越冬中の茎数の激減にもかかわらず、5月における分げつ発生は極めて多かった。LANGER (1958, 1959) や LAMBERT (1962) はいずれも S-48チモシーと S-215メドーフェスクの生育を比較し、メドーフェスクの茎数はチモシーよりやや上回る程度であり、5月から7～8月にかけて著しく減少したことを報告しているが、本試験の結果と全く異なるものであった。

2. 器官生長の草種間差異

地上部現存量についてチモシーは1番草に片寄った季節生産を示したのに対して、オーチャードグラスは季節生産が平準的であり、メドーフェスクは両者の中間型を示した。このような傾向は LAMBERT (1962) の報告にもみられるが、LANGER (1958, 1959) はチモシーおよびメドーフェスクの乾物重の推移が5月から9～10月に向けて漸増傾向を示したと述べ、酒井ら (1969) はオーチャードグラスの季節生産について春高秋低型を示したと報じているが、本成績とは傾向を異にしている。

一方、根部現存量は季節や刈取りによって消長がみられ、量的な差異が草種間に認められたが、チモシーは春から秋にかけて平準的ないしやや漸増傾向を示したのに対して、オーチャードグラスおよびメドーフェスクは著しい増大傾向が認められた。酒井ら (1969) はオーチャードグラスについて同じような傾向を報告しているが、上野ら (1961) の4月に最高に達し、刈取りの行われる期間に減少が著しく、10月に最低となり、秋から冬にかけて再び増加したという報告とは異なるものであった。

第2年次における再生の型は草種間に相似あるいは相異が認められた。まず、1番草の生長は各草種とも共通の型を示した。すなわち、根部の生長開始、ついで地上部の生長とそれに伴う根部の

減少、そして全器官の増大が続く3段階である。

2番草以降の再生草の生育の型は草種によって差異がみられた。チモシーは球茎のごとき再生のための養分貯蔵器官を有しているために、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が増大する型が認められた。オーチャードグラスは初期に地上部および根部の増大、中期は地上部の増大と根部の減少、後期は全器官の増大する3段階である。酒井ら (1969) はオーチャードグラスについて、初期は根や葉鞘+茎の減少が起り再生に利用される時期、中期はこれらの器官が漸増する時期、後期は特に根量が激増する時期の3段階に大別したが、このような型は本試験の結果ではオーチャードグラスよりはメドーフェスクにあてはまるようである。

オーチャードグラスやメドーフェスク、特に後者の根量がチモシーと比べて著しく多いことが地上部の生長にとって特に有利であるという結果が得られていない。メドーフェスクはその根が土壌の孔隙をうずめ、ルートマットを形成し易い草種であり、オーチャードグラスも同様である。

摘 要

チモシー、オーチャードグラス、メドーフェスクについて、幼植物の定着後から第3年次の1番草にいたるまでの生育過程を追跡した。

1) 幼植物の分げつの発生はメドーフェスクがもっとも多く、次いでチモシーで、オーチャードグラスはもっとも少なかった。地上部および根部の生育過程は3草種ともほぼ類似した傾向を示したが、地上部現存量の順位はオーチャードグラス>メドーフェスク>チモシーのごとくであり、根部ではメドーフェスク>オーチャードグラス>チモシーの順であった。

2) 2年次では春季、各刈取り後および晩秋にそれぞれ分げつ発生の最盛期があらわれ、節間伸長に伴う弱小分げつの枯死によって茎数の季節的消長がみられた。メドーフェスクはもっとも多げつ性を示し、次いでオーチャードグラス、チモシーの順であった。

3) 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草種の中間的傾向を示した。

4) いずれの草種においても、1番草の乾物生産の推移はまず根部の生長、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段階の型がみられた。

5) 再生草の乾物生産の推移は草種によって異なった型がみられた。すなわち、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時期の2段階、オーチャードグラスでは初期に地上部および根部の増大、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、メドーフェスクでは初期は根部や葉鞘+茎の減少が起り葉身の再生に利用される時期、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段階の型がみられた。

第2節 成分含量

チモシー、オーチャードグラス、メドーフェスクはそれぞれ異った生育過程を示したが、それに対応して養分吸収過程を明らかにしようとした。養分吸収過程については原田(1967)はオーチャードグラスとアルファルファを用い、北海道農業試験場草地開発部草地第3研究室(1967)¹¹⁾はイネ科6草種、マメ科3草種について報告している。

試験方法

第1節における第2年次の各時期ごとの掘取り試料を用い、窒素、磷酸、カリについて地上部および根部の乾物中含量を求めた。成分分析は窒素はセミマイクロケルダール法、磷酸は比色法(モリブデン青-硫酸法)、カリは焰光分析法によった。

試験結果

1. チモシー

図8に示すように、4月上旬から7月中旬に

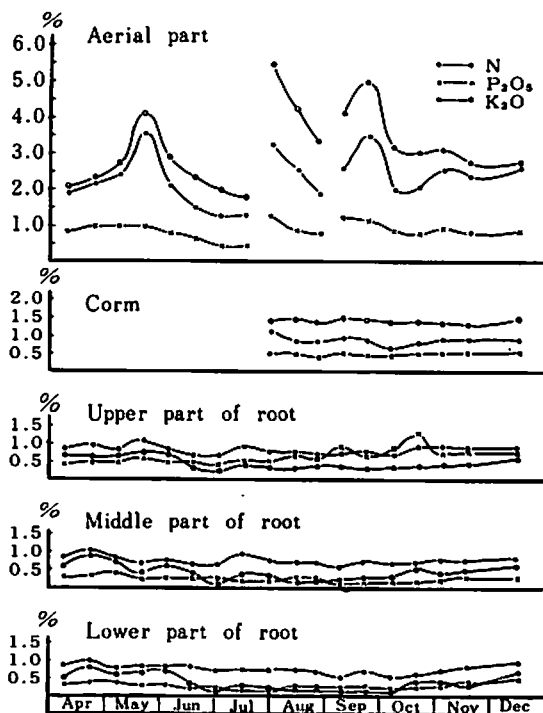


Fig. 8. The time changes in N, P_2O_5 and K_2O contents in dry matter of the aerial parts and the roots of timothy.

たる1番草の地上部の成分含有率は変異に富む推移を示した。すなわち、窒素とカリは4月上旬から5月上旬にかけて漸増し、茎葉の生長が盛んになりはじめようとする5月中旬にかけて急増し、引き続き茎葉のCGRが最大となる6月中旬にかけて急減し、以後は7月中旬の刈取り期まで漸減傾向を示した。このような経過の中でカリ含有率は窒素のそれを上回った。磷酸含有率はこれら成分よりも大幅に少なく、その推移は5月中旬に最高となったが、極めて緩やかな山型の推移を示した。根部の上、中および下層における3成分含有率は地上部のそれよりも非常に少なく、窒素>カリ>磷酸のように地上部の成分関係と異なり、かつ比較的に平準な時期的推移を示した。

7月下旬から8月下旬にいたる2番草の生育期間では地上部の3成分含有率は1番草よりも増大し、その再生初期にいずれの成分も高い含有率を示し、刈取り期に向って激減した。根部では各層

注1. 北海道農業試験場草地開発部草地第3研究室、1967: 試験成績報10, 1-72。

ともそれぞれの成分含有率は低く、かつ平準的な推移を示した。上層では窒素>リン酸>カリの関係が、中および下層では窒素>カリ≒リン酸のように異なる傾向を示した。

3番草の地上部では窒素およびカリの含有率は再生初期から9月下旬の葉身のCGRが大となる時期に最高となり、続いて10月下旬にかけて急に低下し、以後カリは越冬直前まで漸減したのに対して、窒素は11月上旬に再び増大してそのまま越冬直前まで続いた。リン酸はこれら2成分よりも含有率が低く、わずかな減少傾向を示した。根部上層部の成分含有率は窒素>リン酸>カリのように地上部と異なり、特にリン酸の含有率は9~10月にかけて増大傾向が認められ、新根の発生と関連があるように考えられる。中および下層部ではほぼ平準的に推移し、窒素>カリ≒リン酸の関係がみられた。

球茎は養分貯蔵器官として認められ、各成分含有率は地上部と根部の中間的数値を示し、カリ>窒素>リン酸の関係がみられたが、その季節的推移は平準的であった。

2. オーチャードグラス

成分含有率の推移は、図9に示すとおりである。4月上旬から6月中旬までにいたる1番草の生育過程における成分含有率の推移はチモシーとほぼ類似し、地上部生長の増大が始まろうとする5月中旬にカリおよび窒素含有率が高まり、その含有率はチモシーよりも大きかった。根部の上、中および下層の成分含有率は窒素>カリ>リン酸の関係を示し、比較的に平準に推移し、その含有率はチモシーとほぼ同様であった。

6月中旬から7月下旬までの2番草の過程で地上部のカリおよび窒素含有率は再生初期に高く、刈取り期に向かって激減し、リン酸は平準的であった。根部上層部では窒素およびカリは平準的であったが、リン酸含有率は増加傾向がみられた。中および下層では窒素>カリ≒リン酸の関係があり、ほぼ平準的に推移した。

8月上旬から9月上旬までの3番草の生育過程における推移は2番草のそれとほぼ同様であったが、根部上層部のみはリン酸の含有率が2番草の場

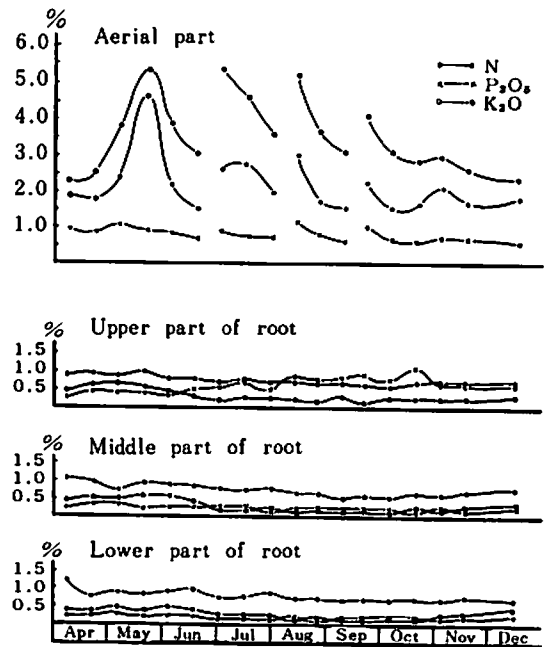


Fig. 9. The time changes in N, P_2O_5 and K_2O contents in dry matter of the aerial parts and the roots of orchard-grass.

合よりもさらに高かった。

9月上旬から越冬までの4番草の生育過程でカリおよび窒素含有率は再生初期に高かったが、以後は波状的に漸減した。リン酸含有率はほぼ平準的であった。根部上層部では3番草に引続きリン酸含有率の増加がみられたが、越冬直前ではやや低下した。中および下層部では窒素>カリ≒リン酸の関係を示しながら平準的に推移した。

3. メドーフェスク

成分含有率の推移を図10に示した。1番草の成分含有率の推移はチモシーやオーチャードグラスと類似し、5月中旬にカリや窒素含有率の増大がみられた。リン酸もその含有率は低いがゆるやかな山型を示した。根部上層部は窒素>カリ>リン酸の関係が、中および下層部では窒素≒カリ>リン酸の関係がみられた。

7月上旬から9月上旬までの2番草の生育過程で、地上部のカリ含有率は7月下旬に最高となる山型を示し、窒素含有率は再生初期に高く次第に減少した。リン酸はほぼ平準的であった。根部上層

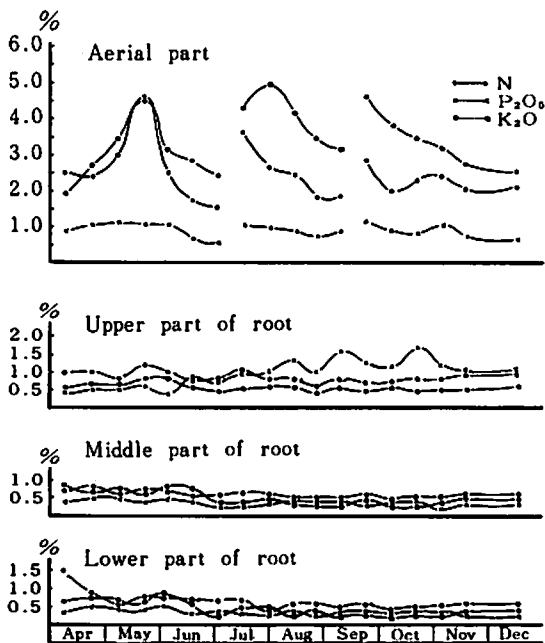


Fig.10. The time changes in N, P_2O_5 and K_2O contents in dry matter of the aerial parts and the roots of meadow fescue.

