



Title	自然下種を利用した草地の生態的更新に関する研究
Author(s)	北原, 徳久
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	乙第3970号
Issue Date	1991-09-30
DOI	https://doi.org/10.11501/3059252
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/49761
Type	doctoral thesis
File Information	000000246690.pdf



自然下種を利用した草地の生態的更新に関する研究

北原徳久

①

自然下種を利用した草地の生態的更新に関する研究

1. 自然下種による草地の生態的更新に関する研究 17

2. 自然下種による草地の生態的更新に関する研究

3. 自然下種による草地の生態的更新に関する研究 18

4. 自然下種による草地の生態的更新に関する研究 22

5. 自然下種による草地の生態的更新に関する研究 51

6. 自然下種による草地の生態的更新に関する研究 52

7. 自然下種による草地の生態的更新に関する研究 59

8. 自然下種による草地の生態的更新に関する研究 61

9. 自然下種による草地の生態的更新に関する研究 61

10. 自然下種による草地の生態的更新に関する研究 61

11. 自然下種による草地の生態的更新に関する研究 62

12. 自然下種による草地の生態的更新に関する研究 69

北原 徳久

自然下種を利用した草地の生態的更新に関する研究

目次

第 I 章	緒論	1
第 II 章	自然下種法による草地生産性および草地 植生の改善効果	12
第 1 節	春期利用制限草地と慣行利用草地との 比較	12
第 2 節	春期利用制限処理水準の検討	23
第 III 章	自然下種法適性の草種間および品種間差 異	51
第 1 節	寒地型草種間の差異	51
第 2 節	発芽特性からみたオーチャードグラス とトールフェスクの差異	57
第 3 節	オーチャードグラスの品種間差異	69
第 IV 章	春期利用制限により生じた立毛草の利用	81
第 1 節	立毛草の利用時期	81
第 2 節	立毛草の放牧牛による採食	87

第V章 加入幼牧草の定着を高める利用管理 97

第VI章 自然下種法の荒廃草地への適用 107

第VII章 総合考察 138

総合摘要 149

引用文献 153

第 I 章 緒論

わが国で本格的に草地開発が行われるようになってから30数年が経過し、草地面積は現在64万haに及んでいる⁵³⁾。造成された草地は、経年化に伴い生産力が低下するため、一定の時期に更新が必要となる。しかし、更新には技術的および費用的に種々の問題があり、わが国の草地の大半は造成当初のまま、更新されずに利用されている(図1)。

一般に、草地の生産量は造成後2~3年目を頂点に以後漸減する。造成2年目の最高収量を100とした場合、6年目の収量は85、10年目以降は70以下に低下する(図2)⁸¹⁾。したがって、造成後6年以上経過した草地が2/3以上を占めるわが国の草地においては、牧草生産が低いと予想される。1970年における混播草地の10a当たり全国平均収量は、生草重で3.65tであり、これを100とすると、その10年後の1980年には92、15年後の1985年には98で、単年作物のイネ科牧草(主としてイタリアンライグラス)や青刈トウモロコシのそれぞれ118~131、106~114の伸びに比較して著しい相違を示している(表1)⁵²⁾。このことは、経年化した草地の更新が急務であることを示唆している。

また、草地の不適切な施肥管理と利用管理から、優良牧草の密度が減少し、雑草や生産性の低い牧草が優占したり、土壌の理化学性の極端な悪化により、草地の生産力が低下したときも、草地の更新が必要である。さらに、牧草種間に競争

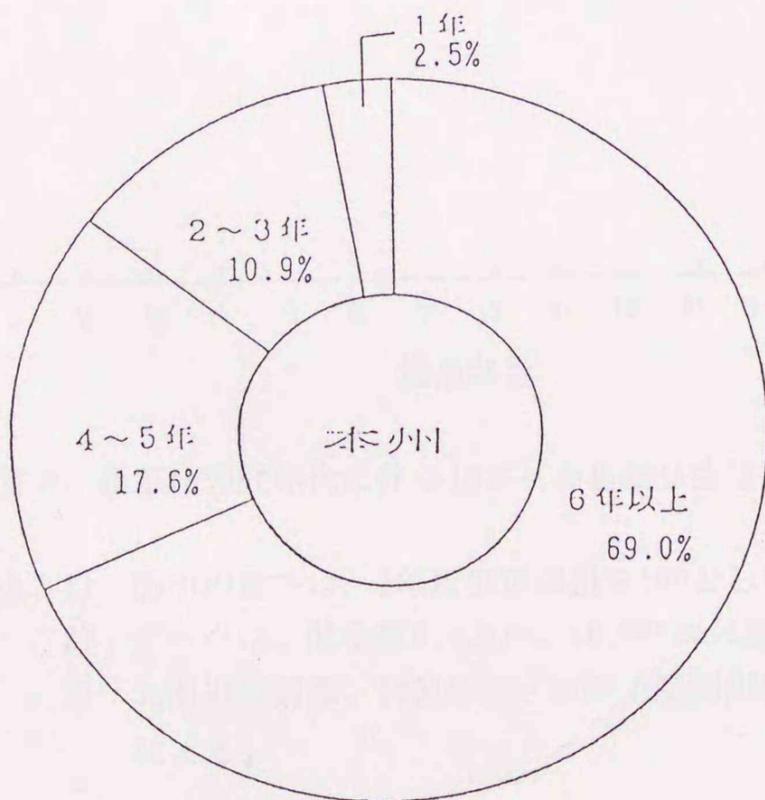
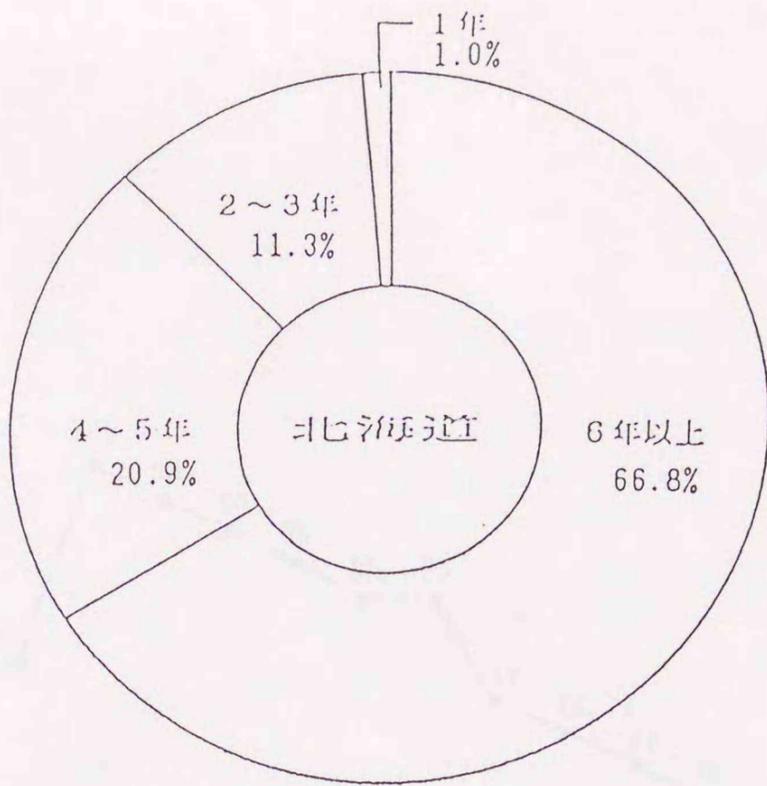


図1. 農家以外の農業事業体に基づく草地造成後の経過年数別面積割合 (%)

注. 1) 農林水産省畜産局自給飼料課飼料作物関係資料 (1986年) による

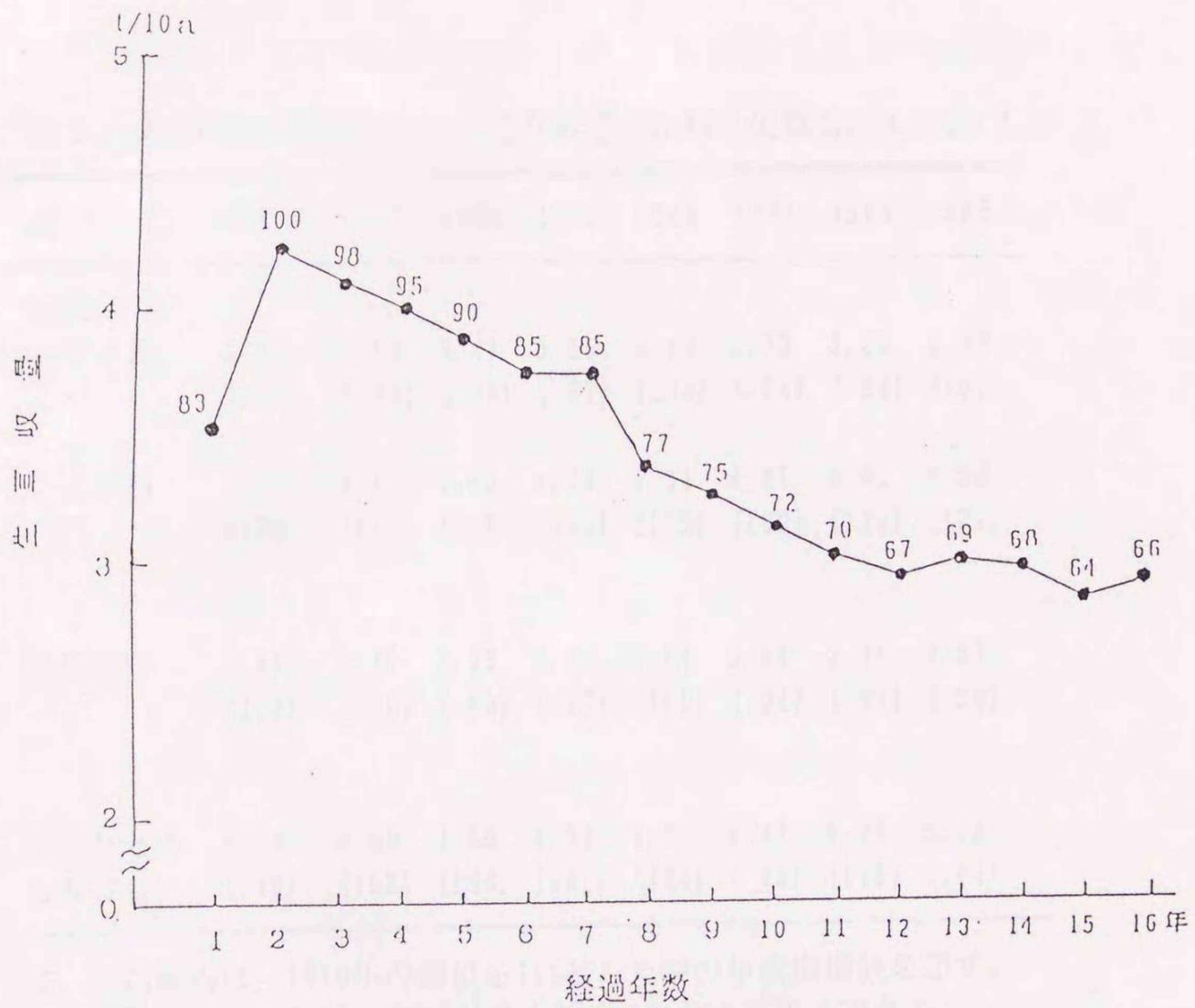


図2. 牧草地の経年化に伴う10アール当たり生草収量の推移

- 注. 1) 図中の数字は、2年目生草収量を100とした時の指数。
 2) データは、酪農家6,626戸、18,884haに基づく。
 3) 北海道農務部、1981年度「牧草生産利用実態調査」による。

表1. 飼料作物の種類別10a当たり収量の推移(生草重、t/10a)

項 目	1970年	1975	1980	1981	1982	1983	1984	1985
牧草								
マメ科	3.60 (100)	3.56 (99)	3.47 (96)	3.49 (97)	3.72 (103)	3.73 (104)	3.39 (94)	3.62 (101)
イネ科	3.74 (100)	4.19 (112)	4.43 (118)	4.60 (123)	4.81 (129)	4.87 (130)	4.62 (124)	4.90 (131)
混播牧草	3.65 (100)	3.49 (96)	3.35 (92)	3.41 (93)	3.64 (100)	3.44 (94)	3.41 (93)	3.57 (98)
青刈りとうもろこし	4.54 (100)	4.90 (108)	4.80 (106)	4.59 (101)	4.97 (109)	4.43 (98)	5.22 (115)	5.18 (114)

- 注. 1) 括弧内は、1970年の収量を100とした時の年次別指数を示す。
 2) 牧草のイネ科は、主としてイタリアンライグラスである。
 3) 農林水産省畜産局自給飼料課飼料作物関係資料(1986年)による。

が働いたり、放牧の場合には、家畜の嗜好性の違いによる特定草種の採食から、草種構成が変化し、家畜の栄養要求にそぐわない草種構成になったときにも草地の更新が必要である。

草地更新の方法には、鋤などにより反転耕起し、播種する完全更新と、耕起作業を全く行わないか、行っても最少限にとどめる簡易更新がある。前者は従来から行われている最も一般的な方法で、更新による草地改良の効果が高い。しかし、難点として、1) 労賃、資材費、機械費などの費用が高くつく、2) 耕起したとき、土壌の水蝕や風蝕など保全上の問題が多い、3) 機械が導入できない急傾斜地や礫が多いところでは適用が困難である、4) 耕耘により雑草の種子を拡散する危険性がある、5) 更新後、数箇月は牧草生産が中断される、などが挙げられる。これらの欠点を補うため、諸外国では後者の簡易更新の研究が盛んに行われている。

簡易更新技術として、イギリスにおいて1950年代に追播ドリル法が開発された⁷⁴⁾。しかし、この方法では播種した牧草の出芽と定着が悪かったため、改良を加え、1970年代中期にワンパスシーディング (one-pass seeding) またはスロットシーディング (slot-seeding) 法が考案された^{6, 74)}。その方法は、二つのディスクとティン (歯) から成るワンパスシーダー (one-pass seeder) によって2.5cm幅の狭い溝を切り、切り取られた土塊はリボン状に溝の一方の上側部に置くと同時に、溝には肥料と種子、他方の溝上側部には除草剤を散布し、既存牧草の生育を抑え、追播した牧草の生長を促すように工夫

されたもので、植生の改良効果が高いと言われている⁷³⁾。

米国では、簡易更新の方法として、ROBERTS⁷⁾によりフロストシーディング (frost seeding) 法が提唱された。この方法は、草地に晩冬施肥し、放牧利用した後、牧草を播種し、霜柱の活動を利用して種子の覆土を行い、その後出芽、定着を計り、草地改良しようとするものである。しかし、この時期の放牧による家畜の体重の減少、霜柱形成の不確実性、出芽幼植物の寒害の危険性など難点があるため、この方法の普及は一部地域に限られている。その後不耕起播種法の播種床の改良のため、火入れ、重放牧、各種の地表攪乱処理による更新試験が試みられたが、顕著な成果は得られなかった。

1949年、草地の簡易更新技術として初めて除草剤を使用する試験が行われた³⁶⁾。1950年代から現在までは新たに開発された各種の除草剤を使って、既存の草種の生育を抑えて牧草種子を播種する更新方法が主流を占めている。この方法は、草地更新のための播種床をまったく処理しないものから細い条を作り、ある程度攪乱するものまでであるが、完全には耕起されないため、不耕作または不耕起法と呼ばれる。除草剤とソッドシーダー (sod seeder) を併用することにより、多くの草地を一層効率よく、完全に改良できるようになった⁴⁾。

⁷³⁾。不耕起法用の播種機は、1970年から1983年の間に急速に改良され、利用されるようになった⁷³⁾。

ニュージーランドでは、通常、草地更新は完全耕起によっているが²⁹⁾、簡易更新として、播種床処理に重放牧や除草剤

を用いた追播ドリル法⁶⁴⁾ や追播法⁶⁸⁾ により草地更新に成功した例が多数みられる^{2, 29)}。オーストラリアでは、耕起できない放牧草地の植生を改善するために除草剤を使用した追播法を取り入れている⁵⁾。以上のように、諸外国での草地更新は、除草剤を使用した不耕起法（追播法や追播ドリル法を含む）が主流になりつつある。

わが国の簡易更新に関する研究は、1956年の三股ら⁴¹⁾の完全耕起と円盤型碎土機を用いた部分耕との比較試験に始まり、佐藤ら⁶⁷⁾、三井ら⁴⁰⁾の同様な試験の数例にすぎない。その後、1970年代までほとんど報告がみられなかった。1980年代に入り、前述したように草地の経年化による低収性、荒廃草地の拡大などのため、各地で簡易更新の研究が焦眉の急になった^{14, 15, 37, 38, 43, 44, 58, 76, 78, 79)}。

現在の簡易更新法の主流は、前述のとおり、除草剤を用いた不耕起法であるが、不耕起法といえども機械が必要であり、除草剤の使用により、周辺環境への影響や、急傾斜地の多いわが国では適用しがたいなどの難点が多い。

一方、除草剤や機械を使用しないで、低費用且つ省力的な更新法として自然下種法が検討されてきた。自然下種法は、草地を春期に休牧あるいは刈取りを行わないことによって、牧草が開花、結実し、自然下種した種子を出芽、定着させる、いわば植物がもつ繁殖能力を利用し、加入個体の増加によって生産力を回復しようとする更新法である。自然下種が植生の改善に効果があることを最初に提唱したのは、1920年代の

JARDINら²⁰⁾で、その効果を放牧法に組み入れ、待期輪換放牧法を確立した。その方法は、輪換放牧の一形態で、数牧区から成る草地の一牧区を放牧牛の草量不足期に休牧する待期牧区として設定し、その牧区が休牧期間中に構成草種の自然下種する時期と一致させ、毎年、この待期牧区を換えて、数年で一巡するものである。この方法は、換言すれば、草量不足期の草量確保対策と自然下種による植生改善効果を組入れた放牧法である。その後、この放牧法はSAMPSON⁶⁶⁾、MERRILL³⁶⁾、およびKOTHMANNら²⁵⁾により有効性が実証され、現在では米国南西部の自然草地で広く適用されている²⁶⁾。わが国での待期輪換放牧に関する試験例は、野草地を対象とした田島ら⁷⁵⁾の報告、牧草地を対象とした著者ら^{21, 22, 23)}の報告があるにすぎない。近年、草地を簡易に更新する必要性から、積極的に自然下種を利用した草地更新が試みられ始めた⁵⁵⁾。しかし、自然下種法に関連する検討は、単に植生の改善効果があるという現象面に留まっており、その手順、生態学的基礎および実用規模での有効性については、いまだ明らかにされていない。

本研究は、自然下種を利用した生態的更新法、すなわち、自然下種法の生態学的基礎を明らかにするとともに、その有効性および適用条件を検討することを目的とし、1976年から1987年まで中国農業試験場畜産部（島根県大田市）および草地試験場（栃木県那須郡西那須野町）において、室内実験、圃場試験および放牧試験を平行して実施し、その結果を取り

まとめたものである。

第II章では、慣行利用草地と春期に利用制限し、自然下種を増加させた草地とを植生および牧草生産量について比較し、自然下種法の簡易な草地更新技術としての可能性を検討した。さらに、自然下種を促す春期利用制限の程度を検討した。

第III章では、わが国で栽培している主要な寒地型イネ科牧草の6草種を供試して自然下種法の適性について草種間の差異を検討した。さらに、わが国の草地の基幹草種であるオーチャードグラスとトールフェスクの自然下種に対する適性について、種子の発芽特性の面から比較検討した。また、自然下種法による草地更新の適性草種であり、且つ、わが国の草地の基幹草種であるオーチャードグラスの3品種を供試して、自然下種に対する適性の品種間差異を検討した。

第IV章では、春期の利用制限処理により生じた立毛草は、自然下種して出芽した幼牧草の生育にとって支障となるため除去しなければならないが、この多量の枯草を含む立毛草地の放牧利用性および利用時期について検討を加えた。

第V章では、自然下種した種子からの幼牧草（加入個体）の定着性を高めるためにどのような利用管理をすべきかについて、自然下種後の刈取り回数と施肥の面から検討を加えた。

第VI章では、雑草が侵入し、オーチャードグラスの個体密度が低下した放牧地において実用規模で自然下種法を適用し、同法の草地更新技術としての有効性を考究した。

第VII章では、以上の試験で得られた結果を基に、草地の更

新技術としての自然下種法を実施する場合の要点、自然下種法の利点および問題点を総合的に考察した。

謝辞

本研究の取りまとめにあたり、北海道大学農学部教授島本義也博士に懇切なご指導をいただき、ご校閲を賜った。また、北海道大学農学部教授朝日田康司博士および中世古公男博士、同助教授中嶋博博士には本稿のご校閲をいただいた。さらに、本研究のとりまとめに際し、北海道大学農学部教授清水弘博士には終始ご便宜とご援助をいただいた。

本研究の遂行にあたり、中国農業試験場畜産部飼料研究室前室長小野茂博士（現九州東海大学教授）、同研究室員河野道治技官（現草地試験場山地支場）および同研究室員高橋佳孝技官には圃場管理と調査の面で絶大な協力を得、土壌調査では草地試験場草地計画部造成計画研究室員吉村義則技官の協力をいただいた。また、調査を円滑に進めることができたのは中国農業試験場畜産部臨時職員諸氏および栃木県湯津上村大野放牧場牧野組合の方々の協力のおかげである。

元草地試験場草地計画部長丸岡詮氏、元同草地計画部長村里正八氏、同企画連絡室長鈴木慎二郎博士および草地試験場山地支場長岡本恭二博士には試験遂行の便宜と激励を賜った。

以上の諸氏に心から感謝の意を表する次第である。

第II章 自然下種法による草地生産性および草地植生の改善 効果

第1節 春期利用制限草地と慣行利用草地との比較

1. 緒言

草地では、自然下種した牧草種子から出芽した幼植物個体がしばしば観察されるが、定着する個体は、ごく少数である。自然下種した牧草種子の定着条件としては、十分な自然下種量と自然下種した種子が出芽し、定着できる好適な環境が整っていることが必要であろう。

本節では、春期利用を制限した草地と通常の慣行利用草地において、自然下種量、出芽、定着個体および牧草生産量等を比較し、自然下種法の草地簡易更新技術としての可能性について検討した。

2. 材料と方法

1) 試験場所および試験年次： 中国農業試験場畜産部（島根県大田市）で、1976～1980年に実施した。

2) 供試草種： オーチャードグラス *Dactylis glomerata* L.（以下OGと略す、品種「ポトマック」）、トールフェスク *Festuca arundinacea* Schreb.（TF、品種「ケンタッキー-31」）、ペレニアルライグラス *Lolium perenne* L.（PRG、品種「フレンド」）の3草種を用いた。

表2. 自然下種草地と慣行利用草地との草生産量比較試験における各処理区
の刈取時期

年次	処理	刈取り回次					
		1	2	3	4	5	6
		4月26日 ~28日	5月25日 ~6月1日	6月27日 ~30日	8月1日 ~10日	9月25日 ~30日	11月16日 ~30日
利用1~4 年目 (1976~ 1979年)	S0	-	-	-	○	○	○
	S1	○	-	-	○	○	○
	U	○	○	○	○	○	○

	各処理 区共通	刈取り回次				
		1	2	3	4	5
利用5年目 (1980年)		5月1日	5月27日	7月4日	9月5日	11月27日

- 注. 1) ○: 刈取り、 - : 利用制限 (刈取らない)。
 2) S0: 春期無利用、S1: 春期1回利用、U: 慣行利用。
 3) 利用5年目 (1980年) には、各処理区とも同一時期に刈取った。

3) 試験処理: 1区 9 m^2 ($3\text{ m} \times 3\text{ m}$)、3反復の分割試験区法により次に示す処理区を配置した。主試験区; 春期無利用(以下S0と略す)、春期1回利用(S1)、放牧を想定し、春期3回刈取る慣行利用(U)。副試験区; 草種(OG、TF、PRG)。

4) 栽培概要: 1975年10月25日に10a当たりOG区 3.5kg、TF区 4.5kg、PRG区 3.5kgの種子をそれぞれ散播した。

施肥量は、基肥として10a当たり窒素5.6kg、リン酸6.8kg、加里5.2kg、苦土石灰100kgを播種時に施した。追肥は、年間10a当たり窒素17.6kg、リン酸8.4kg、加里17.2kgを年5回に分けて施した。

1976~1979年の4年間は、春期の利用制限処理を行った。各年次の刈取り時期は、表2に示すとおりである。1980年(利用5年目)には、前年までの処理の牧草生産量への影響を慣行利用草地と比較するために、各処理区の刈取り時期を同じにした。刈取りの高さは、いずれの場合にも地際から約5cmとした。

5) 調査項目および調査方法: 調査項目は、加入個体(自然下種種子から出芽した個体をいう)および既存個体の茎数、裸地率、乾物収量である。茎数の調査は、秋期に実施し、各処理区に $30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ の固定方形枠を3箇所設置し、その枠内で行った。裸地率は、U処理区の刈取り時期に、乾物収量については各処理区の刈取り時期とした。

3. 結果と考察

各処理区における自然下種した種子の出芽と定着状況は、表3に示した。

U処理では、どの草種においても加入個体はまったくみられなかった。S0処理における加入個体の茎数は、S1処理より明らかに多かった。S0処理では、利用2年目(1977年)でのみTFの加入個体の茎数はOGより多かった。しかし、それ以外の調査時期では供試草種中最も少なかった。S1処理では、PRGの加入個体の茎数が多く、OGとTFは極めて少なかった。

既存個体の茎数を含めた全茎数中に占める加入個体の茎数の割合(表4)は、S0処理で著しく高かった。S0処理のうち、その割合が高い草種は、利用3~4年目のPRGおよび利用4年目のOGで、加入個体が翌年の収量構成に重要な役割を果たしていることがうかがえる。S1処理では、PRGが最も高く、他の草種は極めて低い値でほとんど自然下種からの個体定着は期待できなかった。

各処理区の裸地率の推移は、図3に示した。各草種とも、年次をおって処理間で裸地率の差が明確になった。これは、連年春期に利用制限処理をしたためであるが、草種によりその様相が異なっている。そこで、その処理の4年間の累積効果が表れる利用5年目(1980年)の裸地率についてみると、OGとPRGは、S1処理が最も高く、S0処理が最も低かった。一方、TFではおおよそ春期の利用制限程度が強い順、

表3. 春期利用制限処理区の自然下種の出芽と定着状況 (本/m²)

草種	処理	加入個体茎数**							
		利用1年目 (1976年)		利用2年目 (1977年)		利用3年目 (1978年)		利用4年目 (1979年)	
		10月7日	11月28日	10月7日	11月15日	10月2日	11月15日		
OG	S0	11	444	1,189	933	3,867	1,478		
	S1	0	0	33	67	11	22		
TF	S0	11	922	700	778	1,089	411		
	S1	0	0	33	11	22	33		
PRG	S0	111	1,589	3,433	5,511	1,589	*		
	S1	44	500	256	1,289	744	*		

- 注. 1) S0: 春期無利用、S1: 春期1回利用
 2) OG: オーチャードグラス、TF: トールフェスク、PRG: ベレニアルライグラス。
 3) *: 既存個体と加入個体の判別ができなかったので調査しなかった。
 4) **: 1m²当たりの加入個体の全茎数を示す。
 5) U (慣行利用) 処理区には加入個体はまったくみられなかった。

表4. 春期利用制限処理区の加入個体茎数の全茎数中に占める割合(%)

草種	処理	利用1年目 (1976年)	利用2年目 (1977年)	利用3年目 (1978年)		利用4年目 (1979年)	
		10月7日	11月28日	10月7日	11月15日	10月2日	11月15日
OG	S0	0.4	22.0	39.5	22.1	86.4	49.1
	S1	0	0.2	1.5	1.7	0.7	0.8
TF	S0	0.3	28.9	28.9	18.2	50.0	15.2
	S1	0	0	1.5	0.3	1.5	1.8
PRG	S0	4.7	28.5	85.1	96.9	72.3	*
	S1	1.4	5.5	24.7	31.9	66.9	*

注. 1) S0 : 春期無利用、S1 : 春期1回利用

2) OG : オチャードグラス、TF : トルネスク、PRG : ヘルニアライグラス。

3) * : 既存個体と加入個体の判別ができなかったので調査しなかった。

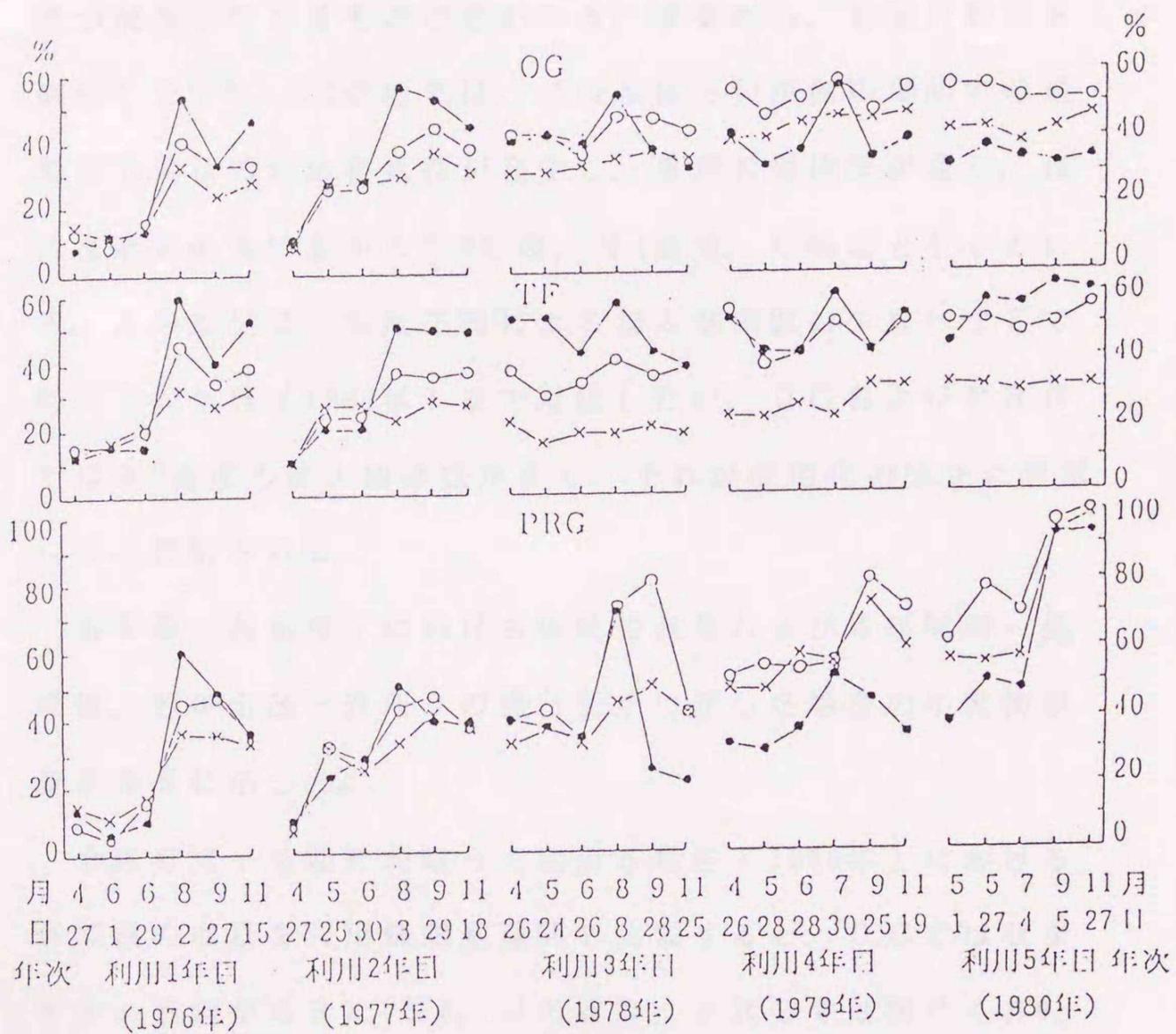


図3. 春期利用制限区と慣行利用区における裸地率の推移

- 注. 1) ● : S0春期無利用、○ : S1春期1回利用、× : U慣行利用。
 2) ○G : オチャードグラス、TF : トルフェスク、PRG : ハレニアルライグラス。
 3) 利用1年目から利用4年目までは、春期利用制限処理を行い、
 利用5年目は慣行の利用を行った。

すなわち、S0処理が最も高く、U処理が最も低かった。

これらの草種と処理の相互作用は、自然下種による加入個体が関与しているものと思われる。すなわち、春期に利用を制限したS0、S1処理では、どの草種も利用制限期間中の過繁茂や倒伏のため枯死株が発生し、夏期の裸地率が高く、ほぼ裸地率の高い順からS0処理、S1処理、U処理となっている。この順位は、自然下種による加入個体数の少ないTFでは利用5年目（1980年）まで継続したが、OGおよびPRGではS0処理の加入個体数が多く、それが裸地化の防止に貢献したと推察される。

各草種、各処理下における年乾物収量および4年間同一処理後、翌年全区一斉刈りの慣行利用に戻した場合の年乾物収量を表5に示した。

全区を同一時期に刈取った利用5年目（1980年）における各草種の収量を利用制限処理間で比較すると、OGでは収量の多い処理からS0、S1、Uの順に、PRGでは同じくS0、U、S1の順であり、両草種ともS0処理が最多収であった。TFではS1処理が最も多く、S0処理が最も少なかった。この結果と前述したPRGとOGの加入個体数が多く（表3）、OGとPRGでは春期の利用を全く行わない処理（S0処理）により定着した加入個体が翌年の収量に貢献しているものと考えられる。一方、TFでは、S0処理を行うと低収になる。簡易更新における自然下種法の適性には草種間差があることをも示唆している。この草種間差については次章で詳しく検

表5. 各草種、各処理における年乾物収量および4年間、処理を加えた後、その翌年慣行利用に戻した場合の年乾物収量 (kg/10a)

利用年次	草種	春期利用制限処理		
		S0	S1	U
利用1年目 (1976年)	OG	1,271	1,094	1,089
	TF	1,328	1,331	1,181
	PRG	816	999	1,047
利用2年目 (1977年)	OG	1,384ab	1,571a	1,269b
	TF	1,641ab	1,876a	1,398b
	PRG	1,096	1,255	1,061
利用3年目 (1978年)	OG	1,260	1,306	1,203
	TF	1,408	1,509	1,378
	PRG	1,156	998	1,168
利用4年目 (1979年)	OG	1,400	1,449	1,188
	TF	1,574ab	1,677a	1,328b
	PRG	959	956	1,027
利用5年目 (1980年)	OG	1,185	1,063	947
	TF	894b	1,356a	1,118ab
	PRG	999a	615b	690b

注. 1) 利用1年目からの4年間は、自然下種処理を加え、翌年の利用5年目には全区一斉刈りの慣行利用とした。

2) S0: 春期無利用、S1: 春期一回利用、U: 慣行利用

3) OG: オークトグラス、TF: トルフェス、PRG: ベレアルイグラス

4) 同一利用年次、草種内の異文字間には有意差 ($p < 0.05$) がある。

討する。

以上の結果から、OGとPRGは春期の利用制限による自然下種の効果により植生が改善される可能性がある。また、春期の利用制限処理の方法については、春期1回利用(S1)するより春期に利用をまったく行わない処理(S0)が加入個体の定着に有効と思われる。