部の磷酸含有率は漸増、窒素含有率は漸減、カリは平準的な推移を示しながら、磷酸>窒素>カリの関係がみられた。中および下層部では窒素>磷酸<カリの関係がみられ、いずれの成分も平準的であった。

9月中旬以降越冬までの3番草の地上部の成分含有率の推移はオーチャードグラスの4番草と同様な傾向を示し、カリおよび窒素含有率は波状的な漸減傾向を示した。根部上層部では2番草に引き続き磷酸含有率の上昇がみられ、窒素やカリは平準的に推移し、磷酸>窒素>カリの関係がみられた。中および下層部では含有率が上層部よりも低く、窒素>磷酸<カリの関係で平準的に推移した。

論 議

地上部および根部の成分含有率の時期的推移は3草種ともほぼ類似した様式を示した。すなわち、地上部ではカリの含有率が高くて、次いで窒素で、両成分とも1番草では再生の初期に高く、

生育に伴い低下した。そして晩秋から越冬前にかけては波状的に漸減傾向を示した。磷酸はいずれの草種でも含有率が低く、顕著な型を示さなかった。成分吸収速度についてみると、1番草ではCGRとの間にやや対応的な関係がみられ、再生草では再生初期に成分吸収速度が高まり、それから遅れてCGRが大きくなる傾向がうかがえる。成分吸収速度は一般に草種間ではオーチャードグラス>メドーフェスク>チモシーの関係がみられた。チモシーの球茎の2番草以降の機能を考える時、2番草から3番草の生育を通じその乾物重がわずかに減少するのみであり、かつ成分含有率も平準的な推移を示すことから、2番草以降の球茎はその節から新枝条や新根が発生し、養分転流の中継器官と考えることもできる。

根部は等間隔に3分して、上、中、下層と分けたが、根色や新根の発生などから判断して上層には機能的な根が多く、中および下層には機能の衰えたあるいは枯死した根が多く存在する。上層の成分含有率は中および下層よりもやや高く、かつ一般に窒素やカリが平準的な推移を示す中で、磷酸のみは7月~10月にかけて（チモシーのみは9月~10月）その含有率の増大傾向が認められた。これは新根の発生と関連があるように思われる。根部における成分吸収速度は根部のCGRとほぼ対応した推移が認められ、その草種間比較はメドーフェスク>オーチャードグラス>チモシーのようであった。一般に地上部におけるカリおよび窒素の含有率は生育に伴い極めて変動の大きい推移を示したが、根部では平準的であった。また地上部の磷酸含有率の推移は比較的平準であったが、根部では夏から秋にかけて変動のある推移を示した。

摘 要

1) 3草種を通じ、地上部の成分含有率はカリがもっとも高く、次いで窒素であり、これらの成分は生育に伴い含有率の変動が大きかった。これに対して磷酸の含有率は低く、かつ生育を通じ平準的であった。養分吸収速度は草種間に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。

2) 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月～10月（チモシーのみは9月～10月）にかけて増大する傾向

が認められ、新根の発生と関連があるように考えられる。その傾向はメドーフェスクに顕著であり、次いでオーチャードグラス、チモシーの順であった。

第3章 侵攻性に関する草種間差異

第1節 チモシーとアカクローバの相互関係

草地の草種構成はいかにあるべきかという問題は造成草地の重要な課題の1つであるが、究極的には草地の生産性と家畜栄養の面からイネ科草種を主体にしてマメ科草種を随伴した型が基本的になると考えられる。

混播された草種の間に生育の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。これらの草種間関係には播種割合が特異的に関係する場合もあり (CHAMBLEE・LOVVORN 1953, KILCHER 1959), 施肥処理の効果も大きく働く (CHIASON 1960, COWLING・LOCKYER 1965, 1968, DOLL et al. 1961, KRESGE 1963, REHM et al. 1975, RUMBURG・COOPER 1961, WOLF・SMITH 1964)。この試験は、チモシーとアカクローバの組合せに対して混播割合や施肥処理の効果を究明する目的で行ったものである。

試験方法

この試験は帯広畜産大学農場(帯広市大正町)で1960年から1962年にわたって行った。チモシーとアカクローバの混播割合は表1に示すとおりで、1区10m²当り発芽可能種子数が8,000粒含まれるように、発芽率と1,000粒重によって播種量を規制した。施肥処理は表2に示すように6処理を設けた。土壌改良資材としてドロマイトを播種前に10アール当り120Kg、2年次および3年次の早春にそれぞれ100Kgずつ施用した。基肥は播種前に施用し、追肥は2年次と3年次に年間施肥量の1/2ずつを早春と1番草刈取り後にそれぞれ施用した。各試験区は畦幅50cm、畦長5mの4畦からなり、チモシーとアカクローバは同じ畦内に混播した。試験区は主区に施肥処理、副区に混播割合を配し、4反復分割区法によって設置した。刈取り調査は初年次は2回、2年次および3年次はそれ

Table 1. The mixing ratios and the seeding rates of the components in the mixtures of timothy and red clover.

Mixing ratio	Seeding rate in grams per plot	
	Timothy	Red clover
10:0	4.20	—
7:3	2.94	4.80
5:5	2.10	8.00
3:7	1.26	11.20
0:10	—	16.00

Table 2. Fertilizer treatments.

Fertilizer treatment	Annual amount in Kg per 10 are					
	basal			additional		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2(NPK)	4.50	9.00	7.50	12.00	24.00	20.00
NPK	2.25	4.50	3.75	6.00	12.00	10.00
NP	2.25	4.50	—	6.00	12.00	—
NK	2.25	—	3.75	6.00	—	10.00
PK	—	4.50	3.75	—	12.00	10.00
none	—	—	—	—	—	—

ぞれ3回行った。

試験結果

第1年次の草種別の風乾草量を図11に示した。チモシーの1番草草量は3要素2倍区>3要素区>無カリ区>無磷酸区>無窒素区>無肥料区の順に低くなり、チモシーの混播割合が多くなるに伴いその草量も多くなった。2番草でも施肥処理の影響は同様の傾向を示したが、単播区にくらべて、混播区のチモシーは優勢なアカクローバのために著しく抑制された。アカクローバの1番草量はチモシーとやや異なり、3要素2倍区>3要素区>無窒素区>無カリ区>無磷酸区>無肥料区の順に低くなり、その混播割合が多くなるに伴い、草量は3要素2倍区や3要素区以外は漸増傾向を示さずに山型の推移を示した。2番草についても、これらの処理による傾向はほぼ同様であった。

第2年次1番草では、無窒素区および無肥料区

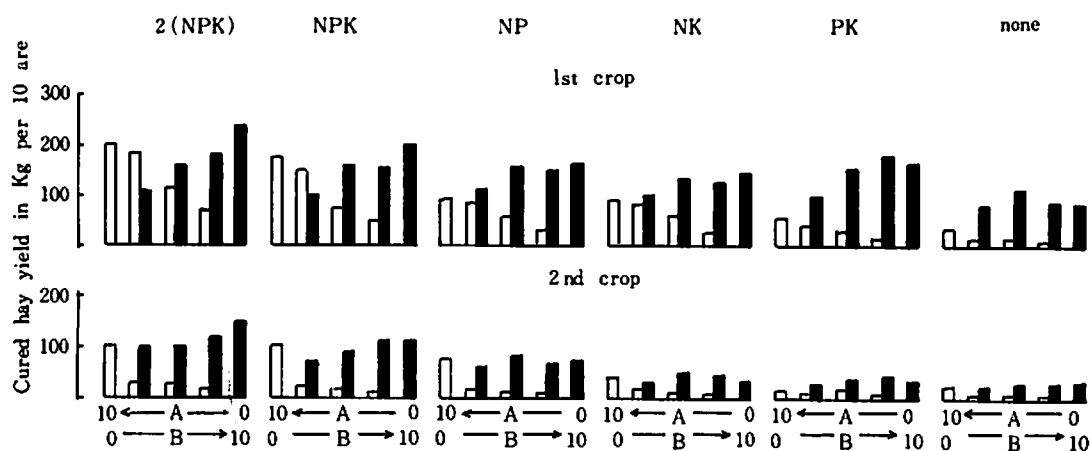


Fig.11. The yields of the components in the mixtures with five mixing ratios, 10: 0, 7: 3, 5: 5, 3: 7, 0: 10 of timothy(A) and red clover(B) under six treatments of fertilization in the first year. White and black bars represent timothy and red clover, respectively.

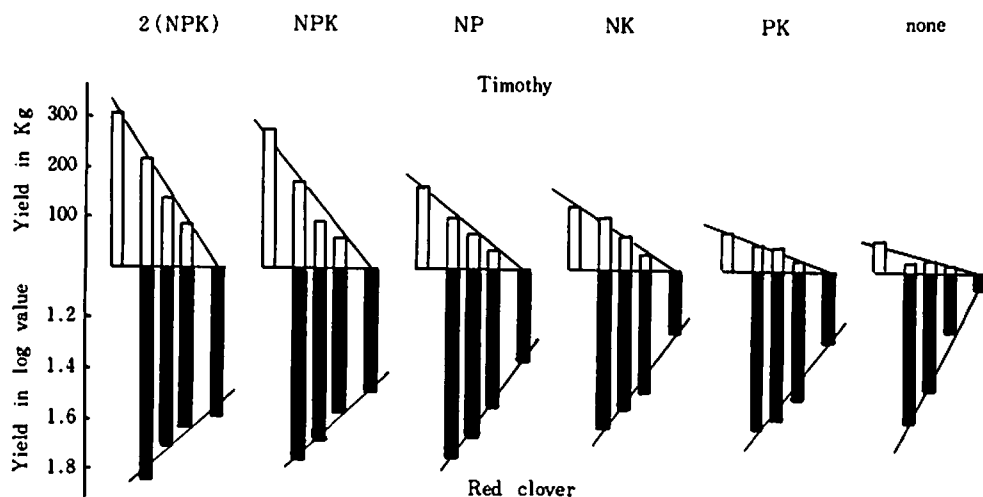


Fig.12. Linear interrelationships between the mixing ratios and the yields of the components in timothy and red clover mixtures in the first year. Top: Yield in Kg per 10 are of timothy. Bottom: Yield in log value per unit of mixing ratio of red clover.

以外の施肥処理ではチモシーが優勢となり、2番草および3番草では、すべての施肥処理でアカクロバが優勢を示した。第1年次と異なり、無カリ区や無窒素区ではチモシーの草量は混播割合に対応がみられず、2番草以降ではすべての施肥処理で混播割合による草量の差異が認められなくなった。またアカクロバでも混播割合と草量の関係がやや不明瞭になってきた。

第3年次の1番草では、無窒素区を除いてチモ

シーの優勢が顕著となり、アカクロバの弱勢と対照的であった。この時点では両草種とも混播割合と草量の関係が全く不明瞭となった。2番草以降ではチモシーの再生が劣り、アカクロバの草量はやや復活したが、混播区における混播割合と草量の関係は不明瞭の状態が続いた。

3年間合計の区全体草量を図13に示した。年次および番草を通じて、7:3, 5:5, 3:7の混播区は多くの場合チモシー単播(10:0)やア

カクロバ単播（0：10）よりも多収を示し、3年間合計でも混播区は単播区よりも有意に多収であり、5：5（無窒素区では3：7）が最失となる山型の推移を示した。草量に対する施肥処理の効果は3要素2倍区＞3要素区＞無カリ区＝無磷酸区＝無窒素区＞無肥料区の順を示した。

論 議

1. 密度効果

混播の研究には栽植密度の規制によって草種間の相互関係を理解することが大切であり（RHODES 1970）、本試験でも単、混播区ともほぼ8,000個体/10m²の密度が得られるように播種量を規制した。

第1年次におけるチモシーとアカクロバのそれぞれの年間草量と混播割合の関係を図12および表3に示した。チモシーではいずれの施肥処理においても草量と混播割合との間にはほぼ直線的な関係、 $Y = bP + K$ （ Y = 区当り草量、 P = チモシーの混播割合、 b = 回帰係数、 K = 恒数）が見いだされた。そして b の大きさは3要素2倍区＞3要素区＞無カリ区＞無磷酸区＞無窒素区＞無肥料区の関係となっているが、 b が大きいことはチモシーの集団密度の増加によってより多収が期待し

得ることを意味する。

アカクロバでは混播割合が増加しても草量は単調増加せず、草量と混播割合の間には曲線関係が見いだされ、その関係は $\log y = bP + \log K$ （ y = 混播割合当り草量）として表わされる。この b の大きさにも3要素2倍区＞3要素区＞無窒素区＞無磷酸区＞無カリ区＞無肥料区の関係が見いだされた。両草種とも b の値は3要素2倍区が他の施肥区におけるよりも大きい、施肥水準を高めることにより更に大きい集団密度を含み、かつより多収を期待することができる。上述の数式からより多収を得るための集団密度はチモシーの方がアカクロバよりはるかに大きいと見なされる。

一般に栄養体の収量を目的とする作物にとつては、単位面積当りの個体数がある水準に達するまでは栽植密度は収量に対して顕著な効果があるが、栽植密度がその水準を越えても収量は僅かずつしか増加しない（DONALD 1963, DUNCAN 1958, JARVIS 1962）。

初年次の草量について、チモシーではいずれの施肥区でも10アール当り420gの播種量による密度では限界水準に達していないと思われるが、アカクロバでは3要素2倍区および3要素区以外

Table 3. Linear relationships between the mixing ratios and the yields of the components in the mixtures of timothy and red clover under different fertilization treatments in the first year.

Fertilization treatment	Timothy			Red clover		
	b P	K	Probability	b P	log K	Probability
2(NPK)	123.6 P	-19.5	.01-.001	-.0359 P	+2.5272	<.001
NPK	122.4 P	-171.7	.02-.01	-.0370 P	+2.4443	.05-.02
NP	67.4 P	-55.2	.01-.001	-.0579 P	+2.5301	<.001
NK	52.1 P	-0.3	.01-.001	-.0577 P	+2.4146	.01-.001
PK	26.9 P	-14.3	.01-.001	-.0515 P	+2.4368	.05-.02
none	21.7 P	-16.4	.05-.02	-.0807 P	+2.4257	.02-.01

Timothy..... $Y = bP + K$

Red clover.... $\log y = bP + \log K$

Y = plot yield

y = plot yield per unit of mixing ratio

P = mixing ratio

b = regression coefficient

K = constant

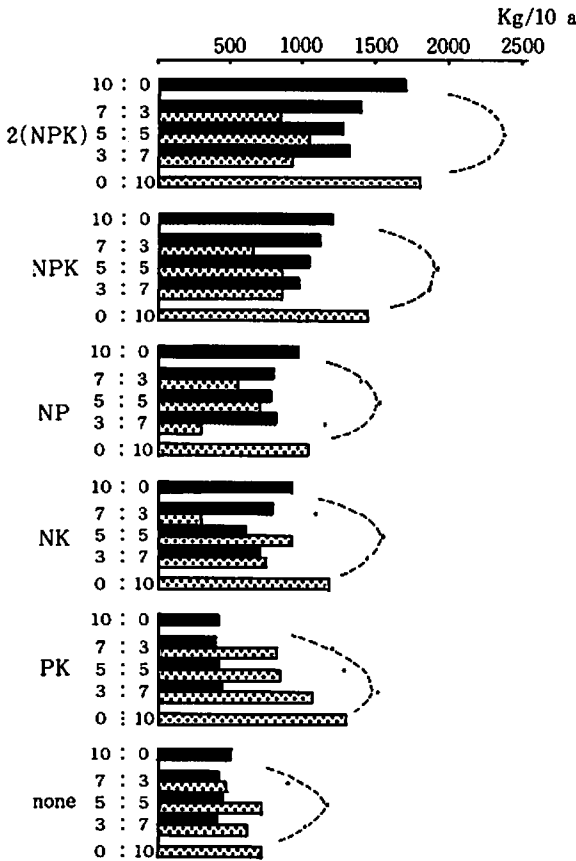


Fig.13. The total cured hay yields in Kg per 10 are of the components of timothy (■) and red clover (●) in the mixtures throughout a three year period.

の施肥区では10アール当り1,600gの播種量では限界水準を越えていると考えられる。草種あるいは施肥条件によって播種量の限界水準はそれぞれ異なることが推定される。

しかし、2年次以降になると集団内の競争が激しくなり、個体数の減少あるいは個体の増大（脇本・吉良 1975）によって草量と混播割合の関係が極めて不明瞭となった。本試験の3年間合計草量の結果からは5:5の混播割合、すなわちチモシー210gとアカクロバ800gが最大草量を示したが、従来採用されているチモシー1,200gとアカクロバ600g（山田 1940）にくらべてかなり異なった結果となった。

一般に牧草の播種量は少量化の傾向にあり（ROGERS 1966）、その理由は播種床の整備、幼植物の定着、植物間の競争等の研究の発展に負うところが多い（WHYTE et al. 1953）。

2. 草種間の相互関係

草種構成に対して施肥処理の効果も大きく働くが、初年次1番草ではいずれの施肥処理区においても、両草種は互いに相手草種に対して作用し合わず、2番草では再生力の劣るチモシーは優勢なアカクロバによって抑制されるようになった。

2年次1番草では無窒素区および無肥料区を除いてチモシーが優勢となったが、この草勢の増大は3:7の混播割合のようにチモシーの集団密度が小さい程、すなわち個体当り生育領域が広がる程大きく表われる傾向がみられ、そのために集団密度の大きいアカクロバを抑制するような結果になった。チモシーの優勢が無窒素区や無肥料区では認められなかったのは、アカクロバに対するよりもチモシーに対して不適当な施肥処理であるためであろう。2番草以降の再生草ではアカクロバが著しく優勢となり、チモシーの再生が劣ったが、このような状態の中でもチモシーはアカクロバによって抑制されることがなかった。

3年次1番草では、チモシーは著しい優勢を示し、アカクロバは衰退が目立った。播種後2~3年目の草勢がこのような推移をたどるのは両草種の生育特性であるが、混播区におけるチモシーの草勢増大はアカクロバから受ける有利な効果（Mc CLOUD・MOTT 1953, NELSON・ROBINS 1956, 吉川ら1958, 西村ら1960）も少なくないであろう。チモシーの草勢増大は混播割合が少ない程著しく、3:7の混播割合におけるチモシー草量が他の混播割合におけるよりも多収を示すことが多かった。そして逆にアカクロバが抑制されるようになった。2番草以降ではアカクロバの草勢が回復したが、無窒素区を除いてチモシーの草勢を上回ることがなく、1番草に続いて3:7の混播割合においてはチモシーによる抑制の程度が目立った。

概略的には、チモシーとアカクロバは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。以後はチモシーが優勢になったが、アカクロバを抑制する傾向はアカクロバの混播割合が多い3:7のみにみられた。

チモシーとアカクロバの混播において、両草種の相互関係によってそれぞれの単播よりも草量の増大がもたらされ、年次の経過とともにアカクロバが消失しても、その残効果、たとえば根の分解による肥沃化や生育領域の拡大などによってチモシー草量の増大が導かれたので、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。

摘 要

1) 初年次1番草ではチモシーとアカクロバの集団密度効果は互いに相手草種に対して独立的であったが、2番草ではチモシーはアカクロバによって抑制された。

2) 初年次風乾草量と混播割合との間には、チモシーでは $Y = bP + K$ 、アカクロバでは $Y = K \cdot 10^{bP}$ の関係が見いだされ、係数 b の大きさは3要素2倍区がもっとも大きく、次いで3要素区であり、無肥料区がもっとも小さかった。

3) アカクロバの草量は2年次に最高となり、チモシーは年次を追って次第に増大した。2および3年次を通じ、アカクロバの混播割合が多い程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。

4) 3年間の合計草量は3要素2倍区>3要素区>無カリ区≒無磷酸区≒無窒素区>無肥料区の関係がみられ、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。

第2節 イネ科草種とマメ科草種との相互関係

第1節では北海道において古くから一般に利用されているチモシーとアカクロバの混播について、混播割合による両草種間の相互関係を検討し、5:5の混播割合がもっとも多収を示し、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ことを示した。

この試験ではイネ科4草種とマメ科2草種をそれぞれ両科1草種ずつ5:5の混播割合で混播した場合に両草種間の相互関係を通じ、草収量に対する効果を確認するために行った。

ÅBERG et al. (1943) はブroomグラス、チモシー、アカクロバ、アルファルファのそれぞれの単播と2草種混播の草収量を比較し、ブroomグラスは他の草種よりも競争力にまさったことを述べ、WILSIE (1949) はアルファルファ3品種との混播において、ブroomグラスはオーチャードグラスよりもわずかに多収を示し、チモシーよりもはるかに多収であったと報告した。McCLOUD・MOTT (1953) はブroomグラスは相手草種がイネ科あるいはマメ科にかかわらず混播によって多収を示し、チモシーとラジノクロバの混播では草種間競争がみられず、相互に拮抗的であったと報告した。JACKOBS (1963) は混播区のオーチャードグラスは試験期間の前半はブroomグラスほど収量が顕著でなかったが後半は増加し、ブroomグラスは後半には混播区収量に有意に影響しなかったと述べている。COWLING・LOCKYER (1965) はシロクロバに対してメドーフェスクはもっとも抑制を与えず、ペレニアルライグラスは初期年次では競争力がまさったが、後期には競争的でなくなった。チモシーはもっとも競争的でなかったが後期年次になるとより競争的になり、オーチャードグラスは常に著しく競争的であったと報告している。BLASER et al. (1952) は侵攻的草種の収量増加は非侵攻的草種の収量減少によって相殺され、両者の関係は相互に増収したりあるいは抑制されるよりも、むしろ補償的であると述べ、McCLOUD・MOTT (1953) は混播構成草種の草量が、相

互に抑制的 (mutual depressive), 抑制的 (depressive), 相互に関係なし (no interaction), 増収的 (beneficial) および相互に増収的 (mutual beneficial) を関係にわたったと述べた。

試験方法

この試験は帯広畜産大学農場で1960年から1962年までの3年間にわたって行った。

供試草種は表4に示したように、イネ科4草種、マメ科2草種であり、各草種の単播区およびイネ科1草種とマメ科1草種のすべての組合せによる混播区の合計14区を乱塊法4反復で配置した。1区10m²で1畦5m、畦間50cmの4畦からなる。

単播区および混播区ともに立毛数が10m² 当り

8,000個体となることを期待して播種量を規制し、混播区の場合は種子粒数で5:5の割合で播種した。播種は1960年5月23日に行った。

施肥量は硫酸アンモニウム、過磷酸石灰、熔成磷肥、硫酸カリを用い、それぞれ10アール当り要素量で1年次は11.25—11.25—11.25—7.5Kg、2年次および3年次の早春追肥はそれぞれ15—15—15—10、1番刈り後追肥は化成肥料で窒素3.0—磷酸5.5—カリ5.5Kgを施用した。

試験結果

各年次の年間合計草量を図14~17に示した。混播区の草収量はそれぞれの草種の単播区の平均草収量と比較し、その比率を表5に示した。

Table 4. Seed features of species used in the experiment.