4. 摘要

本節では、慣行利用草地と春期の利用を制限し、その結果、豊富に自然下種した草地において、加入個体の動態、植生、牧草生産量について調査し、自然下種法の草地簡易更新技術としての可能性について検討した。

1) OG、TFおよびPRGの3草種を用い、春期無利用、春期1回利用および慣行の春期3回利用の3水準の処理区を設け、4年間調査した。

2) 春期無利用処理では加入個体が多数みられ、春期1回利用処理では加入個体数が少なく、慣行利用では全く観察されなかった。

3) 春期無利用処理では、既存個体に加入個体を加えた全茎数中に占める加入個体の茎数の割合は、PRG(利用3～4年目)とOG(利用4年目)で高い値を示した。このことから、春期無利用処理では加入個体が翌年の収量構成に重要な役割を果たしていることがうかがえた。

4) 4年間春期の利用制限処理を加えた後、各区を同一の

時期に刈取り利用した結果、OGとPRGでは、いずれも春期無利用処理が慣行利用処理に比べて多収であった。しかし、TFでは、春期無利用処理の収量が最も少なかった。

5) 以上の結果から、OGとPRGでは自然下種法により植生が改善される可能性があると判断される。

第2節 春期利用制限処理水準の検討

1. 緒言

前節では、自然下種法による草地の簡易更新が可能であることについて述べた。自然下種法では、春期に利用を制限して完熟した種子が下種し、出芽と定着を期待している。

本節では、春期の利用制限程度が種子生産量、自然下種量、自然下種種子の出芽と定着数、年乾物収量などに及ぼす影響を調査し、自然下種法の効率を高めるための春期の利用制限程度を検討した。

2. 材料と方法

1) 試験場所および試験年次： 中国農業試験場畜産部で1978～1982年に実施した。

2) 供試草種： OG (品種「ポトマック」)、TF (品種「ケンタッキー31」) およびPRG (品種「フレンド」) の3草種を用いた。

3) 試験処理： 1区1㎡ (1m×1m)、3反復の分割試験区法により配列し、春期の利用制限程度が異なる春期無利用 (S0) と春期1回利用 (S1) を主試験区、草種を副試験区とした。

1979年と1980年には、春期に利用を制限した区を設けた。1981年と1982年には、各処理区とも慣行の刈取り利用 (年5回刈取り、表6) に変えて同一時期に刈取った。

表6. 春期の利用制限処理試験におけるおける各処理区の刈取時期

利用年次	処理	刈取時期				
利用1年目 (1979年)	S0		8月 8日	9月26日	11月21日	
	S1	5月 4日	8月 8日	9月26日	11月21日	
利用2年目 (1980年)	S0		8月 7日	9月17日	11月14日	
	S1	4月24日	8月 7日	9月17日	11月14日	
利用3年目 (1981年)	各区共通 ^{a)}	4月24日	5月25日	7月 2日	9月21日	11月18日
利用4年目 (1982年)	各区共通 ^{a)}	4月20日	5月20日	7月 2日	9月 7日	11月 9日

注. 1) S0 : 春期無利用、S1 : 春期1回利用

2) a) : 全試験区を同一の日に刈取った。

4) 栽培概要

a. 栽植方法: 1978年10月11日ペーパーポットに前記草種を播種し、出芽後間引きして1本立てとし、同年11月22日圃場に個体植えた。栽植密度は、1区(1 m²)当たり100個体(10 cm×10 cm間隔)とした。

b. 施肥量: 基肥として移植直前に10a当たり窒素5.6 kg、リン酸6.8 kg、加里5.2 kg、苦土石灰100 kgを施した。追肥として1979年および1980年には、年間10a当たり窒素22 kg、リン酸10.5 kg、加里21.5 kgを年5回(3、5、8、9、11月)に、1981年および1982年には、同窒素18.25 kg、リン酸10 kg、加里17.75 kgを年4回(3、5、8、10月)に分施した。

c. 刈取期: 各年次の春期利用制限処理区別の刈取り時期は表6のとおりである。なお、刈取りの高さは、地際から約5 cmとした。

5) 調査項目および調査方法

a. 出穂、開花および完熟の状況: 春期の利用制限処理をした1979年と1980年の両年に出穂始、開花期および完熟期を記録した。なお、開花期および完熟期の判定は、それぞれ全穂の約50%が開花した日および全穂について大半の種子が硬化した日とした。

b. 種子生産量: 各調査区内に30 cm×30 cmの固定方形枠を設置し、それぞれの供試草種の完熟期に方形枠内の出穂莖数を調べるとともに、その方形枠の外から20穂を採取し、風乾、脱粒後、種子重(精選しなかったために夾雑物を含む)

を測定し、 m^2 当たり種子生産量を算出した。また、8月の刈取時についても同様の方法により、未落下種子量を測定し、前記の種子量との差を自然下種量とした。調査は、1979年および1980年に行った。

c. 稔性： 軟X線装置を用いて各調査区から採取した完熟期の種子1,000粒および8月刈取り期の種子200~1,000粒を測定した。胚および胚乳のみられる種子を稔実種子とみなし、稔実率で示した。

d. 自然下種した種子の出芽と定着： $30\text{cm} \times 30\text{cm}$ の固定方形枠内の自然下種による加入個体数および加入個体の莖数を調査した。調査時期は、1979年は6月21日、7月10日、8月4日、9月4日、9月12日、10月1日、11月16日の7回、1980年は6月23日、7月14日、8月7日、8月11日、8月20日、9月3日、10月3日、11月10日の8回であった。

e. 既存個体の枯死率および莖数密度： 試験開始時に定植した個体（既存個体）の枯死率を1979年9月3日と1980年8月11日に調査した。また、加入個体数の調査に用いた方形枠内の莖数（加入個体の莖数を含む）を1979~1981年の3年間にわたって調査した。各年次の調査時期は、4月中~下旬、6月下旬、8月上~中旬、9月中旬~10月上旬および11月中旬の5期とした。

f. 年乾物収量： 全区を同一の時期に刈取った1981年と1982年に年5回刈取り（表6）、乾物重量を測定した。

3. 結果と考察

1) 出穂、開花および完熟状況

各草種の出穂、開花および完熟の状況を図4に示した。

S1処理の出穂始、開花期および完熟期は、春期に1回刈取った後の再生草についてのものである。

S0処理では、供試3草種の出穂始は1979年には4月14～19日に、1980年には4月21～28日の間に観察され、草種間には大きな違いはなかった。開花期は、1979年には5月18～24日に、1980年には5月20～24日に観察され、出穂始と同様、草種間の差は小さかった。完熟期は、調査した兩年ともTFが最も早く6月11～17日、PRGが最も遅く6月21～28日にそれぞれ到達した。これら2草種の間には10～11日の差があった。OGの完熟期は、兩年とも6月20日であった。

一方、S1処理では、穂ばらみ期から出穂期にかけて1回刈取られているため、各草種とも出穂始、開花期および完熟期がS0処理に比べ遅延した。その遅延の程度は、出穂始では10～26日、開花期では8～16日、完熟期では8～20日であった。

2) 種子生産性、自然下種量および稔性

草種別、処理別に種子の生産性および自然下種量を表7に、稔性を表8に示した。

出穂莖数は、1979および1980年ともに全供試草種で、S0処理がS1処理に比べて多かった。S1処理の春期の刈取り時期は、4月下旬から5月上旬であり、供試3草種は、この時すで

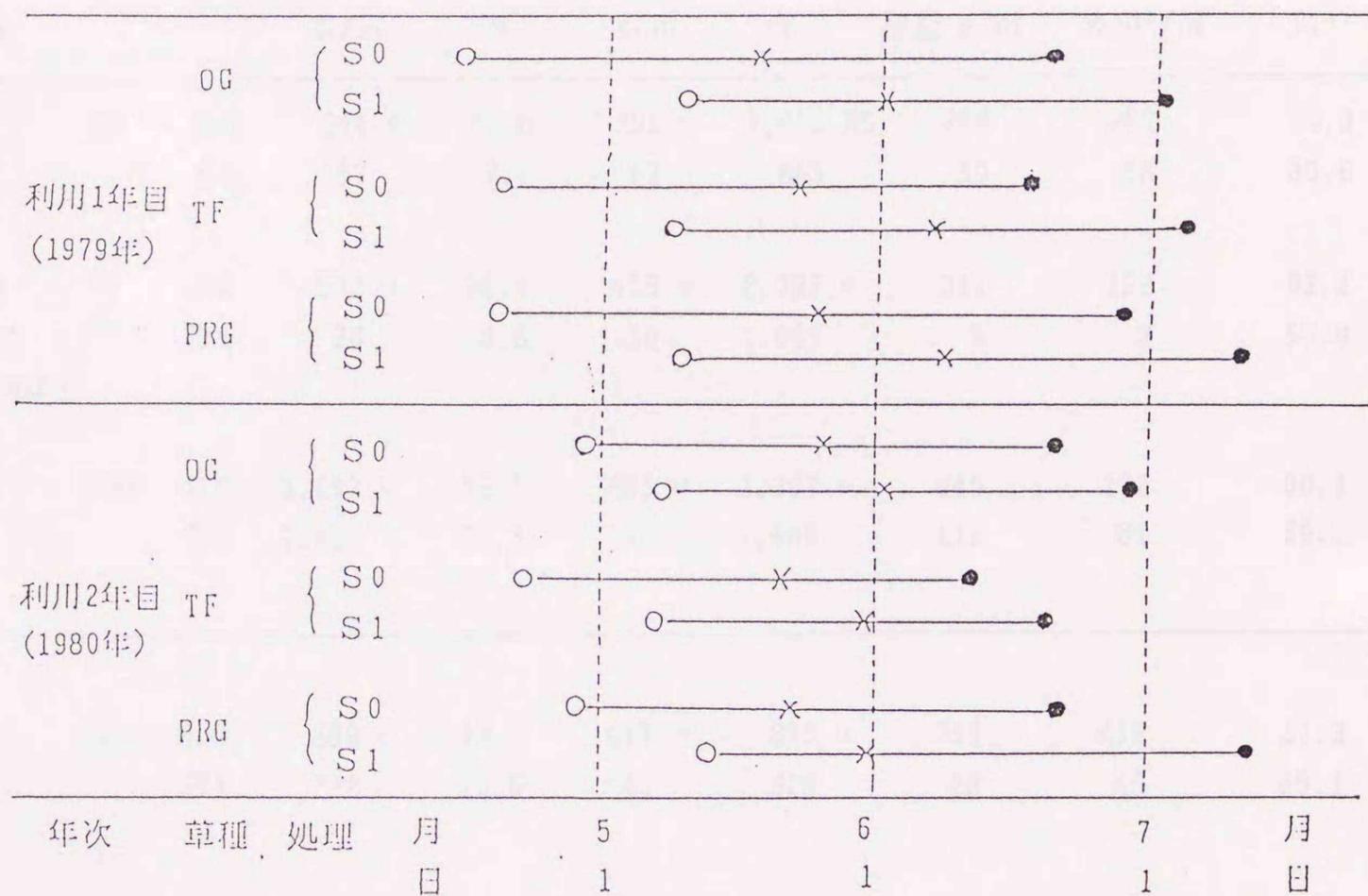


図4. 春期利用制限処理が牧草の出穂、開花、完熟に及ぼす影響

- 注. 1) ○ : 出穂始、× : 開花期、● : 完熟期。
 2) S0 : 春期無利用、S1 : 春期1回利用。
 3) OG : オートチャートグラス、TF : トールフェスク、PRG : ヘレニアライグラス。
 4) S1処理のデータは、春期の刈取後の再生草のものを示す。1979
 および1980年のS1処理における春期の刈取時期は、それぞれ5月
 4日、4月24日であった。

表7. 春期利用制限処理が牧草の出穂莖数、種子生産量、千粒重および自然下種量に及ぼす影響

利用 年次	草種	処理	出穂莖数 本/m ²	出穂莖率 %	種子 生産量 g/m ²	千粒重 mg	8月刈取り 時の自然下 種量 g/m ²	同左の自然 下種粒数 ×10 ³ /m ²	自然 下種率 % ^{a)}
	OG	S0	544 *	37.5	296 *	1,073 NS	269	251	90.9
		S1	197	7.1	62	869	50	58	80.6
利用 1年目 (1979年)	TF	S0	533 *	20.5	415 *	2,797 *	341	122	82.2
		S1	26	0.8	10	1,863	5	3	50.0
	PRG	S0	2,652 *	56.1	805 *	2,367 *	645	272	80.1
		S1	1,311	21.3	198	1,466	119	81	60.1
	OG	S0	889 *	43.5	417 *	875 *	364	416	87.3
		S1	222	13.6	43	626	28	45	65.1
利用 2年目 (1980年)	TF	S0	656 *	39.1	344 *	2,182 *	262	120	76.2
		S1	244	5.8	70	1,576	47	30	67.1
	PRG	S0	3,022 *	58.7	581 *	1,860 NS	427	230	73.5
		S1	1,122	16.2	157	1,681	89	53	56.7

注. 1) S0: 春期無利用、S1: 春期1回利用。

2) OG: オチャードグラス、TF: トルフェスク、PRG: ヴレニアルライグラス。

3) a): 種子生産量に対する自然下種量の割合(%)を示す。

4) *: 同一草種内の春期利用抑制処理間に有意差(p < 0.05)がある。

5) NS: 有意差なし。

6) 出穂莖率、8月刈取り時の自然下種量、自然下種粒数および自然下種率は、有意性検定せず。

7) 種子生産量には、種子を精選しなかったため夾雑物を含む。

表8. 春期利用制限処理が牧草種子の完熟期および8月刈取り時の稔実率(%)に及ぼす影響

利用年次	草種	処理	完熟期の稔実率	完熟期	8月刈取り時の稔実率	8月刈取り時期
利用1年目 (1979年)	OG	S0	77.8 NS	6月20日	51.7 NS	} 8月8日
		S1	77.1	7月2日	41.4	
	TF	S0	87.2 *	6月17日	76.5 *	
		S1	66.2	7月5日	47.2	
	PRG	S0	86.7 *	6月28日	76.2 *	
		S1	75.5	7月11日	60.4	
利用2年目 (1980年)	OG	S0	72.1 NS	6月20日	40.5 NS	} 8月7日
		S1	64.2	6月28日	29.1	
	TF	S0	64.6 NS	6月11日	61.6 *	
		S1	65.6	6月19日	39.9	
	PRG	S0	70.7 NS	6月21日	64.9 NS	
		S1	66.9	7月11日	62.6	

- 注. 1) S0: 春期無利用、S1: 春期1回利用。
 2) OG: オークワードグラス、TF: トールフィスク、PRG: ヘルニアルライグラス。
 3) *: 同一草種内の春期利用抑制処理間に有意差 ($p < 0.05$) がある。
 4) NS: 有意差なし。

に穂ばらみから出穂始に到達していたため、本来間もなく出穂する分けつの大部分が刈取られたことになる。このことにより、この時期の刈取りは、出穂莖数が減少する。

ROBERTS⁶³⁾ は、PRG、OG、メドウフェスク (*Festuca elatior* L.) およびチモシー (*Phleum pratense* L.) で刈取り時期の違いが出穂莖数に及ぼす影響を調べ、一般に出穂莖数は、10月および幼穂形成期前の刈取りでは増加するが、幼穂形成期以後2~5週(5週は出穂始に相当)の刈取りでは減少すると報告している。また、分けつの出穂率については、星野ら¹³⁾ は、OGを供試して2月以前に形成された分けつで高く、3月以降のものでは著しく低くなることを示した。

HILLら¹³⁾ もPRG、チモシーなどの草種の晩夏~冬に発生した分けつで、出穂莖率が高く、春に発生したものでは低いことを報告している。

出穂莖率は、6月下旬に測定した全莖数に対する完熟期の出穂莖数の割合で示した(表7)。

調査した兩年ともに、S0処理の出穂莖率は、明らかにS1処理のそれより高かった。これは、S0処理ではS1処理に比べ出穂莖数が多いことによるものである。草種別にみると、S0処理ではPRGが最も高く、ついでOGがこれにつぎ、TFは最も低くかった。S1処理においても最も高い出穂莖率を示したのは、PRGであり、OGとTFは著しく低くかった。S1処理のPRGは、晩春に発生する分けつでも出穂莖率が高い⁷⁰⁾ことから、供試草種中最も高い値を示した。

種子生産量は、どの調査年次、草種ともS0処理がS1処理に比べ有意に多かった(表7)。この傾向は、前述の出穂茎数の傾向と類似している。したがって、S1処理の種子生産量がS0処理に比べて少ないのは、穂ばらみ期から出穂始にかけての刈取りによる出穂茎数の減少が原因と考えられる。

春期の利用が種子生産量に及ぼす影響については、LEWIS³¹⁾、HILLら¹³⁾およびROBERTS⁶³⁾の報告があり、本試験と同様の結果を得ている。刈取り時期と種子生産量との関係については、ROBERTS⁶²⁾のOGおよびGREENら⁹⁾のOG並びにメドウフェスクの試験例では、4月の刈取りが、LEWIS³¹⁾のメドウフェスクのそれでは5月の刈取りが最も影響すると報告している。本試験の結果からも、4月下旬～5月上旬の刈取りは、種子生産量の低下をもたらすものといえよう。