Species Item	Smooth brome- grass	Timothy	Tall fescue	Orchard- grass	Ladino clover	Red clover
Weight of 1,000 kernels in grams	4.460	0.487	2.860	1.015	0.533	1.765
Germination %	79.0	92.8	84.7	33.8	82.0	88.2
Seeding rate in grams per are	452	42	270	240	52	160

Table 5. The percentages of the yields of the components in the mixtures to the yields in their pure stands.

Mixture	1st year	2nd year		3rd year	
	1st crop	1st crop	2nd crop	1st crop	2nd crop
Bromegrass	72	97	117	219	93
Ladino clover	17	48	126	60	73
Bromegrass	67	111	89	187	94
Red clover	34	43	113	59	59
Timothy	40	61	189	174	259
Ladino clover	42	63	69	14	50
Timothy	33	55	113	135	159
Red clover	74	64	99	35	53
Tall fescue	55	99	79	193	95
Ladino clover	61	72	93	44	55
Tall fescue	44	71	87	137	76
Red clover	77	54	91	50	61
Orchardgrass	79	122	96	171	114
Ladino clover	29	34	74	51	54
Orchardgrass	66	115	117	133	97
Red clover	51	24	71	51	55

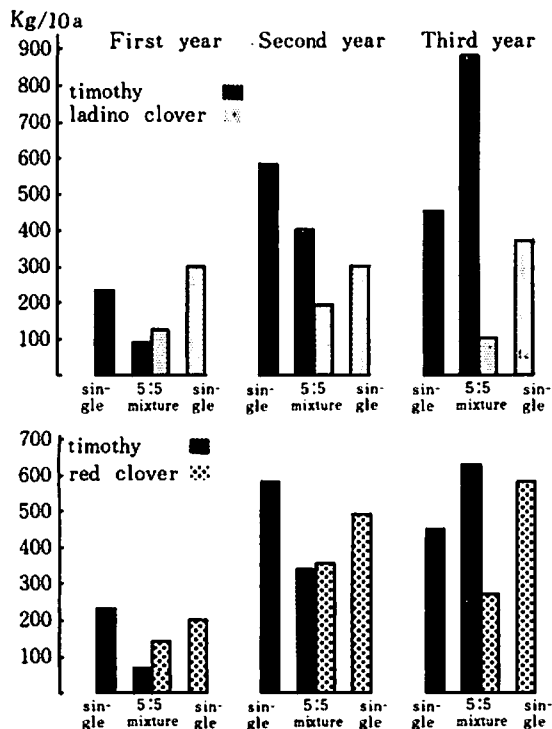


Fig. 14. The cured hay yields in Kg per 10 are of timothy, ladino clover and red clover grown in single stand and in mixture.

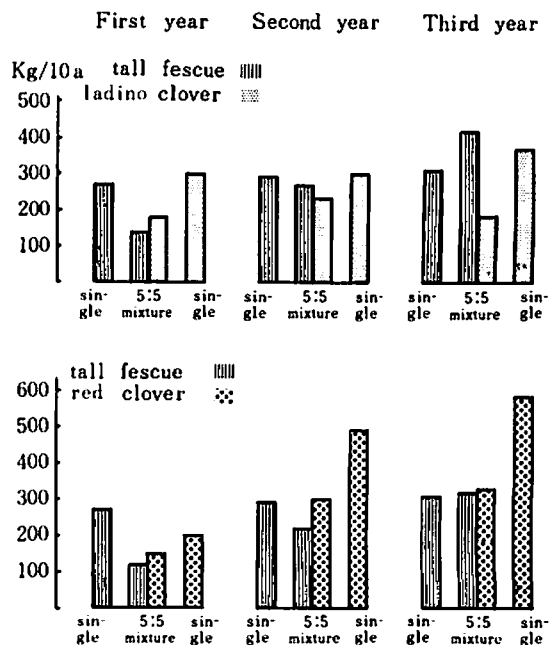


Fig. 16. The cured hay yields in Kg per 10 are of tall fescue, ladino clover and red clover grown in single stand and in mixture.

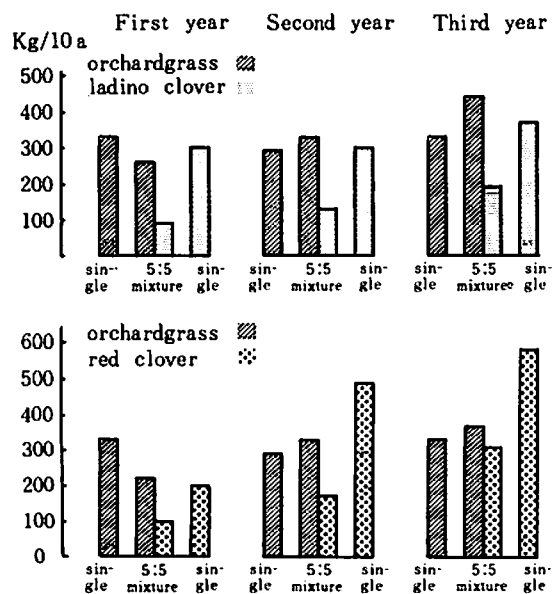


Fig. 15. The cured hay yields in Kg per 10 are of orchardgrass, ladino clover and red clover grown in single stand and in mixture.

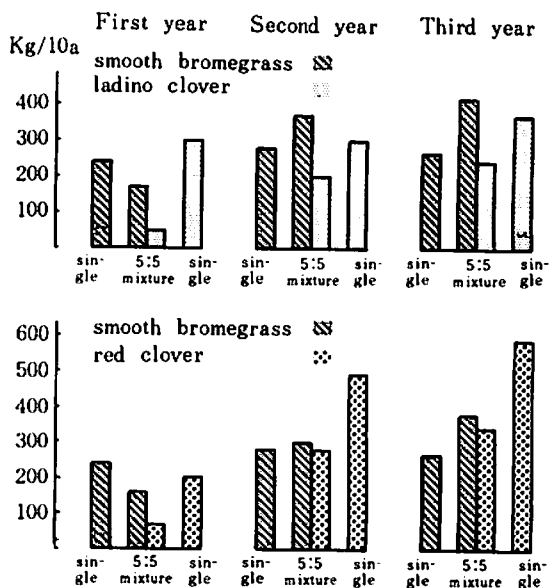


Fig. 17. The cured hay yields in Kg per 10 are of smooth brome grass, ladino clover and red clover grown in single stand and in mixture.

播種当年の草量は、単播の場合はイネ科草種とマメ科草種との間に有意差が認められず、また単播区と混播区との間にも有意差が認められなかった。オーチャードグラスおよびブroomグラスを組合せた混播区ではこれらのイネ科草種が優勢となり、マメ科草種は抑制された。しかしチモシーおよびトールフェスクを組合せた混播区ではマメ科草種が優勢となった。

第2年次における1番草の草収量は単播区ではチモシーが特に多収を示し、ブroomグラス、オーチャードグラスおよびトールフェスクの間には有意差が認められなかった。アカクローバはラジノクローバよりも有意に多収であった。混播区の草量はそれぞれの構成草種の単播区の平均草収量の115~170%を示した。第1年次と同様にブroomグラスおよびオーチャードグラスを組合せた混播区ではイネ科草種は侵攻的となり、その結果マメ科草種は抑制を受け、特にオーチャードグラス区で著しかった。チモシーおよびトールフェスクを組合せた混播区ではアカクローバはイネ科草種よりも優勢となり、ラジノクローバは下回ったが、いずれの混播区においても構成草種は相互に増収する関係が認められた。2番草においても、混播区草量はそれぞれの構成草種の単播区の平均草収量の171~247%を示した。2番草ではマメ科草種の草勢がおう盛であるためにイネ科草種による抑制がみられず、構成草種は相互に増収的であった。

第3年次の1番草も混播区の草収量は単播区よりも有意に多収であった。混播区におけるイネ科草種の間には有意差が認められ、チモシー、ブroomグラス、トールフェスク、オーチャードグラスの順で単播区と同様な序列が認められたが、マメ科草種間には有意な差が認められなかった。混播によりイネ科草種は非常に侵攻的となり、それぞれの草種の単播区の草量の133~219%の多収を示した。一方、マメ科草種はブroomグラスおよびオーチャードグラスと組合せた場合はわずかに増収的であったが、トールフェスクとの場合にはわずかに抑制を受け、チモシーとの場合には非常に抑制された。2番草でも混播区は単播区よりも草収量が有意に多かった。

3年間合計草量についても、すべてのイネ科草種はラジノクローバおよびアカクローバとのそれぞれの混播によって著しい増収を示した。マメ科草種はチモシーと混播したラジノクローバのみが抑制を受け、その他の場合は有意な相互関係が認められなかった。その結果、いずれの混播区においても単播区の平均草収量を上回り、かつ多収を示した単播区の草収量よりもすぐれ、混播による有利な効果が明らかに認められた。

論 議

KILCHER (1959) の述べるごとく、混播において構成草種の最適な播種量は栽培環境および草種組合せによって異なるであろうけれども、本試験においては期待立毛数が5:5となるように、すべての組合せに共通の播種量(粒数)を適用した。その外、施肥処理および刈取り処理もすべての試験区にわたり同一条件で行った。

イネ科草種が受ける有利な効果はアカクローバと混播した場合よりもラジノクローバと混播した場合に大きかったが、これは試験区が条播であり、同一畦内に混播したのでラジノクローバは次第に進展し、アカクローバはイネ科草種とともに畦内にとどまって混生したために、密度効果の上からイネ科草種の生育はラジノクローバとの混播によって有利に展開したものと考えられ、一方、ラジノクローバは生育型がほふく型であるために、直立型のアカクローバよりもイネ科草種によって抑制される程度が大きかった。

ブroomグラスの単播区草収量はイネ科草種の中でもっとも低収であったが、混播による効果はもっとも大きく、かつ両マメ科草種ともほぼ同等の対応を示した。すなわち、いずれのマメ科草種と組合せた場合でも、その増収程度はほぼ同等であり、マメ科草種に対してはほとんど収量の上で影響を与えなかった。これはブroomグラスの生育習性がライゾームによって広がり、立毛状態が他の叢状型の草種と異って比較的疎であるためであろう。

チモシーは単播区の草収量がもっともすぐれ、年次とともに混播による侵攻性が大きくなった。

ラジノクローバと組合せた時に著しい多収が得られ、遂にラジノクローバを著しく抑制した。アカクローバと組合せた時はラジノクローバの場合よりも増収効果は小さかったが、チモシーはアカクローバを抑制することがなかった。

トールフェスクの単播区の草収量はチモシー、オーチャードグラスに次いだ。混播における侵襲性は供試イネ科草種の中でもっとも小さかった。ラジノクローバと組合せた時はアカクローバとの場合よりも増収効果が大きく、マメ科草種に対して抑制することがなかった。

オーチャードグラスの単播区草収量はチモシーに次いだ。混播による増収効果の程度もチモシーよりやや下回った。第2年次1番草ではマメ科草種に対して著しい抑制をおよぼしたが、それ以降は抑制することもなく、オーチャードグラス自体には著しい増収効果が認められた。

イネ科草種の中でチモシーは単、混播区のいずれでも最も多収を示し、他の草種との間に著しい差異がみられたが、チモシーは北海道在来種を供試し、他のイネ科草種はいわゆる市販種といわれる品種不明の外国導入種を用いたために適応性の差異が現われたとも思われる。また、WILSIE(1949)やSCHMIDT・TENPAS(1960)は栽培および利用条件によって、草種の生産性が異なることを示しているが、本試験地は地力の低い火山灰土壌であり、刈取りは年2回のみであったので、チモシーに最も有利な条件であったと考えられる。

摘 要

イネ科4草種、マメ科2草種を供試して、それぞれの単播区とイネ科とマメ科の1草種ずつをすべて組合せた混播区について、草収量の推移を通じて草種間相互作用の比較を行った。

1) 播種当年では混播構成草種間に相互関係が認められ、構成草種の草収量はたがいに補償的となり、混播区と単播区の間に草収量の有意差が見いだせなかった。

2) 第2年次以降は混播による増収効果がすべての組合せで認められた。増収効果はイネ科草種に著しく、中でもブローム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が、草収量の順位はチモシー、オーチャードグラス、ブロームグラス、トールフェスクのごとくであった。

3) マメ科草種はチモシーと組合せたラジノクローバのみが著しい抑制を受けたほかは、有意な抑制あるいは増収効果を受けなかったが、一般にラジノクローバはアカクロー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認められた。

第3節 イネ科2草種間の侵襲性

前節まではイネ科およびマメ科草種の混播草地において、イネ科草種が主体性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および年次の平準化が可能になるであろうと考えられる。しかし、これらの利点を実現するためには、草種の組合せや望ましい構成割合の維持が重要な問題となってくる。

ALOCK・MORGAN(1966)、RHODES(1968)、WHITTINGTON・O'BRIEN(1967)はイネ科草種、品種の混播草収量がそれぞれの単播収量よりも上回ったことを述べ、一方ÅBERG et al.(1943)、VAN DEN BERGH(1968)、CROCKER・MARTIN(1964)、ENGLAND(1968)は混播草収量は単播草収量の間間的であったという結果を報告している。

篠崎・穂積(1960)は2種類の植物の混植密度を一定に保ち、混植比をいろいろ変えて実験した結果を図18のような形であらわした。彼等は収量曲線の性質を理論的に考察し、A曲線が上に凸型である場合はAの密度効果がBのそれよりも優位であり、逆にB曲線のように凹型である場合はBの密度効果はAに対して劣位であることを示し、更に直線を示す場合は互いに対等であることを意味すると述べている。この収量図の型には競争力、混播割合、単播収量の差の大きさなどが複雑に関係し、種々な型をとり、時間とともに変ってくるものである。

HILL・SHIMAMOTO(1973)は上述の収量図のようなDE WIT グラフ(図19)に表われた2種類の植物の関係について、No competition—A, Bともに直線を示す、Compensation—Aの増とBの減が平衡、Complementation Aの増とBの減が非平衡、Co-operation A, Bともに増、Mutual inhibition A, Bともに減、のように説明している。

HANSON・CARNAHAN(1956)は牧草の育種目標形

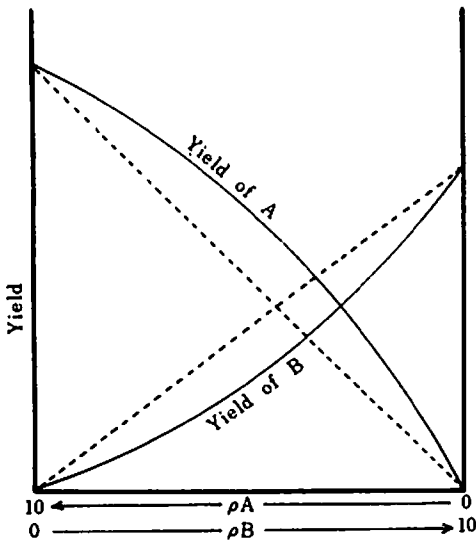


Fig.18. A yield diagram of a replacement series in which two species are grown together in different proportions, including pure stand of each species. Two solid lines represent the yield of the individual component in the mixture, the remaining two dotted lines indicating the performance of each component in no competition.

質としてのAggressivenessを(1)幼植物の確立に関する草勢と、(2)混播草地において他の混播草種や雑草に打ち勝つ能力の2つの性質に分けることができる」と述べている。

本報告では成植物のAggressivenessを侵攻性と呼び、図19に示したNo competitionの関係は両草種が拮抗的であり、CompensationやComplementationの関係は草種Aは侵攻的で、草種BはAによって抑制される関係であり、Co-operationは両草種とも両立的であり、そしてMutual inhibitionは両草種が相互に被抑制的であると述べることにする。さらに、No competitionおよびCo-operationの場合、本報告では統一して両草種の関係が共存的であるという表現を用いた。いわゆる競争は光や養水分のうばい合いの生理的過程であるのに対して、侵攻性は競争の結果としての具体的現象を意味する。

この試験はイネ科2草種間の侵攻性を明らかにして、草種組合せや混播割合について知見を得ようとした。

試験方法

この試験は北海道立根釧農業試験場において、1968年から1971年にわたって行った。

チモシー(北海道在来)、オーチャードグラス(北海道在来)、メドーフェスク(レトウ)を供試し、ラジノクロバをベースにして、イネ科2草種を0:10, 2:8, 4:6, 6:4, 8:2, 10:0の割合で組合せた。イネ科2草種合計播種量は発芽率と千粒重から発芽可能種子数が10アール当たり60万粒となるように種子粒数によって規制し

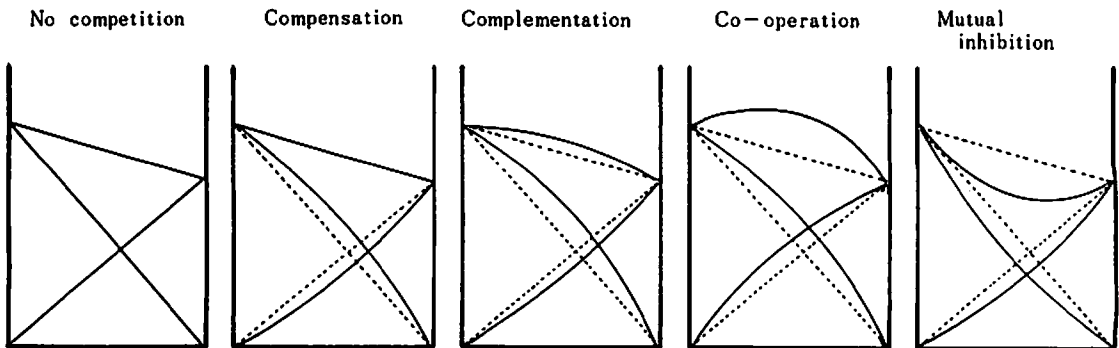


Fig.19. The various types of the interactions between components in bi-grass mixtures.

た。ラジノクローバの播種粒数も10アール当り60万粒とした。

試験区は草種組合せごとに3反復乱塊法で設置した。

施肥は播種前に10アール当り厩成磷肥80Kg, 炭酸カルシウム200Kg, 尿素化成肥料(10-7-10)30Kgを施用した。播種は1968年8月に行い, 当年は刈取りを行わなかった。2年以降の追肥は早春および各刈取り後に尿素化成肥料(6-11-11)30Kgずつをそれぞれ追肥した。

刈取りは3年間を通じ, 1番草は6月中旬(イネ科3草種の出穂期の中間を示すメドーフェスクの出穂期), 2番草は7月下旬, 3番草は9月上旬にそれぞれ刈取った。

この試験ではイネ科2草種間の相互関係による侵襲性のパラメーターとして相対草量Relative yield, RYを用いた。ある混播割合における競争関係がない状態の草種Aの草量に対する競争下における草量の割合で表わされるもので, 競争力にすぐれ, 侵襲的であれば $RY > 1$ の数値が得られ, 逆に競争力が劣り抑制されれば $RY < 1$ の数値をとる(DE WIT およびその学派が用いているRelative yieldは5:5の割合で混播した草種AおよびB

のそれぞれの単播収量に対する混播収量の割合, ra および rb であり, TRENATH (1978) は Aggressiveness の測度としての Aggressivity を $\frac{1}{2}(ra - rb)$ で示すことを提案している)。

試験結果

1) チモシーとメドーフェスク混播

各年次の年間合計草量にもとづいて, 構成草種の混播割合による草量関係を図20に示した。また, 刈取りごとの草量にもとづくRYを表6に示した。

2年次の1番草ではチモシーとメドーフェスクの単播草量はほぼ同等であったが, 混播における相互関係については著しい差異が認められた。すなわち, いずれの混播割合においても, チモシーのRYは1以下で抑制を受けたのに対して, メドーフェスクのRYは1以上であり, チモシーに対して侵襲的であった。その程度はメドーフェスクの混播割合が少ない程大きくなる傾向が認められた。2番草および3番草におけるチモシーの草勢がメドーフェスクよりも著しく劣り, 両草種の相互関係は1番草におけるよりも更に優劣関係が著しくなった。

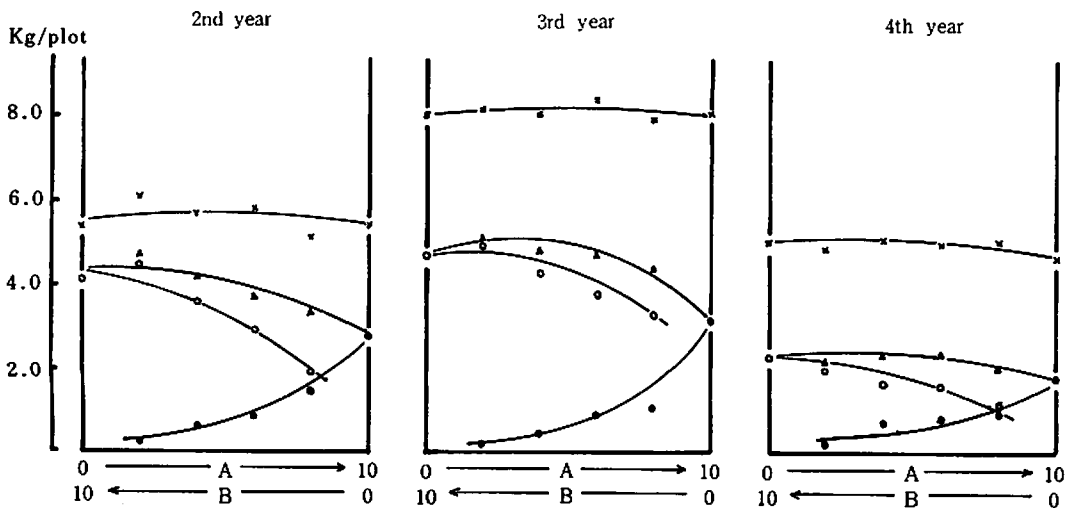


Fig.20. Replacement diagrams of cured hay yields of timothy (A; ●) and meadow fescue (B; ○) components in the mixtures based on ladino clover and of the total yields per plot (×) in the 2nd year, the 3rd year and the 4th year. ▲ marks show the total yields of both grass components.

Table 6. The relative yields, RY, ratios of the yield in competition against the yield in no competition, of the grass components in the mixture of timothy, meadow fescue and ladino clover.