各草種の千粒重は、兩年ともにS0処理でS1処理より明らかに重かった(表7)。S1処理は、前述の出穂茎数および種子生産量と同様、千粒重にも大きな影響を及ぼし、その処理により種子が軽くなった。S1処理の種子はS0処理の種子に比べ胚、胚乳ともに小さく、種子を構成する胚と胚乳の重量とも軽いことが予想される。春の刈取りにより千粒重が軽くなることについて、LEWIS³¹⁾はメドウフェスク草地で、3月刈取り区と無刈取り区とを比較し、3月刈取り区で軽くなると報告している。渋谷ら⁷¹⁾は、大粒種子は小粒種子に比べ胚乳のみでなく胚(幼芽、幼根)も大きく、また胚の従属栄養期間の生育もよく、そのため出芽幼植物の生育にも勝ったと

報告している。また、ARNOTT¹⁾は、PRGで重い種子から発芽した幼植物は、軽い種子からのものに比べて、葉数および分げつ数が多く、地上部乾物重も重いことを示した。したがって、千粒重が重く、種子の大きいS0処理は、S1処理に比べて出芽の生育と定着に有利である。

各年次、各草種を通じて8月の刈取時の自然下種量は、S0処理がS1処理より明らかに多かった。これは、S0処理で種子生産量が著しく多いことによるものであるが、その他の原因としてS0処理は完熟期から8月の刈取り時までの種子散布の期間が長いことも考えられる。

自然下種粒数は、自然下種量と同様、各年次、各草種を通じてS0処理でS1処理に比べて明らかに多かった。草種別にみると、S0処理では種子の小さいOGが最も多く、ついでPRG、TFは最も少なかった。一方、S1処理では、PRGが最も多かったが、S0処理に比べれば、その量は約1/4と少なかった。

草地造成時の播種量は、地域、土壌条件、利用条件などで異なるが、日本草地協会の草地開発事業計画設計基準⁴⁹⁾によれば、中国地域の低標高地における寒地型牧草放牧用草地の標準播種量は、 m^2 当たり2.8~4.7gとなっている。この量に比べれば、本試験の自然下種量は標準播種量の100倍に当たる。

表7に示した8月刈取り時の自然下種率は、完熟期の種子量に対する8月刈取り時の自然下種量の割合である。自然下種率は、どの草種もS0処理がS1処理より高かった。S0処理では、

両年に共通してOGが最も高かった。このことは、OGでは8月の刈取り時には大部分の種子がすでに落下していたことを示すものである。S0処理におけるTFおよびPRGの自然下種率も比較的高かった。

完熟期における稔実率は、1980年のTFを除けば、どの草種もS0処理がS1処理より高かった(表8)。しかし、両処理間の差は小さく、春期刈取りの稔性への影響は、種子生産量へのそれに比べて、大きくないと思われる。8月刈取り時の稔実率は、完熟期と同様に、各草種ともS0処理がS1処理より高いが、完熟期の稔実率より低かった。このことは、8月刈取り時に穂から脱粒していない種子には、不稔のものが多く、稔実種子は、すでに下種したと思われる。

3) 自然下種種子の出芽と定着

各草種の自然下種した種子の出芽と定着の状況は、図5に示した。

1979年の個体群動態をみると、6月21日の調査では各草種とも出芽は観察されず、7月10日では、S0処理でOGとTFに㎡当たり30~100個体、PRGに同約6万個体、S1処理でPRGのみ同約4千個体の出芽が観察された。しかし、これらの出芽個体は、8月8日の既存株の刈取り後、すべて枯死した。9月上旬から再び出芽し始め、9月12日の調査時には各草種とも加入個体の最大値を記録し、以後その数は減少した。加入個体の分けつ発生は、PRGで最も早く、S0、S1両処理と

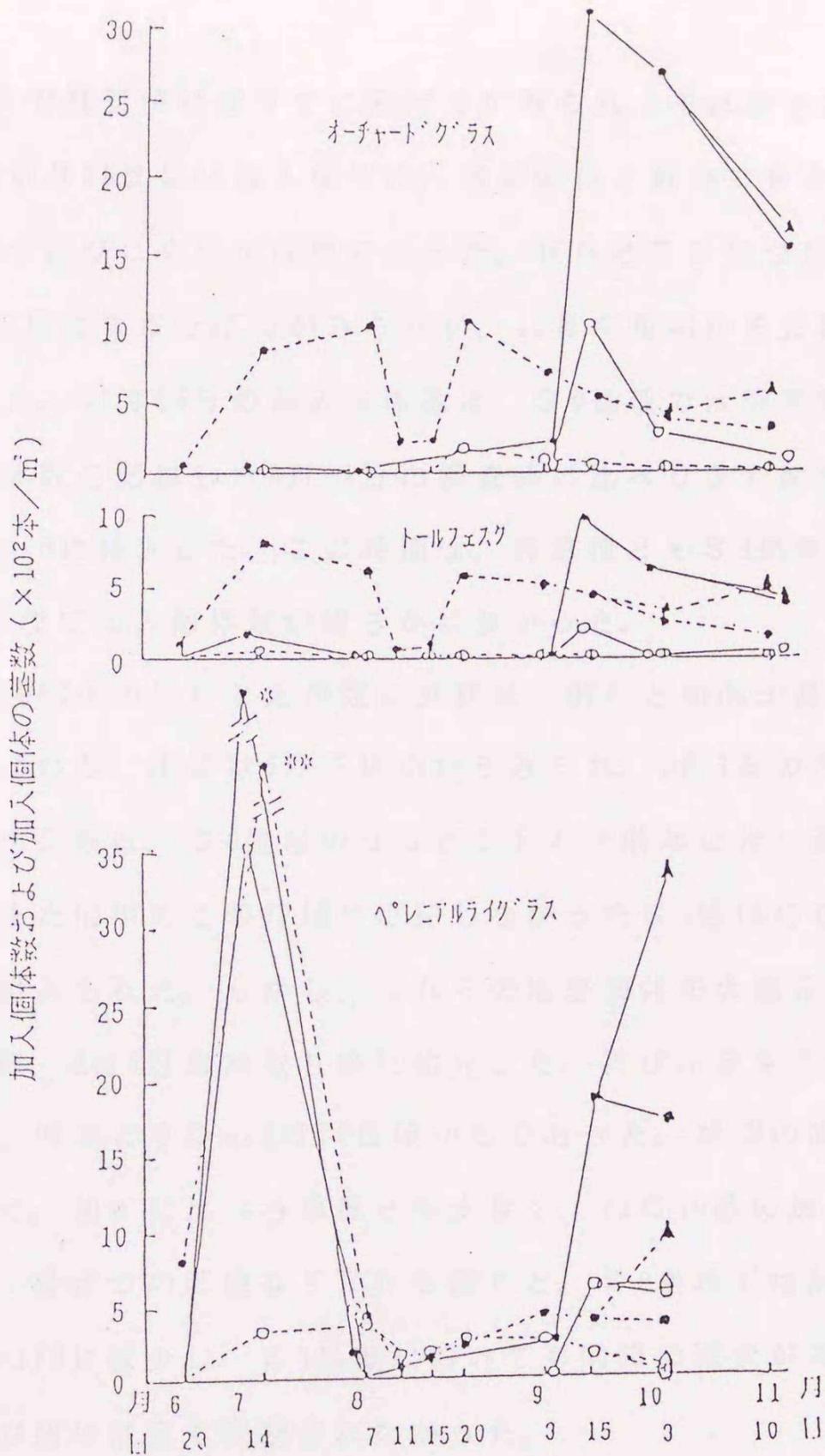


図5. 春期無利用と春期1回利用が牧草の加入個体数および加入個体の莖数に及ぼす影響

- 注. 1) ● : S0処理における加入個体数、▲ : S0処理における加入個体の莖数
 ○ : S1処理における加入個体数、△ : S1処理における加入個体の莖数
 — : 1979年、----- : 1980年
- 2) S0処理は春期無利用、S1処理は春期1回利用処理を示す。
- 3) *および**は、それぞれ58,267および10,811本を示す。

も10月1日の調査時にはすでに分けつがみられ、それから1箇月半後の11月16日には加入個体は、既存個体と判別できないほど分けつ並びに生育が旺盛であった。OGとTFについては、10月1日にまだ分けつがみられず、11月中旬頃から分けつが始まった。11月16日の加入個体数は、S0処理では両草種の最大の個体数を記録した9月12日の調査時に比べOGで約半数、TFで約1/3に減少した。この時期は、両草種ともS1処理に比べS0処理で加入個体数が明らかに多かった。

一方、1980年の出芽と定着数の推移は、前年と傾向が異なっていた。すなわち、出芽は6月下旬頃からみられ、8月7日の刈取りまでの出芽数は、S0処理のOGとTFでは前年に比べ著しく多く、また前年のこの時期に出芽しなかったS1処理のOGにも出芽がみられた。しかし、これらの出芽個体の大部分は、前年と同様、8月7日の刈取り後に枯死した。再び出芽を開始したのは、前年より早い8月20日頃からであった。秋期の出芽と定着数は、前年に比べ各草種とも少なく、11月10日の加入個体数は、分けつの旺盛なPRGを除くと、S0処理では前年の約1/6~1/2に減少し、S1処理においても同様の減少がみられ、TFの個体は全く観察されなかった。

兩年の出芽様式および出芽と定着数の違いは、図6に示したように、主に気象要因（降水量および気温）の違いによるものと思われる。自然下種種子が出芽し始める7月上旬から8月の刈取り期までの降水量は、1980年には前年に比べ著しく多く、したがって、この時期におけるOGとTFの出芽数は、

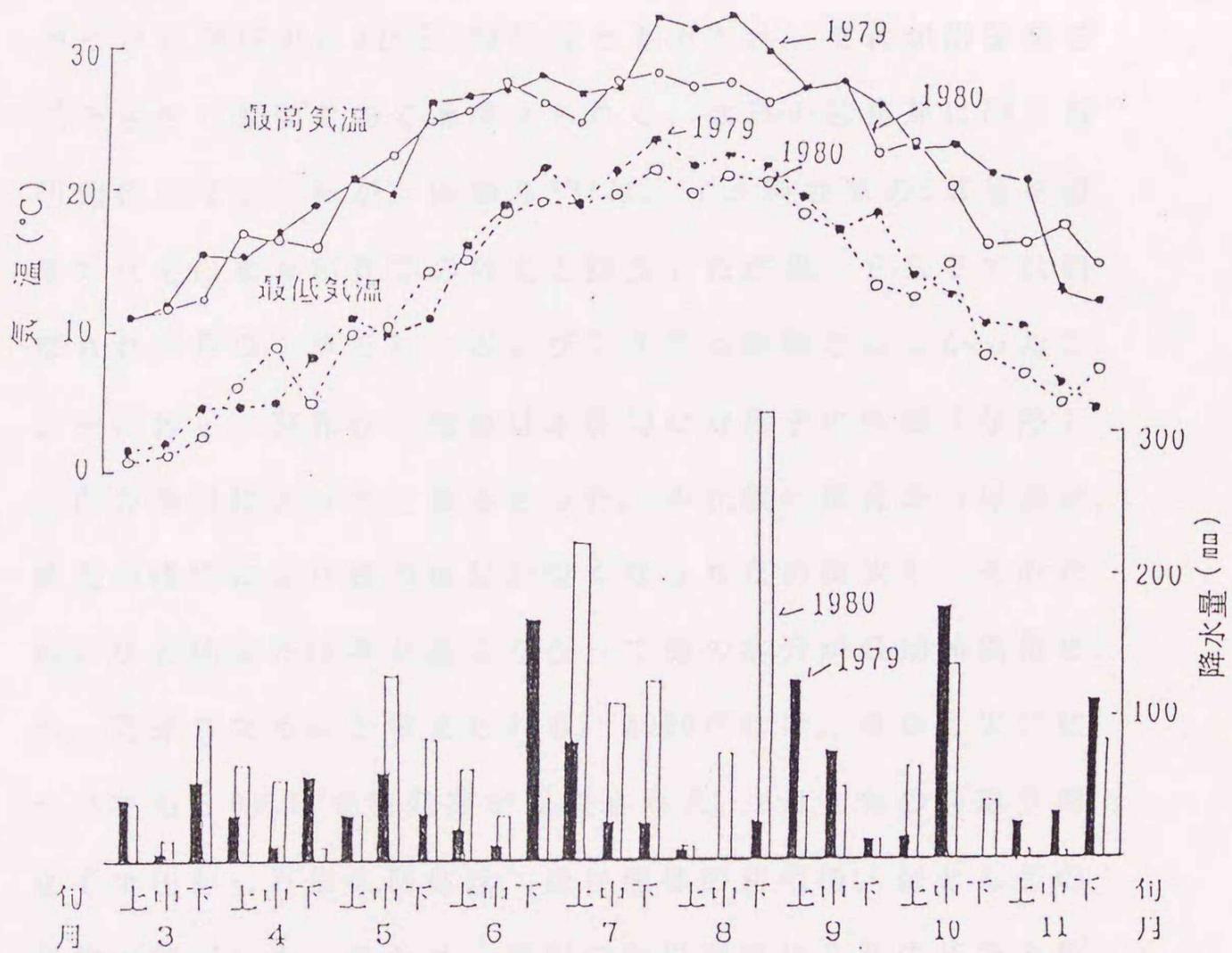


図6. 試験期間(1979年および1980年)における旬別の気温(最高と最低)および降水量
(中国農業試験場畜産部、島根県大田市)

顯著に多くなっている。この時期のPRGについては、1980年の出芽数が前年より少なくなっているが、前年にみられなかった穂発芽がS0とS1両処理ともみられ、それが出芽数を低下させた原因であると考えられる。牧草の穂発芽に関する研究報告は少ないが、関塚ら⁶⁹⁾は、イネ科牧草の5草種を圃場で立毛のまま穂発芽の程度を調査した結果、PRGでは観察され、OG、チモシーおよびTFでは観察されなかったことを報告し、穂発芽の難易は本質的には種子の休眠（後熟）期間の長短によって定まるとした。本試験の穂発芽の原因は、多量の降雨により穂の重量が重くなったため倒伏し、そのために穂と穂または茎が重なり合って穂の水分が長期間保持され、発芽したものと考えられる。1980年には、OGとTFについてもS0処理で穂発芽が観察された。8月上旬の刈取り時までに発芽した加入個体は、既存個体の刈取後、ほとんどの個体が枯死した。これは、春期の利用制限により生じた大量の立毛草が刈取られたため、遮光条件で生育した幼牧草は、陽光条件への急激な変化、温度、土壤水分の変化とこの時期の高温および乾燥条件が加わったことにより枯死したものと考えられる。1980年の秋期の加入個体数が少なかった原因は、前述した8月の刈取り前の無駄な出芽が多かったことと、刈取り後の出芽が前年に比べて早い8月下旬（高温条件下）から始まり、加入個体の定着にとっては不適な気象環境にあたったことによるものと思われる。

以上、2箇年には自然下種種子の出芽様式に違いがみられ

たが、両年ともにS0処理の加入個体数がS1処理に比べ明らかに多かった。このことについては、S0処理では自然下種粒数が多く、千粒重が重いことが出芽した幼牧草の定着と生育に寄与したためと思われる。また、その他の要因として、既存牧草の密度が関与していることが考えられるが、これについては本節の4)および5)の項で検討する。

自然下種種子の定着の良いS0処理では、秋期の加入個体数に草種間差がみられ、その多い草種からPRG、OG、TFの順であった。PRGは、種子が大きく、発芽に要する胚乳の消費される割合が高く、初期生育が非常によいとされている³⁰⁾。供試した3草種のうち、TFは最も加入個体数が少なかったが、この原因については、自然下種粒数が少ないこととその他の要因、すなわち、種子の発芽特性が関与していると思われる。TFの発芽特性については、次章でOGとの比較で、詳細に検討する。

本試験の結果から、春期無利用に制限するS0処理では多量の種子が生産され、そのため自然下種した種子数が多く、自然下種により定着した加入個体が多数確認された。これに対して、S1処理では、生産種子が少量のため、自然下種した種子数が少なく、また、その種子はS0処理のものに比べて小さかった。その結果、自然下種による加入個体が少なくなったものと考えられる。加入個体の多いS0処理では草地の改善効果が期待できるが、S1処理ではその効果は期待できないといえる。

4) 春期利用制限が既存牧草の枯死率に及ぼす影響

春期利用制限処理により牧草の既存個体がどの程度枯死するかについて調査した結果を表9に示した。OGの既存個体の枯死率は、利用1年目(1979年)と利用2年目(1980年)の2年間を通して、S0とS1処理間に大きな差はなく、利用2年目(1980年)になってもS0およびS1処理とも比較的低い枯死率を示した。TFでは、利用1年目には処理間差は小さかったが、利用2年目になるとS0処理の枯死率が高くなり、S1処理に比べて著しく高い値となった。PRGの既存牧草の枯死率は、両年ともにS0処理がS1処理に比べ著しく高く、処理間に大きな差が認められた。TFとPRGでは、春期の利用制限程度の強いS0処理で既存個体の枯死率が著しく高い結果となった。その原因については、S0処理では多量に種子を生産するため、同化産物の種子への転流や盛夏時の呼吸量が光合成による同化量を上回ること、さらに、牧草の過繁茂状態の期間が長いため、下層の分けつ莖の光量不足により枯死する割合が高くなったと考えられる。OGの既存個体の枯死率が他の草種に比べて低かったのは、草種間の光要求性の違いに起因するものと思われる。OGは、欧州では果樹園の下草として利用され庇陰に強い草種の一つとされている。

OGでは処理間の差は明確でなかったが、本章の第1節の試験でS0処理の8月の裸地率がS1処理より高い結果が得られている。このことから判断して、S0処理では春期利用制限処理後に生存している既存個体は、莖数が少なく、弱小である

表9. 春期利用制限処理が既存牧草の枯死率(%)および
 個体当たり茎数に及ぼす影響

草種	処理	利用1年目(1979年)		利用2年目(1980年)	
		枯死率	茎数*	枯死率	茎数*
		9月3日	9月26日	8月11日	8月15日
OG	S0	11.1	12	23.2	7
	S1	5.6	15	25.0	16
TF	S0	18.5	6	71.3	6
	S1	23.1	31	39.8	43
PRG	S0	67.6	29	73.1	45
	S1	12.0	34	18.5	51

- 注. 1) S0: 春期無利用、S1: 春期1回利用。
 2) OG: オークワードグラス、TF: トルフェスク、
 PRG: ヴェルニアルグラス。
 3) *: 個体当たり茎数を示す。
 4) 既存牧草は1978年に10×10cm間隔で個体植え
 をした。

ことが予想される。表9には、既存個体の枯死率を調査した時期の既存牧草の個体当たり茎数を示した。この表から明らかなように、OGのS0処理における個体当たり茎数はS1処理に比べて少なく、既存個体は生存していても貧弱であることを示している。TFとPRGにおいても同様の結果であった。

このように、S0処理においては、既存個体の生存状態からみると、どの草種も春期の利用を長期間制限することにより既存個体は弱小となった。この春期利用制限による既存個体の弱小化は、草地を更新する場合、有利な現象である。すなわち、第I章でも述べたように、草地を更新する際には、加入した幼牧草と既存牧草との競争を緩和させ、幼牧草の生育を促すために、通常、除草剤で既存牧草を枯死させる。自然下種法では、春期に利用制限することにより既存個体の枯死率が高くなり、除草剤を使用せずに自然下種した加入個体と既存個体との競争を緩和させることができる。

5) 春期利用制限が茎数に及ぼす影響

各草種の m^2 当たり茎数の推移を図7に示した。OGとPRGの茎数では、おおよそ類似した経時的変化を示し、春期の利用制限処理をした利用1年目と利用2年目に共通して晩秋(11月)になるとS0処理の茎数がS1処理に比べて多くなった。慣行的刈取り利用した利用3年目においても両草種の茎数は、一部を除きS0処理がS1処理に比べて多く推移し

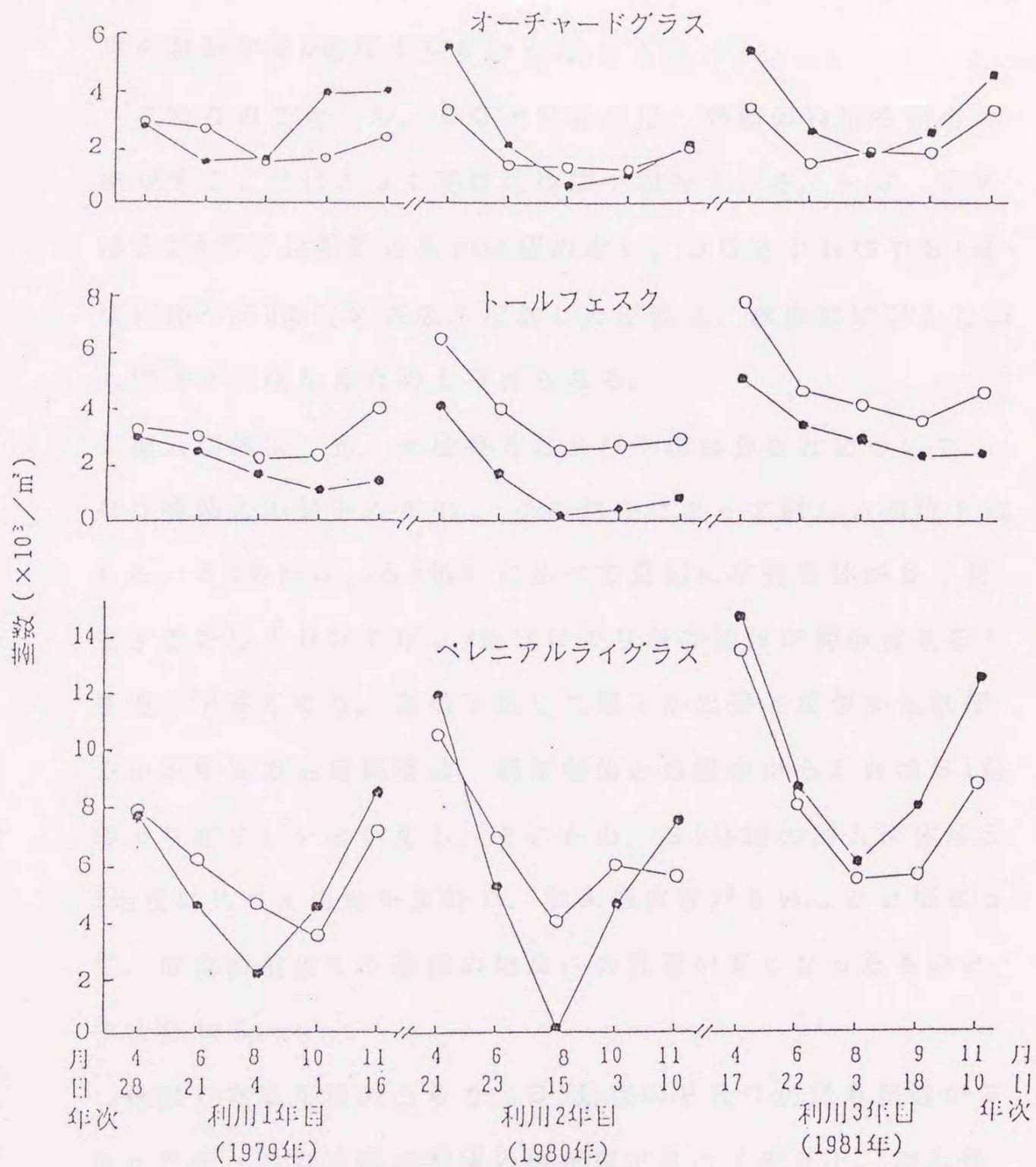


図7. 春期無利用と春期1回利用が草地の茎数密度に及ぼす影響

- 注. 1) ● : S0 (春期無利用)、○ : S1 (春期1回利用)
 2) 春期の利用制限処理は、利用1年目(1979年)と利用2年目(1980年)に行い、利用3年目には慣行の刈取りを行った。

た。これに対して、T Fでは3年間の調査期間を通してS 1処理の茎数がS 0処理より多かった。

これらのことから、O GとP R Gは、春期の利用を完全に制限することによって茎数の増加が期待できる。一方、T FはS 0処理では茎数の増加は望めない。O GとP R GでS 1処理に比べS 0処理の茎数が増加した原因は、秋期に定着した加入個体が貢献したためと考えられる。

加入個体は、光、土壌養分および土壌水分などについて、既存個体との競争のため、その生存にとって厳しい環境下にある。S 0処理は、S 1処理に比べて夏期に枯死個体が多く発生するため（O GではS 0処理により既存個体が弱小化する）裸地率が高くなり、自然下種した種子が出芽と定着する秋期の加入個体の生育環境は、既存個体との競争からみればS 1処理より好ましいといえる。そのため、S 0処理の加入個体はS 1処理に比べて生育が良好で、加入個体数が多いことと相まって、単位面積当たり茎数の増加への貢献が高くなったものと考えられる。

供試した3草種のうちで、S 0処理のP R Gが最も茎数が多かったが、これは既存個体の枯死率が高く（表9）、加入個体の光環境が良かったことが挙げられる。清水ら⁷²⁾が、寒地型イネ科牧草の初期生育における草種間の差異について調べ、O GおよびT Fは最も生育量の小さい草種、P R Gはそれらより生育量が大きい草種と指摘しているように、P R Gの幼個体の初期生育量の大きさが茎数の多い要因とも考えら

れる。

S0処理のTFは供試3草種中最も莖数が少なかった。その原因は、既存個体の枯死率が高いこと(表9)と、加入個体が少ない(図5)ことによるためである。換言すれば、既存個体の枯死による莖数の減少を補うだけの加入個体がないためである。また、加入個体の生育が悪いことも関与していると考えられる。TFにおいて、加入個体の生育が悪いのは、種の特性によることのほか、他感作用も関与していると思われる。すなわち、TFの既存個体が生育抑制物質を出し、それが加入個体の生育に悪影響を及ぼしていることも考えられる。PETERS⁵⁹⁾は、TFに他感作用があり、TF草地では既存個体の多少にかかわらず比較的雑草が少ないことを指摘している。TFの他感作用については他にも報告^{32, 60, 77, 85)}がみられる。

6) 春期利用制限が個体数に及ぼす影響

春期の利用制限処理をし、翌年慣行的刈取り利用すると、個体数がどれだけ増減するかを知るため利用3年目(1981年)の最終刈取り時の個体数を調査した。その結果を図8に示した。

各草種ともS0処理の個体数は、S1処理より多かった。本試験では、試験開始時に供試草種を m^2 当たり100個体定植したが、OGとPRGのS0処理では m^2 当たりそれぞれ166個体、138個体と試験開始時の個体数を越え、加入個体が個体数密度

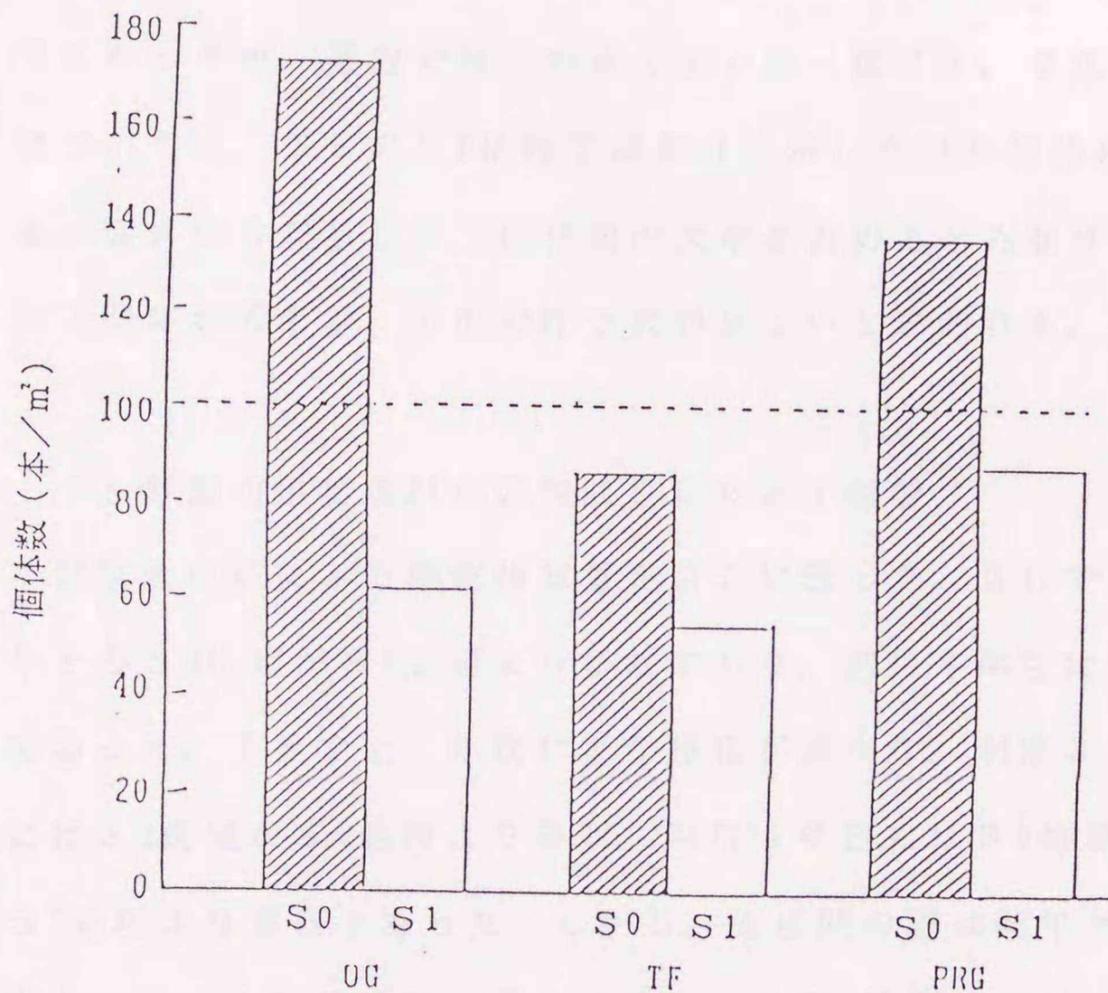


図8. 2年間、春期無利用および春期1回利用処理をし、翌年慣行利用した最終刈時の個体数に及ぼす影響

- 注. 1) S0: 春期無利用、S1: 春期1回利用
 OG: オチャドグラス、TF: トルフェスク、PRG: ヘレニアライクグラス。
 2) 各草種ともS0とS1処理間には有意差 ($p < 0.05$) がある。
 3) 調査は、1981年11月18日。
 4) 試験開始時の個体密度は、どの区も m^2 当たり100個体。

の増加に貢献していることは明らかである。一方、TFでは、S0処理のm²当たり個体数は83個体で、試験開始当初より少なかった。TFの個体数は、他草種と同様S0処理がS1処理より多かったが、莖数ではその逆であった(図7)。その原因については、TFのS0処理では表9に示した既存個体の枯死率の高さから判断して、個体数の大半を占めるとみなされる加入個体が弱小で、その分けつ数が少ないと思われる。

7) 春期利用制限が年乾物収量に及ぼす影響

試験処理別にみた年乾物収量を図9に示した。OGでは兩年ともS0処理がS1処理より多収であり、利用4年目に顕著であった。TFでは、年次により様相が異なり、利用3年目にはS1処理がS0処理より多収、利用4年目にはS0処理がS1処理より多収であった。しかし、処理間の差は兩年とも小さかった。PRGでは、兩年に共通してS0処理がS1処理より多収であった。OGとPRGのS0処理が多収であったのは、加入個体数が多く(図5)、莖数密度が高い(図7)ことが貢献しているものと考えられる。これに対して、TFのS0処理は、多数の枯死個体が発生し、OGとPRGの様な加入個体の貢献がなかったためであろう。

以上の結果をまとめると、春期の無利用処理(S0処理)は、春期1回利用処理(S1処理)に比べて種子生産量、自然下種量が多く(表7)、そのため多数の加入個体がみられた。その加入個体が草地の莖数密度および年乾物収量に貢献したと

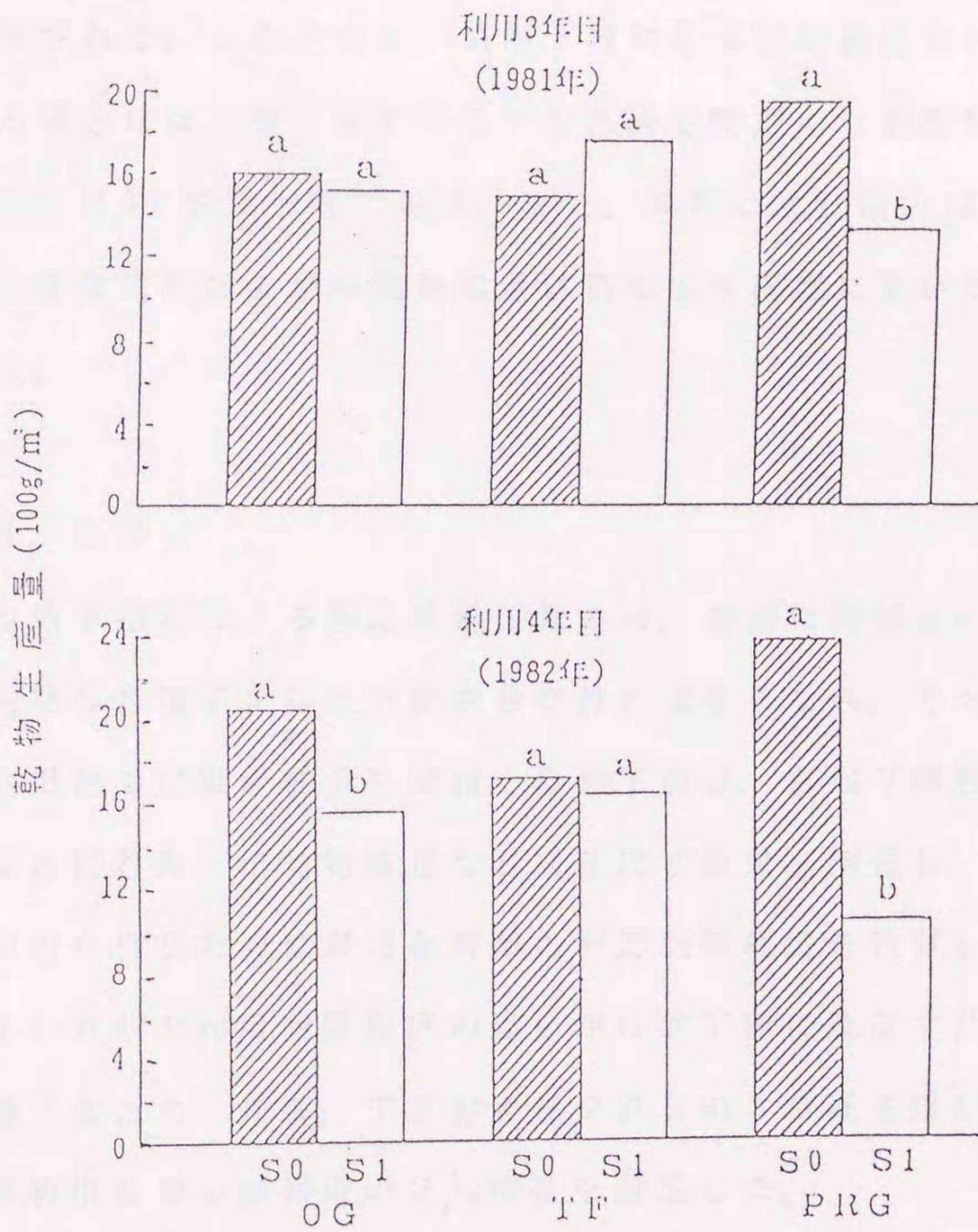


図9. 春期利用制限が年乾物生産量に及ぼす影響

- 注. 1) S0: 春期無利用、S1: 春期1回利用
 OG: オートグラス、TF: トルフェスク、PRG: ヘレニアライグラス。
 2) 同一草種内の異文字間 (a、b) には有意差 ($p < 0.05$) がある。
 3) 春期利用制限処理 (S0、S1) は、利用1年目 (1979年) と利用2年目 (1980年) に行い、利用3年目 (1981年) と利用4年目 (1982年) には両処理区とも慣行的刈取利用 (年5回) とした。