Mixing ratio Component Year and crop	2 : 8		4 : 6		6 : 4		8 : 2		Yield in grams per plot in pure stand	
	T	MF	T	MF	T	MF	T	MF	T	MF
2nd yr. -1st crop	.80	1.16	.77	1.05	.73	1.31	.88	2.90	1,423	1,403
-2nd crop	.18	1.24	.57	1.14	.47	1.82	.58	2.59	767	1,036
-3rd crop	.44	1.63	.10	1.85	.29	2.16	.15	3.28	524	1,668
3rd yr. -1st crop	.24	1.25	.40	1.51	.47	2.03	.35	3.63	2,130	2,400
-2nd crop	.70	1.25	.27	1.49	.87	1.49	.68	3.76	570	1,400
-3rd crop	.22	1.44	.49	1.60	.19	2.23	.37	2.99	520	890
4th yr. -1st crop	.51	1.10	.84	1.18	.73	1.55	.68	2.56	1,209	1,487
-2nd crop	.27	1.26	1.22	1.40	.52	2.98	.55	3.23	452	409
-3rd crop	1.14	1.11	1.30	1.50	1.27	1.68	.86	2.33	111	304

T, Timothy; MF, Meadow fescue

3年次の1番草の単播草量は2年次におけるよりも増大し、かつメドーフェスクがやや上回る程度であったが、混播における両草種の優劣は2年次におけるよりも明らかであり、特にメドーフェスクの侵攻性の増大が著しかった。2番草および3番草の単播草量が激減する傾向の中でも、両草種の相互関係は1番草と同様にメドーフェスクはチモシーに対して著しい侵攻性を示した。

4年次の1番草の単播草量は2年次の水準に低下し、再生草量も著しく劣るようになった。しかし、両草種の相互関係はメドーフェスクが優位を保ちながらも、チモシーのRYはやや増大し、メドーフェスクのRYはやや低下する傾向が認められた。3番草になると、チモシー：メドーフェスクが8：2の混播割合の時にのみチモシーのRYが1以下を示したが、他の混播割合では1以上となり、メドーフェスクによる抑制が認められなくなった。

2) チモシーとオーチャードグラス混播

各年次の年間合計草量にもどづいて、構成草種の混播割合による草量関係を図21に示した。また、刈取りごとの草量にもとづくRYを表7に示した。

2年次1番草における両草種の単播草量はチモシーがオーチャードグラスよりも著しく多かったため、混播における両草種の相互関係はチモシー

のRYが1以上を示して侵攻的であったのに対して、オーチャードグラスのRYは1以下を示し抑制を受けたことが認められた。2番草および3番草ではチモシーの再生が劣り、オーチャードグラスは次第に草量が増大した。そのため、2番草ではチモシー：オーチャードグラスの混播割合が2：8の場合にのみオーチャードグラスのRYが1以下であったが、その他の混播割合では両草種とも1以上となり両立的となった。さらに、3番草ではチモシー：オーチャードグラスが8：2の場合にのみチモシーのRYが1以下となり、両草種の侵攻性の優劣が次第に交替する傾向が認められた。

3年次の1番草になると、オーチャードグラスの単播草量はチモシーよりも著しく増大し、2番草および3番草でも両草種の差異が著しかった。両草種の相互関係はオーチャードグラスが明らかに優位で、侵攻的となったのに対してチモシーは抑制されるようになった。

4年次の1番草の単播草量は2年次の水準まで低下したが、オーチャードグラスはチモシーよりもややまさり、2番草および3番草ではオーチャードグラスがはるかにまさるようになった。一般にオーチャードグラスのRYは前年次よりも増大し、著しく侵攻的になったが、一方チモシーのRYは更に低下して著しく抑制されるように

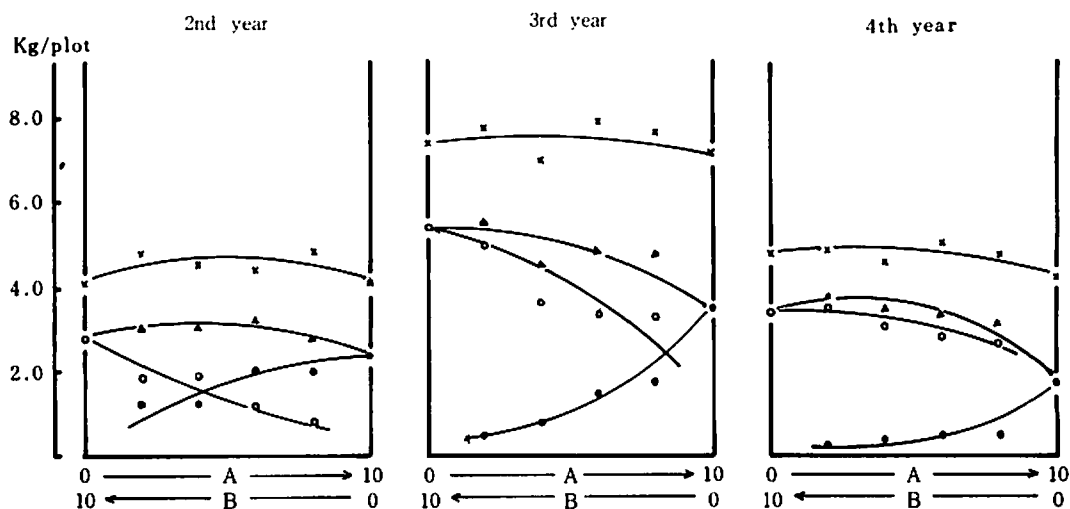


Fig.21. Replacement diagrams of cured hay yields of timothy (A; ●) and orchardgrass (B; ○) components in the mixtures based on ladino clover and of the total yields per plot (×) in the 2nd year, the 3rd year and the 4th year. ▲ marks show the total yields of both grass components.

Table 7. The relative yields of the grass components in the mixtures of timothy, orchardgrass and ladino clover.

Mixing ratio Component Year and crop	2 : 8		4 : 6		6 : 4		8 : 2		Yield in grams per plot in pure stand	
	T	OG	T	OG	T	OG	T	OG		
2nd yr. - 1st crop	2.88	.65	1.22	.75	1.86	.72	1.30	.99	1,066	374
- 2nd crop	2.89	.60	2.02	1.12	1.07	1.19	1.02	2.26	538	857
- 3rd crop	1.94	1.03	1.37	1.28	1.02	1.04	.49	1.17	622	1,551
3rd yr. - 1st crop	.95	1.11	.53	1.24	.60	1.78	.60	2.53	1,640	2,760
- 2nd crop	1.18	1.11	.76	.97	.89	.99	.73	3.06	1,030	1,390
- 3rd crop	.69	1.12	.45	1.07	.76	1.77	.54	3.67	470	1,240
4th yr. - 1st crop	.45	1.29	.20	1.28	.41	2.23	.33	3.93	1,230	1,556
- 2nd crop	1.14	1.24	.50	1.36	.71	1.97	.46	3.80	399	886
- 3rd crop	—	1.44	.17	1.08	.56	2.07	.32	4.19	110	903

T, timothy; OG, Orchardgrass.

なった。

3) オーチャードグラスとメドーフェスク混播

各年次の年間合計草量にもとづいて、構成草種の混播割合による草量関係を図22に示した。また、刈取りごとの草量にもとづくRYを表8に示した。

2年次では1番草から3番草にかけて、メドーフェスクの単播草量はオーチャードグラスよりも

上回わり、混播における両草種の相互関係はメドーフェスクがはるかに優位を示し、侵攻的であったのに対してオーチャードグラスは抑制を受けた。

3年次になって、オーチャードグラスの単播草量はメドーフェスクよりも上回るようになり、3番草では著しい差異がみられたにもかかわらず、混播においてはメドーフェスクの優位が引続

いて認められた。すなわち、メドーフェスクのRYは2年次とはほぼ同程度の1以上の値を示し、オーチャードグラスのRYはやや増大したが依然として1以下の値を示した。

4年次になると、両草種の単播草量の差異は更に著しくなり、オーチャードグラスはメドーフェスクよりも大きく上回るようになるとともに、侵襲性も増大した。刈取り回次が進むに従い、オーチャードグラスのRYは1以上を示すようになって

た。オーチャードグラス：メドーフェスクが8：2の混播では依然としてメドーフェスクのRYが1以上であったが、オーチャードグラスのRYも1以下ながら次第に増大する傾向が認められるようになった。

イネ科2草種間の混播において、多くの場合は一方の草種が優位となり、侵襲的になれば、他方の草種は抑制される結果となって、混播草量が多収草種の単播草量よりも有意にまさることはな

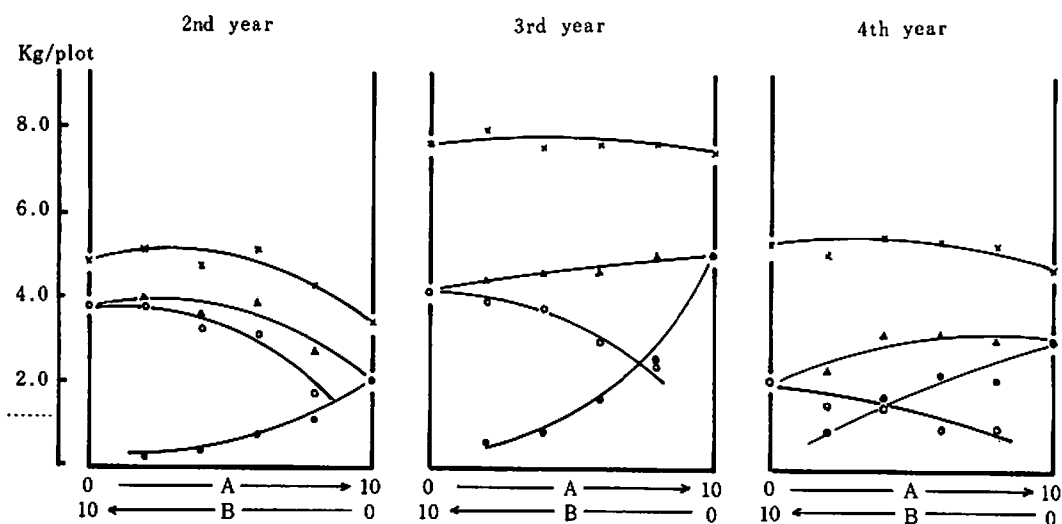


Fig. 22. Replacement diagrams of cured hay yields of orchardgrass (A ; ●) and meadow fescue (B ; ○) components in the mixtures based on ladino clover and of the total yields per plot (x) in the 2nd year, the 3rd year and the 4th year. ▲ marks show the total yields of both grass components.

Table 8. The relative yields of the grass components in the mixtures of orchardgrass, meadow fescue and ladino clover.

Mixing ratio Component	2 : 8		4 : 6		6 : 4		8 : 2		Yield in grams per plot in pure stand	
	OG	MF	OG	MF	OG	MF	OG	MF		
Year and crop										
2nd yr. -1st crop	.70	1.11	.35	1.00	.70	1.84	1.11	2.04	306	1,487
-2nd crop	.32	1.55	.29	1.42	.36	2.73	.57	1.63	779	1,063
-3rd crop	.34	1.14	.38	1.04	.82	1.76	.70	2.77	1,005	1,234
3rd yr. -1st crop	.43	1.06	.42	1.47	.40	1.68	.57	2.65	2,540	2,380
-2nd crop	.89	1.24	.31	1.39	.70	1.62	.83	2.57	930	910
-3rd crop	.80	1.16	.66	1.66	.72	1.96	.68	2.95	1,340	650
4th yr. -1st crop	1.40	.90	1.06	1.22	.91	1.33	.80	2.51	1,697	1,476
-2nd crop	1.19	1.02	1.21	1.73	1.07	.99	.89	2.55	801	353
-3rd crop	1.94	.93	2.13	.92	2.12	.84	.90	2.83	663	176

OG, Orchardgrass; MF, Meadow fescue.