判断される。したがって、自然下種法を草地簡易更新に適用する場合には、第1節で得られた結果と同じく、春期無利用処理(S0)をすべきであり、また、草種により加入個体の草地の莖数密度および年乾物収量に貢献する程度に違いがみられた。

4. 摘要

自然下種法による草地簡易更新では、春期に利用を制限して完熟した種子を自然下種させなければならない。その春期の利用制限程度が種子生産量、自然下種量、自然下種種子の出芽と定着数、年乾物収量などに及ぼす効果を調査し、自然下種法を行うために有効な春期の利用制限程度を検討した。

1) 春期の利用制限程度の違いが自然下種に及ぼす効果を把握するため、OG、TFおよびPRGの3草種を用いて春期無利用と春1回利用の2処理区を設置した。

2) 春期1回利用で、出穂始、開花期および完熟期は、どの草種も遅延した。

3) 種子生産量と8月の自然下種量は、春期無利用と比較して、春期1回利用は、著しく少なかった。

4) 自然下種種子の出芽および定着数は、各草種とも春期無利用処理で多く、また、同処理の中ではPRGとOGが良好な出芽と定着を示した。

5) TFとPRGの春期無利用処理では、枯死率が高くなった。OGの同処理では、枯死率は高くなかったが、既存個

体は茎数が少なく、弱小化した。

6) 各草種とも加入個体の茎数は、春期無利用処理が春期1回利用処理より多かった。春期無利用処理では、PRGとOGの加入個体数が多く、春期の利用制限による既存個体の弱小化をこれら加入個体が十分に補完したばかりでなく、春期の利用制限処理前の個体数をも上回り、個体数の増加に貢献した。

7) OGとPRGの年乾物収量は、春期無利用処理が春期1回利用処理に比べて多収であった。TFでは、処理間の差が小さかった。

8) 以上の結果から、春期に1回利用するより、無利用の方が更新効果は高くなると判断される。

第III章 自然下種法適性の草種間および品種間差異

第1節 寒地型草種間の差異

1. 緒言

第II章では、自然下種法の草地簡易更新技術の生態学的基礎を明らかにした。

本節では、これらの結果を踏まえて、わが国で栽培されている主要な寒地型イネ科牧草の6草種を用いて、春期無利用（前章のS0処理）の自然下種法の適性について草種間の差異を検討した。

2. 材料と方法

本試験の試験場所、試験年次および栽培概要は第II章第2節の試験と同じである。

1) 供試草種（品種名）： OG（品種「ポトマック」）、TF（品種「ケンタッキー31」）、PRG（品種「フレンド」）、ケンタッキーブルーグラス *Poa pratensis* L.（KBG、品種「バロン」）、スムーズブロムグラス *Bromus inermis* Leyss（SBG、品種「カールトン」）、レッドトップ *Agrostis alba* L.（RT）*の6草種を用いた。

2) 試験処理： 1区1㎡（1m×1m）、3反復の分割試験区法により配列し、自然下種による加入個体の除去区と

*)1979年現在レッドトップの育成品種はない。

除去しない標準区を主試験区、草種を副試験区とした。利用1年目（1979年）と利用2年目（1980年）には、春期は無利用とした。加入個体の除去区は、自然下種して出芽した個体を地表および既存個体に影響を及ぼさないように注意し、出芽後早期に除去した。利用3年目（1981年）と利用4年目（1982年）には各処理区とも年5回刈取りの慣行的利用とした（表6）。

3) 調査項目および調査方法

各処理区を同一の時期に刈取った利用3年目と利用4年目に乾物収量を測定した。

3. 結果と考察

各草種ごと加入個体を除去した区を設け、標準区（加入個体を除去しない区）との年乾物収量の差が加入個体による乾物収量の貢献とみなした。

各草種別の標準区および加入個体の除去区の年乾物収量は、図10に示した。調査した兩年を通してOG、TF、PRGの年乾物収量は、標準区が加入個体除去区より多かった。一方、KBG、SBGおよびRTにおいても、標準区が加入個体除去区より多収ではあったが、その差は小さかった。このように、前者の3草種と後者の3草種との間には、加入個体の年乾物収量に対する貢献度合に違いがみられた。また、前者と後者の草種には、草型の違いがみられる。すなわち、前者は叢状型、後者はほふく型である。これらのことは、叢状

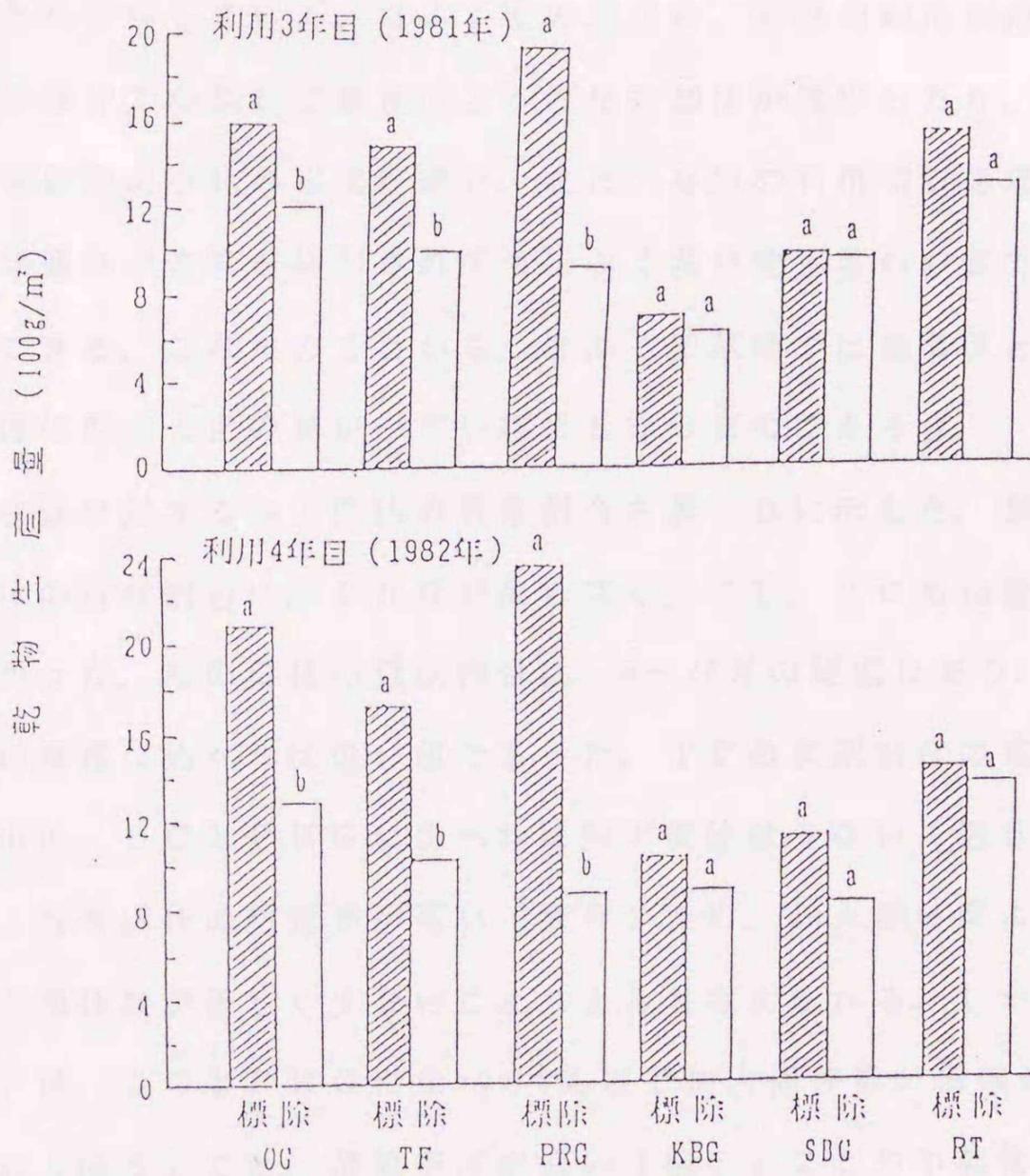


図10. 標準区および加入個体除去区における年乾物収量

- 注. 1) 標: 標準区、除: 加入個体除去区
 OG: オーチャートグラス、TF: トールフェスク、PRG: ヘレニアルライクグラス、
 KBG: ケンタッキーブルーグラス、SBG: スムズブロンズグラス、RT: レッドトップ。
 2) 同一草種内の異文字間 (a、b) には有意差 ($p < 0.05$)
 がある。
 3) 収量は年5回刈の5回の合計である。

型の草種の方がほふく型のものより自然下種法の適性が高いことを意味している。ほふく型の草種は、春期の利用制限処理を受けても叢状型草種のように枯死個体が発生したり、既存個体の弱小化の程度が軽い。また、春期の利用制限処理で既存個体が生育を抑制されてもほふく茎や地下茎の伸長で回復できる。これらのことから、ほふく型草種では標準区と加入個体の除去区の差が小さい結果となったのであろう。

収量に対する加入個体の貢献割合を表10に示した。加入個体の貢献割合は、PRGが最も高く、TF、OGも比較的高かった。他の草種の貢献割合は、4~28%の範囲にあり、前記の草種に比べれば低い値であった。TFの貢献割合の高い理由は、OGとPRGに比べれば加入個体は少ない(図5)が、既存個体の枯死率が高い(表9)ため、加入個体数より既存個体数が著しく少ないことによると考えられる。しかし、TFは、OGとPRGに比べS0処理で加入個体数が極端に少ない(図5)こと、茎数密度が低い(図7)ことや年乾物収量が低い(図9および10)ことからみて自然下種法の適草種ではない。

以上の結果から、自然下種法の適草種は、ほふく型草種より叢状型草種がよく、叢状型草種の中ではPRGが最もよく、OGがそれにつぐ草種といえる。

4. 摘要

自然下種法の適性について草種間の差異を検討した。わが

表10. 年乾物収量に対する加入個体の貢献割合(%)

草種	利用3年目 (1981年)	利用4年目 (1982年)
OG	23.4	36.7
TF	33.7	40.1
PRG	51.1	61.8
KBG	11.7	13.5
SBG	3.6	28.0
RT	16.3	6.6

注. 1) 年乾物収量に対する加入個体の貢献割合は、次式により求めた。

$$\text{貢献割合} = \left[\frac{(\text{標準区の収量} - \text{加入個体除去区の収量})}{\text{標準区の収量}} \right] \times 100$$

2) OG: オーチャードグラス、TF: トールフェスク、PRG: ベレニアルライグラス、KBG: ケンタッキーブルーグラス、SBG: スムーズブロムグラス、RT: レッドトップ。

国で栽培されている主要な寒地型牧草の6草種を用いて、自然下種による加入個体の除去区と除去しない標準区を設けた。加入個体の貢献程度は、加入個体の標準区と除去区の差をもって判定した。

年乾物収量に対する加入個体の貢献割合の最も高い草種は、PRGであった。OGも比較的高い貢献割合を示した。加入個体標準区の年乾物収量は、PRGが最も多収で、ついでOGの順であった。

以上の結果から、自然下種法の適草種は、供試草種の中ではPRGおよびOGであるといえる。

第2節 発芽特性からみたオーチャードグラスとトールフェスクの差異

1. 緒言

第II章および本章の第1節で、わが国の草地の基幹草種であるOGとTFが自然下種法に対する適性に違いがあることが認められた。本節では、両草種の種子の発芽特性の面から検討した。

本節は、次の2試験、すなわち、1) OGとTFにおける自然下種種子の発芽率に及ぼす越夏過程の水分ストレスの影響に関する試験、2) 自然下種時期による発芽率のOGとTFの差異に関する試験から構成される。

2. 材料と方法

2試験とも、中国農業試験場畜産部で実施し、同部構内の1975年10月に造成したOG(品種「ポトマック」)およびTF(品種「ケンタッキー31」)の単播草地から採取した種子を発芽試験に供した。

1) OGとTFにおける自然下種種子の発芽率に及ぼす越夏過程の水分ストレスの影響に関する試験

(1) 試験期間: 1981年6月～11月。

(2) 供試材料: 完熟期(OG: 6月19日、TF: 6月14日)に採種し、強制脱粒後稔実種子を供試した。

(3) 発芽試験および方法: 種子の置床開始日(6月25日)

から2日間加水後、2日間断水し、8月31日までこれを繰り返す
2-2区、同様に4、8、16日おきに加水と断水をそれぞれ繰
り返す4-4区、8-8区、16-16区、置床から7月14日
まで加水、以後8月31日まで断水するW-D区、置床から7月
14日まで断水、8月15日まで加水、以後8月31日まで断水する
D-W-D区、置床から8月31日まで加水するW区および同期
間断水するD区の計8処理を設け、2反復で試験を実施した。
発芽試験は、素焼の発芽皿に1区250粒置床し、常法により発
芽率を測定した。試験は、戸外の温度条件にできるだけ近ず
けるため、日当りのよい室内で6月25日から10月31日まで行っ
た。試験期間のうち9月1日から10月31日の期間は、全処理区
同じ加水条件とした。

なお、前記の試験処理で、断水処理は、発芽皿を受ける深
皿の水を除去することによって、自然状態で発芽皿を乾かし、
供試種子の水分供給を絶つことによって行った。

(4) 調査： 調査期間中、毎日定時(9時)に各処理区の
発芽数を調べるとともに、調査室内の最高および最低気温を
記録した。さらに発芽試験の終了後に、各処理区の未発芽種
子の生死を調べるため、テトラゾリウム塩による胚の染色の
有無により生存を判定⁸⁰⁾した。

2) 自然下種時期による発芽率のOGとTFの差異に関す
る試験

(1) 試験期間： 1981年6月～9月。

(2) 調査方法： OGおよびTFの単播草地内に直径15

cmの円形篩（約177cm²）をそれぞれ3個ずつ設置し、自然下種開始時から1週間おきに篩内の自然下種種子を採種した。採種した種子は、1日後に素焼の発芽皿を用いて室内の日当りのよい窓際で行った。採種した自然下種種子のうち発芽試験に供したのは、OGについては6月25日～7月23日、TFについては6月19日～7月16日のものとした。また、完熟期に採種した種子を室内に約70日間放置し、9月1日から発芽試験に供した。発芽調査日数は、両草種とも同一とし、発芽勢は7日間、発芽率は21日間とした。

なお、OGの7月23日およびTFの7月16日の発芽開始日の供試粒数は、100粒に満たなかったため、それぞれ35粒および50粒とした。

3. 結果と考察

1) 自然下種種子の発芽に及ぼす越夏過程の水分ストレスの影響

中国地域の気象条件下では、自然下種した種子が発芽を始めるのは6月下旬頃からである。しかし、これらの発芽個体は、8月の既存個体の刈取後、高温と乾燥のためすべて枯死し、定着できる個体は、9月頃から発芽した個体であることを前章で述べた。自然下種による加入個体を増すには、9月以降に発芽数が多いことが望ましい。

各処理区の発芽率を前記のことを考慮して8月31日を境にそれ以前と以後に分け、草種別に表11に示した。また、各処

表11. オーチャードグラスおよびトールフェスク種子の発芽率(%)に及ぼす水分ストレスの影響

項 目		2-2	4-4	8-8	16-16	W-D	D-W-D	W	D
8月31日まで の発芽率	OG	25.6	39.6	38.8	41.2	36.0	39.2	40.4	0.0
	TF	28.8	70.8	79.2	84.8	62.8	77.6	80.0	0.0
9月1日～10月 31日の発芽率	OG	27.6	24.4	34.4	19.6	54.8	45.2	4.0	90.8
	TF	34.8	9.6	16.8	8.4	28.8	20.0	6.8	99.2
同期間のD区に 対する比率%	OG	30.4	26.9	37.9	21.6	60.4	49.8	4.4	100.0
	TF	35.1	9.7	16.9	8.5	29.0	20.2	6.9	100.0
全試験期間に おける発芽率	OG	53.2	64.0	73.2	60.8	90.8	84.4	44.4	90.8
	TF	63.6	80.4	96.0	93.2	91.6	97.6	86.8	99.2
同期間のD区に 対する比率%	OG	58.6	70.5	80.6	67.0	100.0	93.0	48.9	100.0
	TF	64.1	81.0	96.8	94.0	92.3	98.4	87.5	100.0
未発芽種子の 生存率%	OG	3.0	5.0	1.5	8.2	4.3	0.0	4.0	0.0
	TF	3.8	9.2	5.0	8.8	9.5	0.0	6.1	0.0