かった。また、両草種がともに両立的となる場合もあったが、その程度が小さく、混播草量が単播草量よりも有意に多収となる結果に至らなかった。イネ科草量にラジノクローバ草量を加えた区全体草量についてみると、イネ科草種とラジノクローバの草量における補完関係から、単播を含めて各混播割合の間に有意な草量差を見いだすことができなかった。

論 議

草収量の草種構成にもとづいて草種間の侵攻性の差異を見いだしたが、この侵攻性は草種の固定した特性としてのみでなく、生育段階や環境との複合効果によるものと考えるべきである。

種子の大小によって、幼植物の大きさや幼植物の競争力も異なるといわれているが (VAN DEN BERGH 1968), 幼植物の競争力と種子の大きさとの関連は必ずしも一般的でないともいわれる (ERDMANN・HARRISON 1947)。チモシー、オーチャードグラス、メドーフェスクの稈を除いた種子の100粒重は前者2草種は60mg前後、メドーフェスクは240mg前後であり、第2章に述べたように、幼植物の地上部重および根部重はともにメドーフェスク>オーチャードグラス>チモシーの関係がみられた。種子重が幼植物の生長に影響を及ぼしていることがうかがえる。BLASER et al. (1956)は幼植物の生長速度 (Aggressiveness)は草地の草種構成に影響を与えるであろうと結論している。

RHODES (1968)は地下部分における養水分のうばい合いは根系の発達程度の差異にもとづくものであり、その結果、草種間の競争に著しい影響をもたらすと述べている。第2章で根の生長量や発生パターンの差異および養分吸収量の草種間差異を述べたが、この試験では根の生長量の少ないチモシーは他の2草種よりも侵攻性に劣る結果が得られた。MILTHORPE (1961)はライグラスの根の生育速度が速く、分けつの多いことがメドーフェスクよりも競争力がまさることに関連しているであろうと述べている。

栽植密度と侵攻性との関係について、一般に単播の場合は栽植密度が疎であるほど個体当りの環

境要素の摂取量が多くなるので生長が促進されるが、混播においても同様なことが言えるようである。侵攻性の異なる草種を混播した時、すなわちチモシーとメドーフェスク、およびチモシーとオーチャードグラスの混播において、侵攻性に優る草種は混播割合が少ない程、そのRYは大きくなり、侵攻性が増大することを示した。侵攻性が劣るチモシーでも、その混播割合が少ない場合はそのRYがやや大きい傾向が見られた。ENGLAND・(1968)も競争力の程度について播種量による密度の効果 (密度が高いほど相手草種よりも競争力が強くなる) がほとんど認められなかったと述べている。

チモシーとメドーフェスク混播では、チモシーは抑制されて草生産に対する貢献は極めて少なく、混播の意義が認められなかった。しかし、4年次の3番草になると、これまで抑制されていたチモシーのRYが1以上を示すようになった。オーチャードグラスとメドーフェスクの混播でも、初期年次ではメドーフェスクが優位であったが、後期年次ではオーチャードグラスが優位となった。これは草種の侵攻性が年次によって変動するものと考えられる。オーチャードグラスとメドーフェスク混播では、構成草種の草勢推移が年次的に異なり、草生産の主体となる草種が年次的に交替することはイネ科草種混播の一つの利点としてあげることができよう。

侵攻性の異なるイネ科2草種間の混播において、多くの場合は一方の草種が優位となり侵攻的になれば、他方の草種は抑制される結果となって、混播草量が単播草量よりも有意にまざることは見いだせなかった。また、同伴のラジノクローバ草量がイネ科草量と補完的關係を示したために、区全体草量はイネ科単播区およびイネ科2草種混播区のいずれの間にも有意な差異が認められなかった。イネ科草種間の混播草量がいずれの草種の単播草量をも上回らなかった例が多くみられる (ÅBERG et al. 1943, VAN DEN BERGH 1968, CROCKER・MARTIN 1964, ENGLAND 1968)。

VAN DEN BERGH (1968)も述べているように、多収を得るための草種組合せを選定するよりも、む

しろ多収草種の選定と合理的な利用法が必要であろう。

摘 要

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0:10, 2:8, 4:6, 6:4, 8:2, 10:0の種子粒数割合で混播し、ラジノクロバをベースにした共通条件の下で、相対的草量の経時的推移によって侵攻性の比較を行った。

1) 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下位となり、4年次後半ではオーチャードグラスがメドーフェスクを上回るようになった。また、チモシーはメドーフェスクとの混播で相対草量が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。

2) 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ることはなかった。

3) 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當であり、オーチャードグラスとメドーフェスク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、イネ科草種組合せの一つの利点といえる。

第4節 イネ科2草種組合せにおける草種構成

前節ではラジノクロバの存在の下で、イネ科2草種間の侵攻性を比較し、侵攻性が年次の経過により変動し、またイネ科混播区草量はイネ科単播区草量よりも有意に上回ることがない等の知見が得られた。

しかし、これ等のことが実際の草地にもみられるか否かを、実際栽培に近い条件で確認するために根室管内3地点に試験区を設置して、結果の再現性を確かめようとした。

試験方法

アカクロバおよびラジノクロ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て、表9のような6種類の組合せ区を設けた。

試験区設置場所は根室管内中標津町北海道立根釧農業試験場ほ場、同町俣落の農家ほ場、別海町矢白別の農家ほ場の3ヶ所であり、各試験地とも試験区は1区10m²、3反復乱塊法で配置した。1969年5月に播種(散播)し、1971年までの3年間にわたり調査を行った。施肥は各試験地とも共通で、土壤改良資材として10アール当り熔成燐肥80Kg、炭酸カルシウム200Kg、基肥は窒素、燐酸、カリの年間要素量でそれぞれ6, 4, 6Kg、追肥はそれぞれ7, 13, 13Kgを早春および各刈取り後に等量分施した。

試験結果

構成草種の草量推移を図23~25に示した。1年次の1番草ではいずれの主体イネ科草種も随伴イネ科草種の草量をはるかに上回り、草種間の相互関係は播種量による差異が明らかであった。マメ科草種ではアカクロバがラジノクロバよりも上回った。再生草ではチモシーの再生が極めて劣り、チモシーを主体にした組合せの場合でもその優勢が示されなかった。オーチャードグラスやメドーフェスクは草勢が増大し、それぞれ主体性を維持した。アカクロバの草量はラジノクロバよりも大きく上回るようになった。イネ科草種のための年間合計草量は、中標津区を除き、俣落区および矢白別区では組合せ間に有意差が認められず、区全体草量についてはいずれの試験地においても組合せ間に有意差が認められなかった。

2年次1番草ではチモシーの草量は極めて少なくなり、オーチャードグラスやメドーフェスクの草量は増大した。チモシーに対する随伴草種としてのオーチャードグラスおよびメドーフェスクは、逆の組合せにおいてそれぞれが主体になった場合の草量よりも上回るような結果が3試験地ともに認められた。随伴草種としての10アール当

Table 9. The seeding rates in grams per 10 are of bi-grass components in the mixtures based on legume species.

Combination Component	Timothy and Orchard- grass ¹⁾	Orchard- grass and Timothy	Timothy and Meadow fescue	Meadow fescue and Timothy	Orchard- grass and Meadow fescue	Meadow fescue and Orchard- grass
Timothy (Senpoku)	376 (70) ²⁾	161 (30)	376 (70)	161 (30)	—	—
Orchardgrass (Kitamidori)	432 (30)	1,009 (70)	—	—	1,009 (70)	432 (30)
Meadow fescue (Leto Dae- hinfeldt)	—	—	637 (30)	1,485 (70)	637 (30)	1,485 (70)
Red clover (Sapporo)	883 (50)	883 (50)	883 (50)	883 (50)	883 (50)	883 (50)
Ladino clover (Commercial)	310 (50)	310 (50)	310 (50)	310 (50)	310 (50)	310 (50)

Note 1) Timothy and orchardgrass means the combination of timothy as main component and orchardgrass as partner component and orchardgrass and timothy is reversely.

2) The number (in ten thousands) of germinable seeds per 10 are.

り30万粒の播種量が主体草種としての70万粒の播種量の場合よりも草量が多くなったことは、適正播種量が比較的に少量水準にあることを示唆するものであろう。マメ科草種ではアカクロバがラジノクロバよりもはるかに上回る場合が多く、チモシーを主体にした組合せではマメ科草量が多くなる傾向が認められた。2番草以降ではチモシーは引き続き極めて少なくなり、メドーフエスクも減少し、オーチャードグラスのみが増大する場合が多かった。そのために、随伴のオーチャードグラスの草量が主体のメドーフエスクの草量を上回る例が俣落区と矢白別区でみられた。マメ科草種ではこれまで優勢であったアカクロバが急減し、ラジノクロバが代って優勢となった。マメ科草量は各試験地とも組合せ間に有意差が認められ、チモシー主体区に多くなる傾向がみられ

た。

3年次の1番草では、オーチャードグラスの草勢がメドーフエスクよりも上回った。俣落区および矢白別区ではオーチャードグラスとメドーフエスクの組合せのイネ科草量が他の組合せ区のイネ科草量、すなわちチモシーがほとんど消失したのでオーチャードグラスおよびメドーフエスクそれぞれの単独草量、よりも少ない傾向がみられたが、これは両草種が相互に抑制的に働き合った結果と考えられる。2番草以降ではオーチャードグラスの優勢が著しく、各試験地ともチモシーとの組合せにおけるオーチャードグラスの草量が他の組合せのイネ科草量よりも有意に多く、マメ科草量はチモシーとメドーフエスクの組合せ、すなわちメドーフエスクの単一状態の区に多かった。

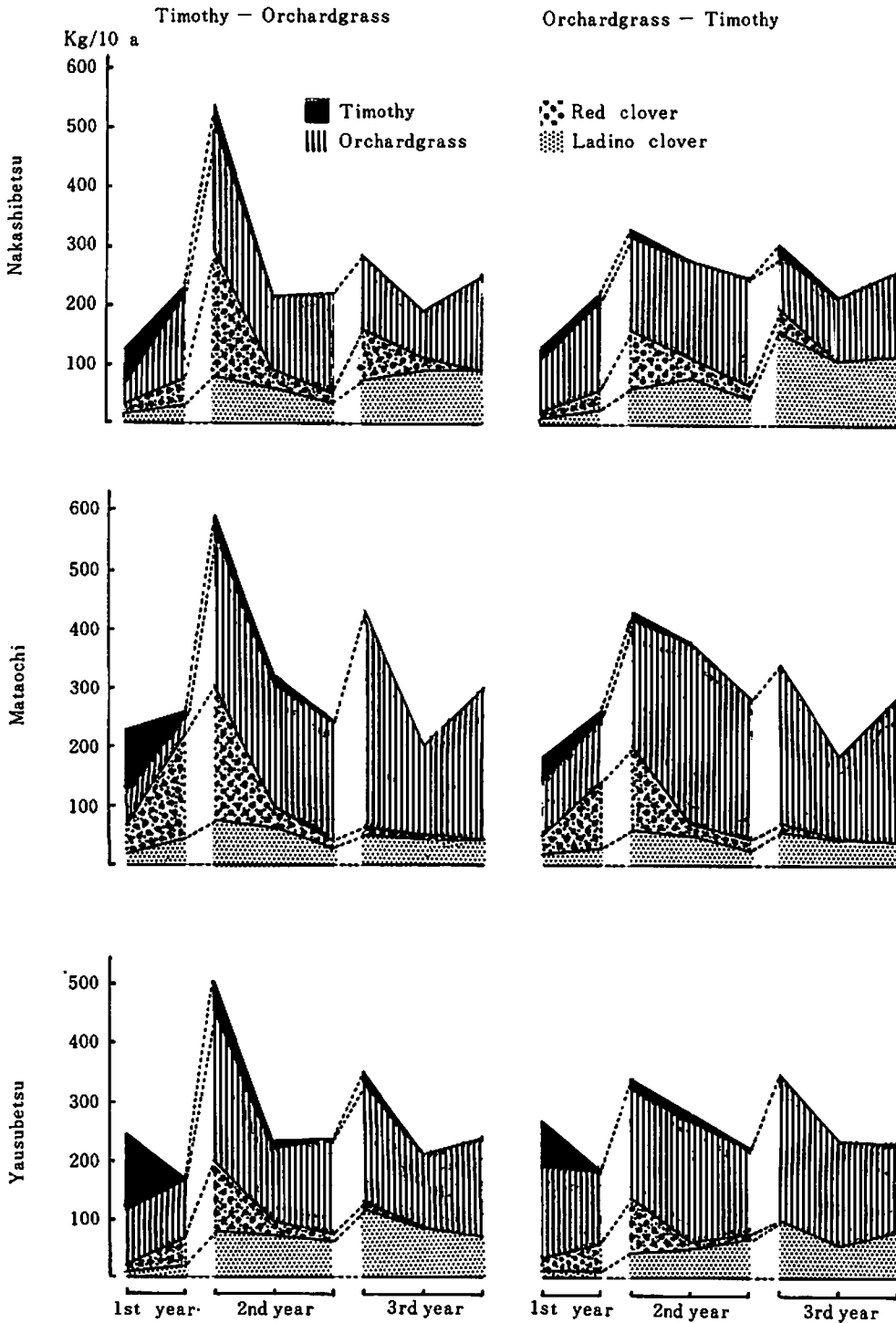


Fig.23. The time changes in the cured hay yields in Kg per 10 are of the components in the mixtures at Nakashibetsu, Mataochi and Yausubetsu respectively.

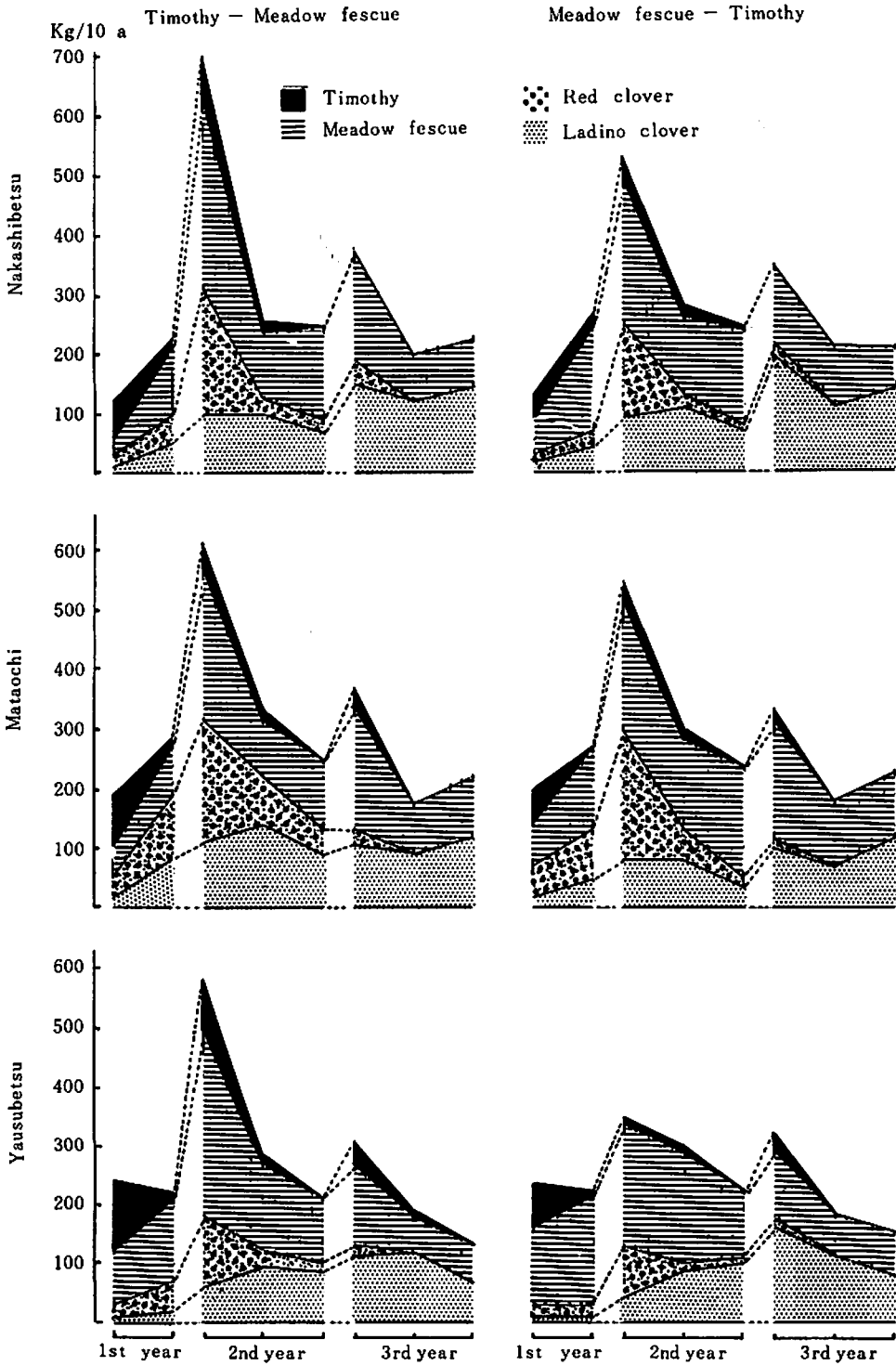


Fig.24. Continued from Fig.23.

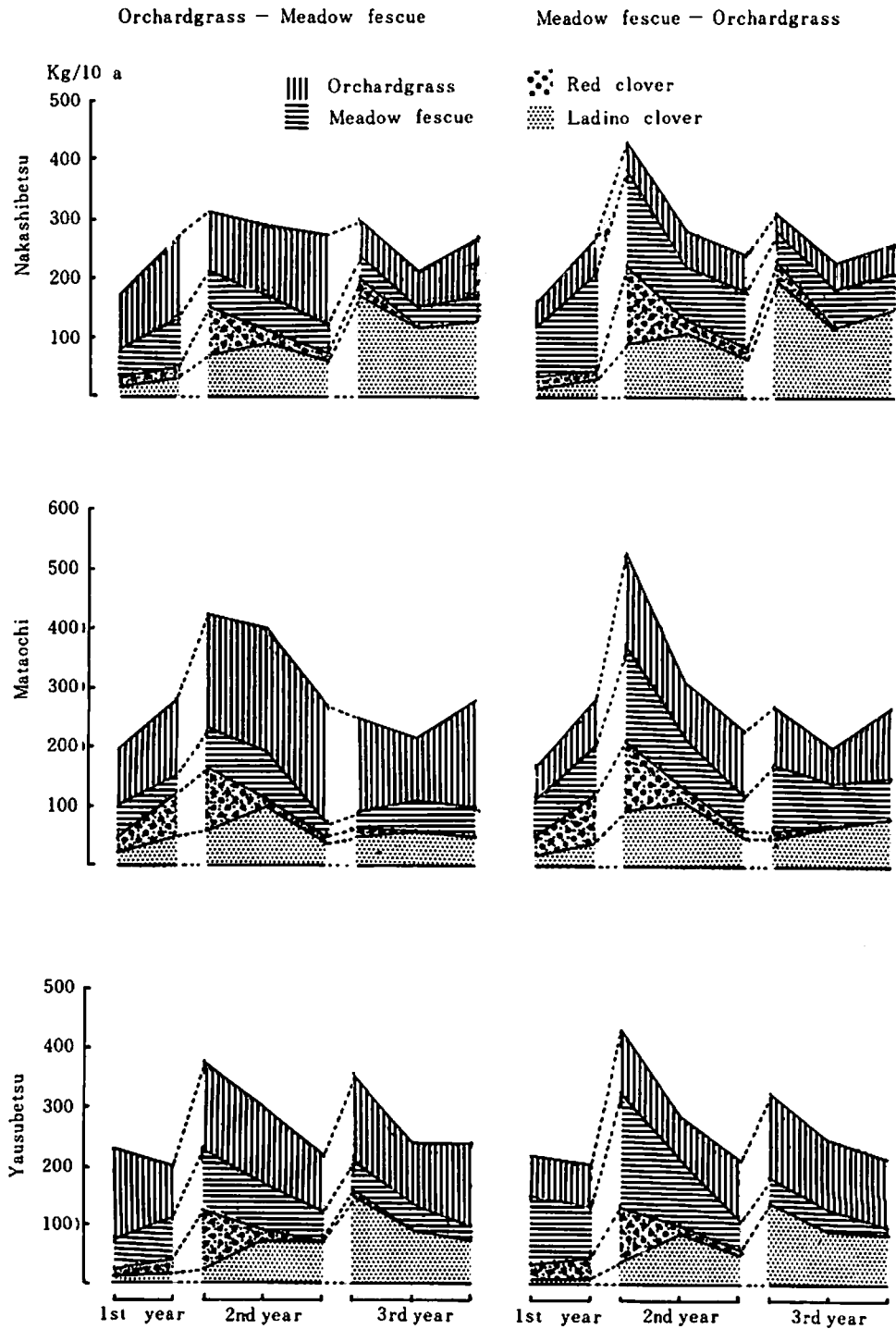


Fig.25. Continued from Fig.24.

論 議

試験区を設置した根室管内山麓部の俣落区、内陸部の中標津区および矢臼別区はいずれも排水良好な火山性土壌で、土壌要因には大きな差異は見いだされない。気候的には俣落区は他の地区より夏季間はやや冷涼であり、冬季間は積雪が多く、春の萌芽期は1週間以上も遅れる。地理的に離れた3地区に試験区を設けたのは、試験結果の再現性を確認するためであった。3地区はそれぞれの地力水準の差異から草量に差異がみられたが、イネ科草種間の相互関係およびイネ科草種とマメ科草種との相対的關係はほぼ同様な傾向を示した。

前節で述べたように、チモシーは侵襲性が劣り、オーチャードグラスやメドーフェスクとの混播条件では、相手草種より混播割合を多くしても混播草地における主体性の維持は困難であり、播種密度と侵襲性の関係は必ずしも対応しなかった。チモシーと他のイネ科草種との組合せのごとくに、侵襲性の著しく異なる草種間の混播は結果として侵襲性の強い草種の単一状態になり、混播の効果はほとんど認められない。

メドーフェスクは初期年次ではオーチャードグラスよりも優勢であり、中標津区では殊にその傾向が強かったが、3年次になるとオーチャードグラスが優勢となる傾向が3地区ともに認められた。俣落区および矢臼別区ではメドーフェスクとオーチャードグラスとの関係が相互に抑制的に働き、3年次1番草では一時的に草量が劣る時期が

認められたけれども、両草種の草勢の交替はDONALD (1963) も述べるように混播の一つの利点としてあげられる。

アカクローバは初期年次におう盛な草勢を示したが、その衰退後はラジノクローバが代って優勢となり、両草種の混播は合理的であると考えられる。

摘 要

1) 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、メドーフェスク主体の場合でも随伴草種のオーチャードグラスの構成割合が上回わる場合がみられた。

2) 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、相互に抑制し合い、草量が減少する現象が認められたが、両草種の年次による草勢の交替は混播の一つの利点である。

3) アカクローバの衰退後にラジノクロー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なる傾向がみられた。

4) 試験地により草種の収量水準が異なり、試験地と組合せの間に有意な相互作用が見いだせる場合があったが、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性が認められた。