注. 1) 2-2: 種子置床開始日(6月25日)から8月31日まで2日間加水後、2日間断水し、これを繰返す処理区。

4-4: 同上期間に4日間加水、4日間断水を繰返す処理区。

8-8: // 8日間 // 8日間 //

16-16: // 16日間 // 16日間 //

W-D: 置床開始日から7月14日まで加水、以後8月31日まで断水する処理区。

D-W-D: // 断水、8月15日まで加水、以後8月31日まで断水する処理区。

W: 置床開始日から8月31日まで加水する処理区。

D: // // 断水 //

2) OG:オーチャードグラス、TF:トールフェスク。

3) 9月1日からは全処理区加水処理。

4) 未発芽種子の生存は、テラザリウム塩による胚の染色の有無によった。

理区の経時的発芽様式を図11に、さらに、発芽試験に供した室内の最高と最低温度を図12に示した。

8月31日までの発芽率は、全ての区でOGよりTFが高く、2-2区を除けばその差は顕著であった。これに対して、自然下種した種子の出芽が期待される9月1日以降の発芽率は、概してTFよりOGの方が高かった。D区を除く9月1日以降の発芽率を処理間で比較すると、OGではW-D区が最も高く、ついでW-D-W区、8-8区、TFでは2-2区、W-D区、W-D-W区の順であった。

全試験期間の発芽率は、OGではW区と2-2区を除く処理区で高く、TFでは2-2区を除けば高かった。発芽率の低い処理は、OGのW区とOGおよびTF両草種の2-2区であった。2-2区で発芽率が低いのは、吸水の期間が短く、胚が包被組織を破る前の準備段階の過程で吸水を絶たれたために細胞分裂あるいは細胞の伸長が停止し、胚の死亡割合が高まったことによるものと思われる。このことに関連して、どのくらいの期間を吸水すれば種子が発芽することができるかを知る手がかりとして、加水と断水を繰り返した処理区の発芽率(8月31日までの発芽率、表11)に着目した。両草種とも2-2区と他の区との間に差がみられ、とくにTFで顕著である。このことは、TFでは2日の吸水では発芽に不十分であるが、4日以上吸水すると発芽率が高まり、発芽するのに必要な吸水期間の境が2日と4日の間にあることが推察される。

発芽の経時的様相をみると、完熟後早い時期の加水処理で

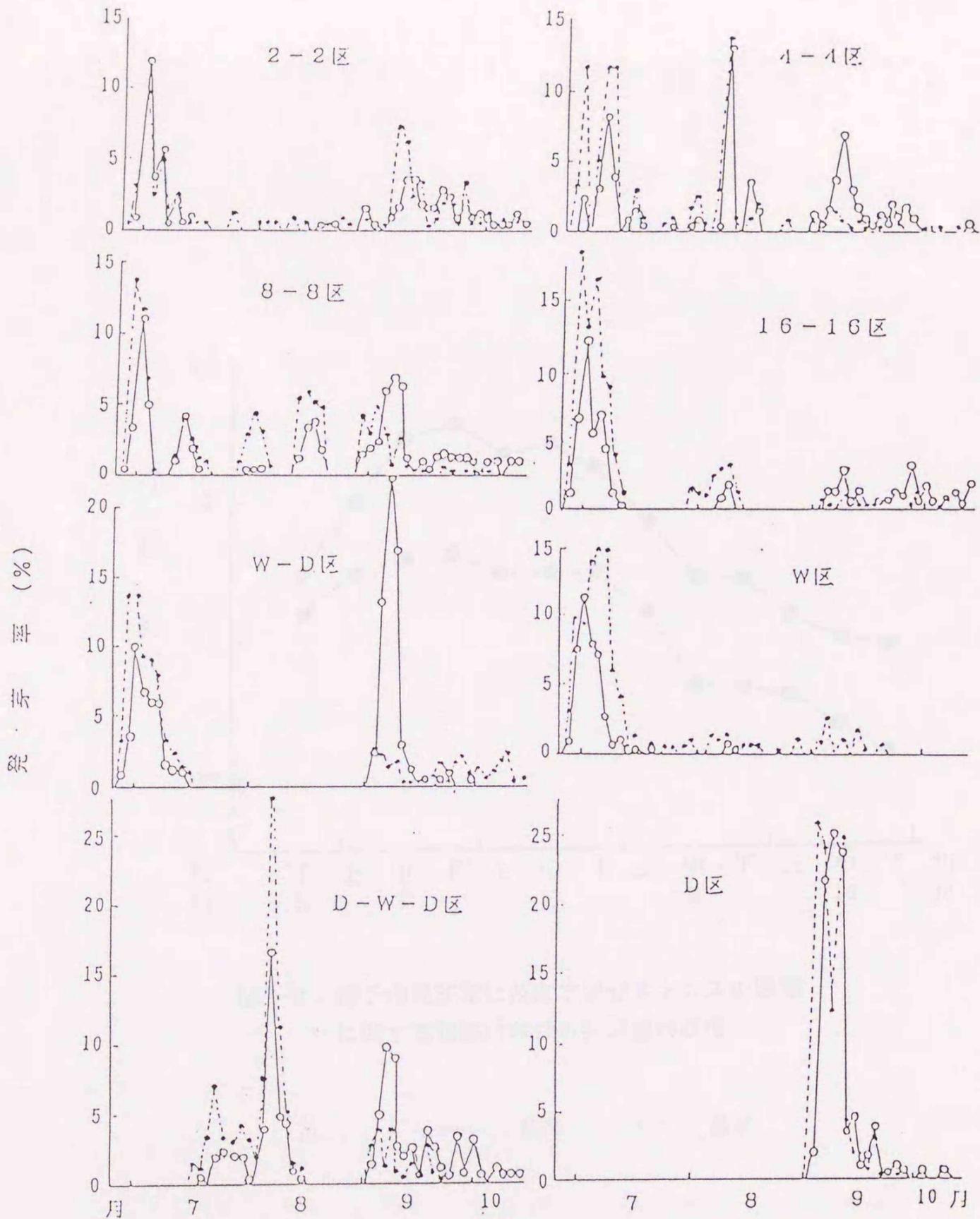


図 1 1. 水分ストレス処理によるオーチャードグラスおよびトールフェスク種子の経時的発芽様式

注. ○: オーチャードグラス (OG)、●: トールフェスク (TF)

2-2区: 種子置床開始日 (6月25日) から8月31日まで2日間加水後、2日間断水し、それを繰り返す。

4-4区、8-8区、16-16区: 2-2区と同様にそれぞれ4日、8日、16日おきに加水と断水を繰り返す。

W-D区: 置床開始日から7月14日まで加水、以後8月31日まで断水。

D-W-D区: 置床開始日から7月14日まで断水、8月15日まで加水、以後8月31日まで断水。

W区: 置床開始日から8月31日まで加水。

D区: 置床開始日から8月31日まで断水。

9月1日からは全処理区加水。

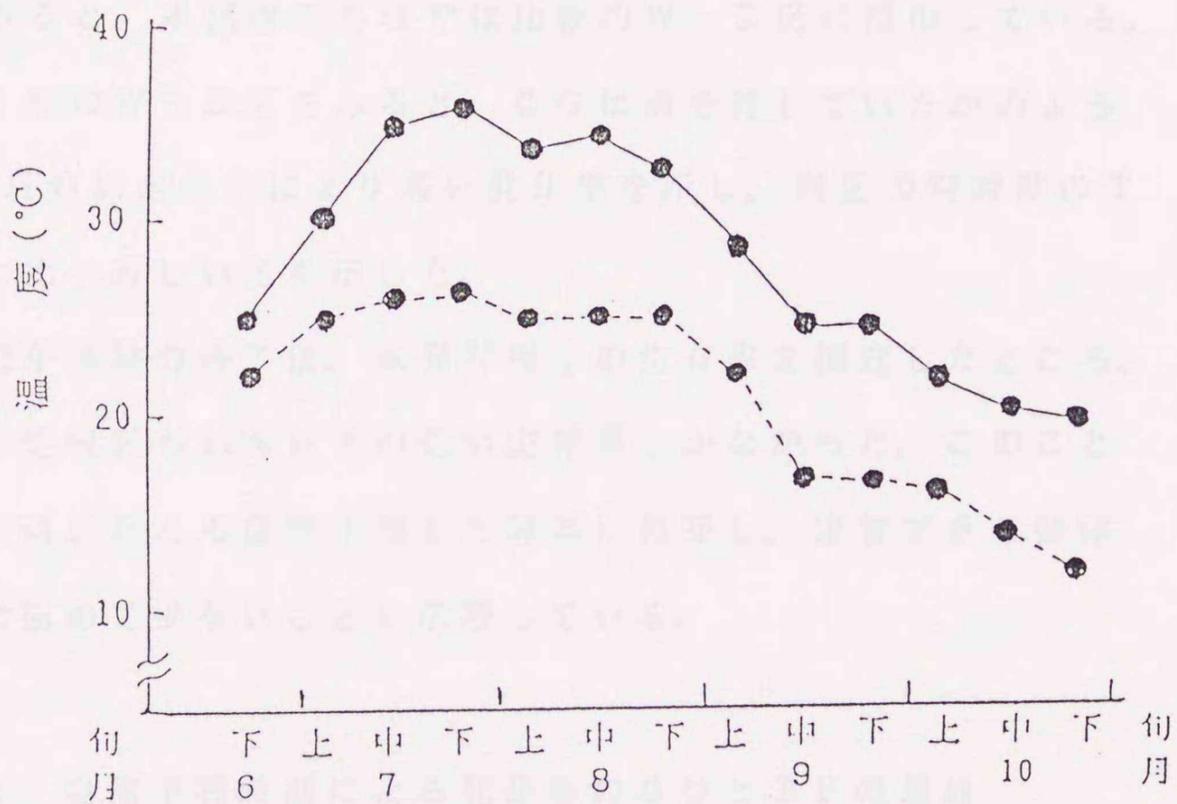


図12. 種子の発芽率に及ぼす水分ストレスの影響
に関する試験における実験室内温度

注. — : 最高、----- : 最低

T F は比較的高い発芽率を示すが、O G では低かった。このことは、O G 種子は T F 種子に比べて休眠性が深く、8月以前の無駄な発芽を抑える意味において、自然下種した種子にとっては O G の方が有利である。中国地域の通常の降雨条件からみると、本試験の処理では比較的 W - D 区に類似している。図 10 の W - D 区をみると、O G は満を持していたかのように9月の加水処理により高い発芽率を示し、同区の同時期の T F に比べ著しい差を示した。

発芽試験の終了後、未発芽種子の生存率を調査したところ、どの処理区も10%以下の低い生存率しかなかった。このことは、両草種とも自然下種した翌年に発芽し、定着できる個体数は極めて少ないことを示唆している。

2) 自然下種時期による発芽率の O G と T F の差異

異なる時期に採取した自然下種種子と完熟期に採取し、約70日間室内に貯蔵した種子の発芽勢並びに発芽率を草種別に表 12 に示した。各草種の発芽試験開始日が、自然下種時期に相当する。O G で発芽開始日の6月26日の供試種子は、その前日から1週間前（自然下種開始日）に自然下種した種子を、7月3日の供試種子は6月26日から7月2日に自然下種した種子を意味し、また、T F の6月19日の供試種子はその前日18日から1週間前（自然下種開始日）に自然下種したものを示す。ここで、各草種の完熟期から各発芽試験の開始日までの日数を種子令として以下、考察する。

表 1 2. 自然下種時期の違いが自然下種種子の発芽勢および発芽率に及ぼす影響

草 種	6月19日	26日	7月3日	10日	17日	24日	9月1日 ^{c)}
O G	完熟期から発芽試験開始までの日数	7	14	21	28	35	67
	発芽勢 (7日、%)	2	6	3	0	0 ^{a)}	37
	発芽率 (21日、%)	18	27	29	29	31 ^{a)}	89
T F	完熟期から発芽試験開始までの日数	5	12	19	26	33	72
	発芽勢 (7日、%)	9	11	17	24	39 ^{b)}	68
	発芽率 (21日、%)	39	81	81	82	90 ^{b)}	98
発芽試験期間中の最高温度 (°C)	24~33	24~34	25~35	28~35	28~35	28~35	24~35
発芽試験期間中の最低温度 (°C)	22~27	23~27	23~28	25~28	24~28	24~28	20~26

- 注. 1) 供試粒数は、稔実種子を用い、a) 35粒、b) 50粒以外すべて100粒。
 2) c) : 供試種子は、完熟期に採取し、約70日間室内に貯蔵した。
 3) c)を除く供試種子は、発芽試験開始日前の1週間内に自然下種した種子である。
 4) O G : オーチャードグラス、T F : トルフェスク、

OG は、種子令7日では発芽勢、発芽率ともに極めて低い値であった。種子令14日になると発芽勢と発芽率は若干高まり、以後種子令35日まで発芽勢は低下し、発芽率は変化がみられなかった。この期間のOG種子は、発芽率がまだ低く、休眠が深いと考えられる。しかし、種子令67日の発芽勢と発芽率は、ともに著しく高まり、休眠がある程度まで覚醒されていることを示す。

一方、TF種子の発芽は、OGのそれとは様相が著しく異なり、種子令5日ですでにOGの種子令35日より高い発芽勢および発芽率を示した。その後、発芽勢は種子令の進行と共に徐々に高まり、種子令33日で39%にも達した。また、発芽率は、種子令12日で急激に高まり、以後わずかながら上昇した。種子令72日は、種子令33日に比べて、発芽率では大差がないものの発芽勢では顕著に高くなった。このように、TF種子はOG種子に比べて休眠の程度が浅く、本試験での温度条件では種子令5日から12日の間に休眠覚醒の節目があると推定される。

イネ科牧草種子は、ほとんどの種で、程度に差があるにせよ休眠性を有するといわれる。中村⁴⁵⁾によれば、OG種子の休眠はやや深い方、TF種子のそれは中程度としている。本節の結果においてもOG種子の方がTF種子に比べて休眠が深いことが確認された。

休眠期間は、環境条件により変化し、とりわけ温度の影響が著しい⁶⁹⁾。本試験の室内温度と戸外の温度とを比較して

みると、両者の温度差は最高気温では1~4°C、最低気温では1~5°Cと大きな差はなかった。とくに、7月中旬の梅雨明け前までの室内と戸外との最高と最低の温度差は、3°C以内であり、わずかな差であった。換言すれば、本試験の室内温度と戸外の温度は、おおよそ類似していた。このことからみて、戸外の温度条件においても7月中旬までに降雨があれば相当数の自然下種種子が発芽することが予想される。事実、第II章の試験結果でも梅雨明け前にOGおよびTF両草種とも自然下種種子に多数の出芽がみられた。OGでは、梅雨期の雨量が少なかった利用1年目の梅雨明け前の出芽は、極めて少なかった。しかし、TFでは、2箇年ともに梅雨明け前に自然下種種子の出芽個体を観察し、この時期の雨量が多かった2年目の梅雨明け前の出芽数は秋期の出芽数より多く(図5)、本試験の結果と矛盾しない。

本節のOGとTFの発芽特性に関する試験を要約すれば、OGとTFの種子の発芽特性の相違は休眠性にある。TFでは休眠が浅く、発芽した個体が枯死する危険性が高い8月までに吸水条件さえ整えば、相当数の種子が発芽し、結局、9月以降の定着によい気象条件の時期には発芽できる種子数が減少しているものと思われる。これに対してOGでは、休眠がTFに比べて深いため、8月までに発芽する種子数が少なく、9月以降の発芽と定着によい時期に発芽可能な種子数が多い。また、OGは、TFに比べ自然下種した種子数が多い(表7)のも定着数を増すのに有利である。以上のようなことから、

T F に比べて O G は、加入個体数が多く（図 5）、収量も多い（図 10）試験結果になったものと思われる。

4. 摘要

わが国の草地の基幹草種の一つである T F は、O G に比べて自然下種法に対する適性が劣ることが認められた。本節は、その原因について種子の発芽特性の面から検討した。

O G と T F の種子の発芽特性の違いは、休眠性にあった。

T F 種子は休眠が浅く、8月までに水分条件が整えば大部分の種子が発芽し、9月以降の出芽と定着によい時期に発芽可能な種子数が減少した。一方、O G では、休眠が T F に比べ深いため、8月までに発芽する種子数が少なく、9月以降の発芽可能な種子数が多かった。8月以前に出芽した個体は、8月の高温と乾燥により、ほとんどの個体が枯死するため、自然下種法では8月以前に発芽する個体が少ない方が有利である。

第3節 オーチャードグラスの品種間の差異

1. 緒言

O G は、北海道から九州の山地に至る、きわめて広い範囲で栽培されている最も重要な草種である。これまでに、O G は自然下種法に対する適性が高い草種であることが明らかにされた。本節では、O G の代表的な品種について自然下種法に対する適性を検討した。

2. 材料と方法

本試験の試験場所、試験年次、試験処理および栽培概要は、本章第1節の試験と同じである。

1) 供試品種： O G の3品種、ポトマック、アキミドリおよびS 143を用いた。

2) 調査項目および調査方法

各品種について、春期の利用制限処理をした利用1年目（1979年）と利用2年目（1980年）に出穂始、開花期および完熟期を記録した。種子生産に関する調査として、出穂莖数、出穂莖率（6月下旬の全莖数に対する完熟期の出穂莖数の割合）、種子生産量および8月刈取時の自然下種量を測定した。自然下種種子の出芽と定着状況を把握するため、加入個体数および加入個体の莖数を調査した。また、加入個体と既存個体を含めた m^2 当たり莖数も調査した。以上の調査の方法は、第II章第2節の試験と同じである。各品種ごとに自然下種に

よる加入個体を除去した区（加入個体除去区）と除去しない区（標準区）を設け、両処理区の年乾物収量の差を加入個体の貢献とみなした。

3. 結果と考察

各品種の出穂始、開花期および完熟期を表13に示した。出穂始、開花期および完熟期は、アキミドリが最も早く、ポトマックは、それより若干晩生で、S143は半月～1箇月遅れた。晩生のS143の完熟期に到達するのは、利用1年目と利用2年目とも7月上旬であった。熟期と自然下種の開始する時期との早晩は、深く関係していると思われるので、S143の自然下種の開始時期は、他の2品種に比べ約半月位遅いと思われる。

春期無利用処理による各品種の種子生産および自然下種量に係わる特性を表14に示した。ポトマックとアキミドリは、各調査項目の数値は類似している。これに対して、S143はほとんどの調査項目で他の2品種に比べ低い値であった。

S143の特徴は、他の2品種に比べ、出穂莖数、種子生産量が少なく、種子が小さい（千粒重が軽い）ことのほか、8月刈取り時の自然下種量が少なく、晩生であるため穂から脱粒しない種子数が多く、自然下種率（種子生産量に対する自然下種量の割合）が低いことであった。

春期無利用処理による加入個体数の品種間差異を図13に示した。ポトマックとアキミドリにおける加入個体数の経時

表13. 春期無利用処理によるオーチャードグラス3品種の
出穂始、開花期および完熟期

利用年次	品種	出穂始	開花期	完熟期
利用1年目 (1979年)	ポトマック	4月14日	5月18日	6月20日
	アキミドリ	4月12日	5月17日	6月19日
	S143	4月30日	6月7日	7月7日
利用2年目 (1980年)	ポトマック	4月28日	5月24日	6月20日
	アキミドリ	4月15日	5月20日	6月18日
	S143	5月16日	6月6日	7月8日

注. 1) 調査は、中国農業試験場畜産部（島根県大田市）で行った。

表 1 4 . 春期無利用処理によるオーチャードグラス 3 品種の出穂、種子生産量、千粒重
および自然下種量

項 目	利用1年目 (1979年)			利用2年目 (1980年)		
	ポトマック	アキミドリ	S 143	ポトマック	アキミドリ	S 143
出穂莖数 本/m ²	544	392	486	889	833	211
出穂莖率 %	37.5	23.8	21.3	43.5	44.3	10.1
種子生産量 g/m ²	296	251	194	417	435	70
千粒重 mg	1,073	1,192	757	875	819	612
8月刈取り時の自 然下種量 g/m ²	269	220	131	364	372	37
同上自然下種粒数 ×10 ³ /m ²	238	174	136	416	454	60
自然下種率 %	90.8	87.2	67.5	87.3	85.5	52.9

- 注. 1) 出穂莖率は、6月下旬の全莖数に対する完熟期の出穂莖数の割合 (%) を示す。
2) 自然下種率は、種子生産量に対する自然下種量の割合 (%) を示す。

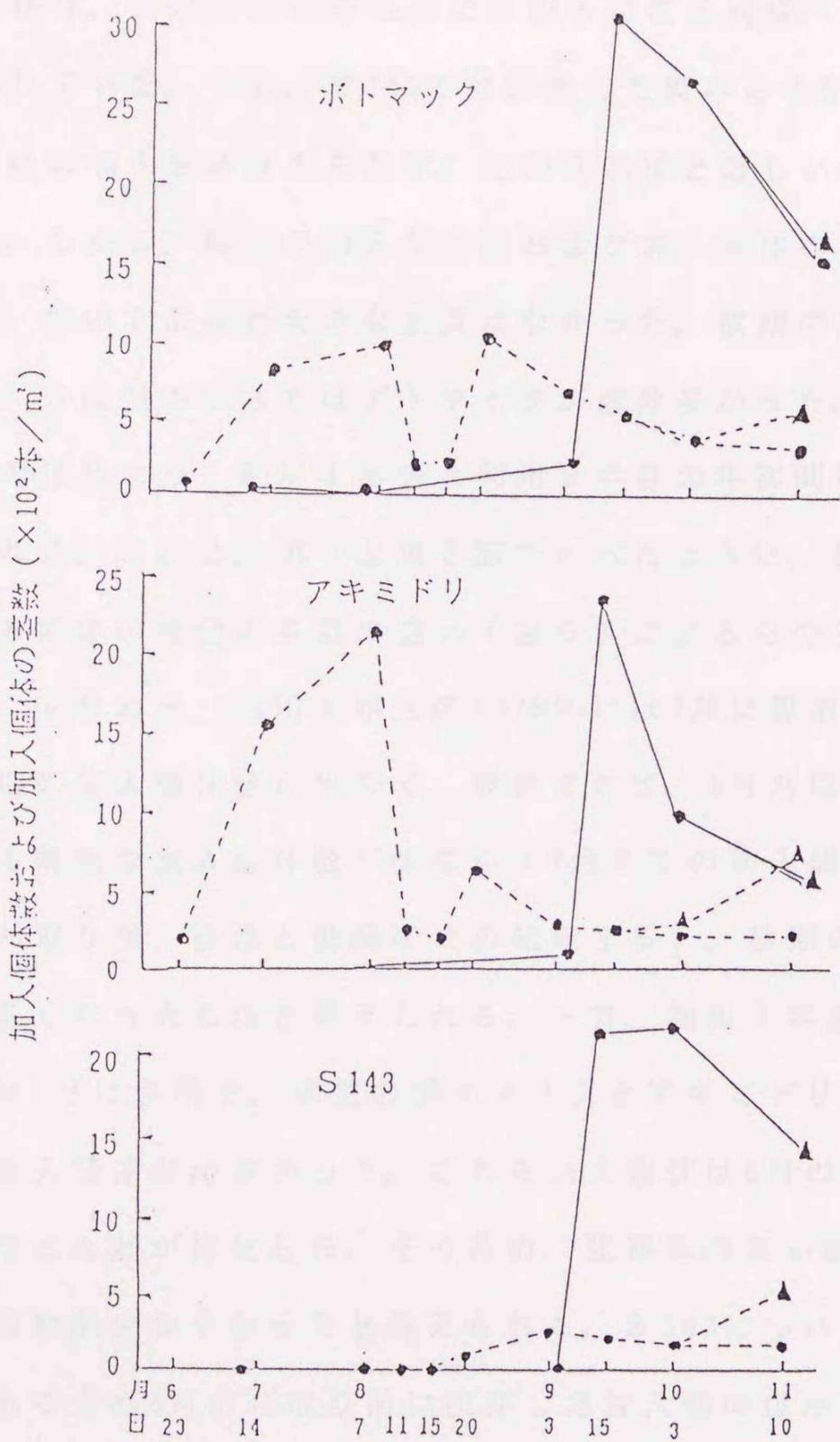


図13. 春期無利用処理によるオーチャードグラス3品種間の加入個体数および加入個体の莖数の差異

注. ●: 加入個体数、▲: 加入個体の莖数
 —: 利用1年目(1979年)、-----: 利用2年目(1980年)

的推移は、両品種の種子生産に係わる特性と同様、両年とも類似していた。一方、S 143では調査した両年とも8月の刈取り前には加入個体はみられず、他の2品種と著しい違いを示した。しかし、秋期の加入個体数および加入個体の茎数の推移は、他の2品種と大きな差異はなかった。秋期の加入個体数は、3品種のうちではポトマックが幾分多かった。加入個体数の推移には、利用1年目と利用2年目の年次間に違いがみられた。これは、第II章第2節で述べたように、梅雨期における両年の雨量の多寡の違い(図6)によるものと考えられる。すなわち、利用1年目の1979年には7月に寡雨のためこの時期の加入個体数が少なく、換言すれば、8月刈取り後に枯死する無駄な加入個体数が少なく(7月までの加入個体は、8月の刈取り後、高温と乾燥のため枯死する)、秋期の加入個体が多くなったものと考えられる。一方、利用2年目の1980年には7月に多雨で、早生のポトマックとアキミドリは7月までの加入個体数が多かった。これら加入個体は8月の刈取り後、そのほとんどが枯死した。そのため、生存率の高い秋期の加入個体数が少なくなったと考えられる。S 143については、晩生であるため8月の刈取り前に出芽した加入個体はみられず、自然下種した種子は、すべて秋期の加入個体に貢献したものと見なされる。このことから、S 143は自然下種量が他の2品種より少ない(表14)にもかかわらず、秋期の加入個体数が他の2品種と遜色のない結果になったものと思われる。以上のように、加入個体が定着し、収量に貢献するには、8月

以前に出芽する個体は少ないことが望ましい。その意味においては、晩生種の S 143 が自然下種法の適用には有利といえる。

春期無利用処理による m^2 当たり莖数の推移を図 1 4 に示した。3 品種とも春期に莖数が多く、夏期に減少し、秋期に再び高くなった。2 年間春期無利用処理をした翌年の利用 3 年目の莖数をみると、各調査日とも多い草種から、S 143、ポトマック、アキミドリの傾向がみられた。この傾向は、3 品種の草型の違いが影響していると思われる。すなわち、S 143 は多げつ性の放牧型³⁹⁾、ポトマックおよびアキミドリは直立型ないし中間型⁵¹⁾とされ、一般に放牧型のものの方が分げつ、すなわち莖数が多い。

各品種別の標準区および加入個体除去区の年乾物収量を図 1 5 に示した。各品種とも標準区が除去区に比べて有意に ($p < 0.05$) 多収であった。このことは、供試品種の全てにおいて加入個体が年乾物収量に貢献していることを示すものである。品種間の比較では、調査した 2 箇年ともポトマックが最も多収であった。年次間の年乾物収量をみると、各品種とも利用 4 年目の標準区の年乾物収量は前年に比べて増加し、中でもポトマックが顕著であった。これに対して加入個体除去区の年乾物収量は若干の増加はあるものの、ほぼ同じ水準であった。このことは、各品種とも加入個体が利用 3 年目に比べて翌年に一段と生育した結果によるものと思われる。

次に、年乾物収量に対する加入個体の貢献割合を表 1 5 に示した。この表に示した値は、本章第 1 節の式にしたがって

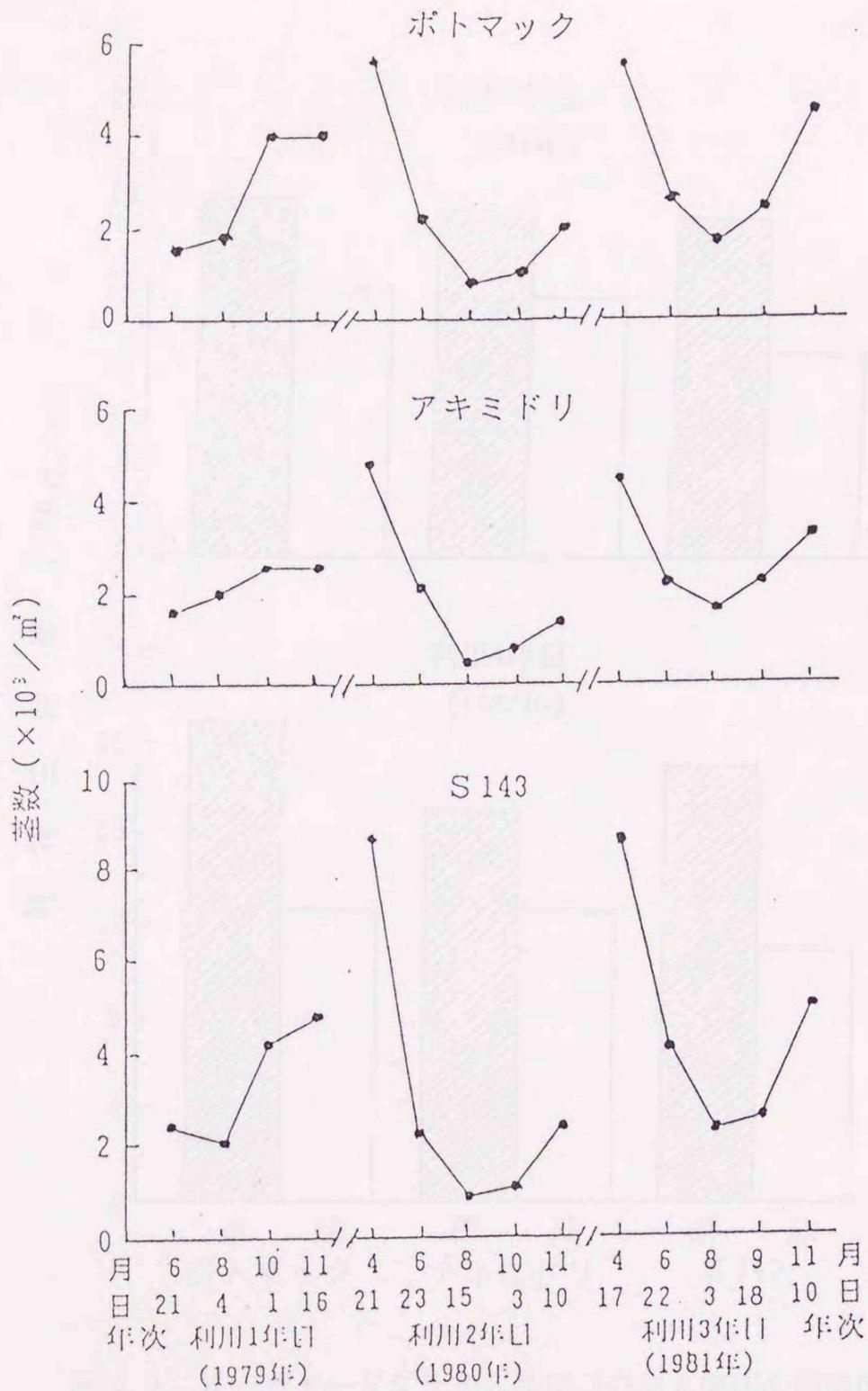


図14. 春期無利用処理によるオーチャードグラス3品種間の茎数の差異

注1. 1)利用1年目(1979年)と利用2年目(1980年)は、春期無利用処理を行い、利用3年目には慣行の刈取り利用を行った。

2)茎数は、既存個体と加入個体の茎数の合計。

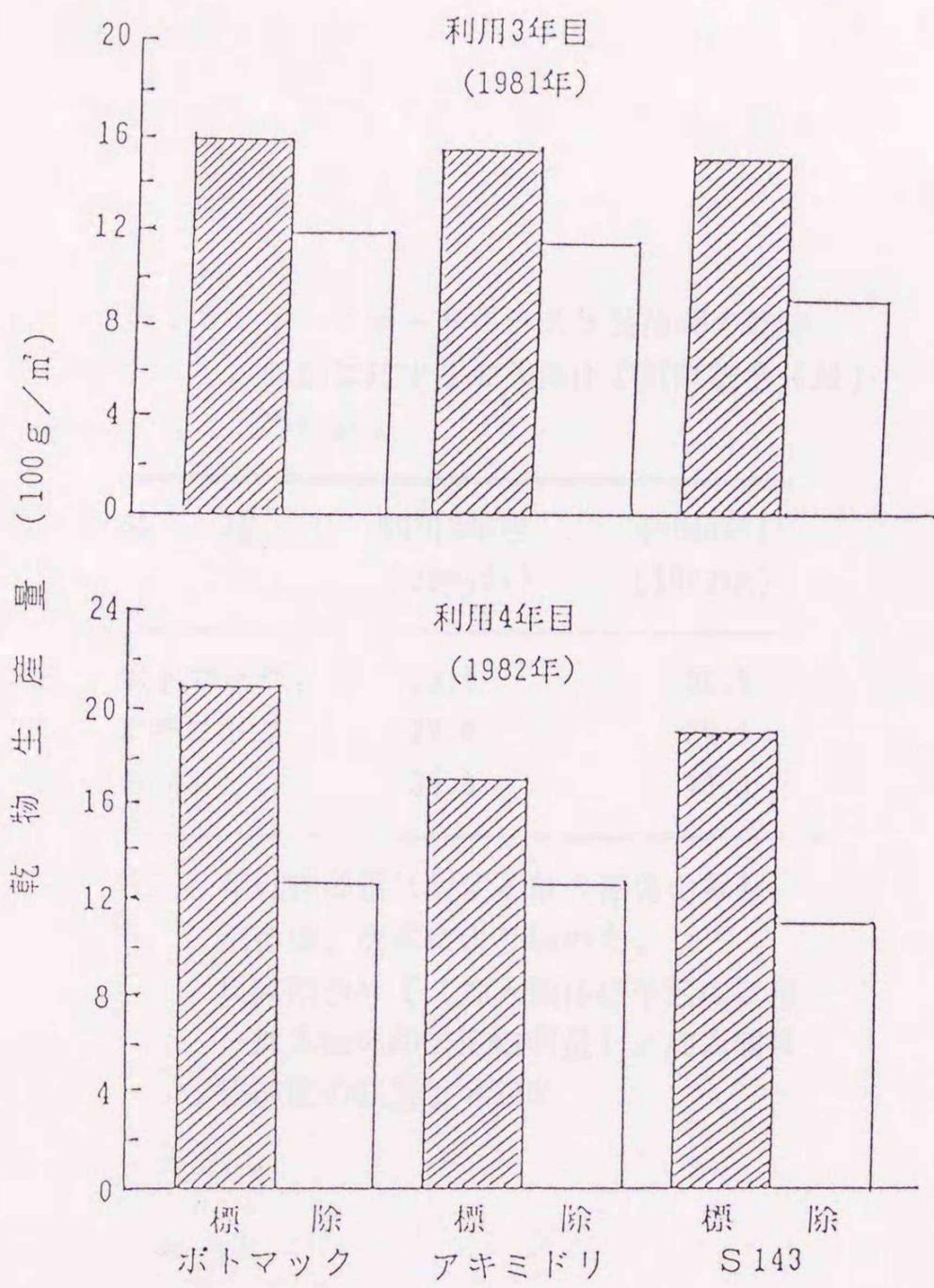


図15. オーチャードグラス3品種間の加入個体の標準区および除去区における年乾物収量の差異

注. 利用1年目(1979年)と利用2年目(1980年)は、春期無利用処理を行い、利用3年目(1981年)と利用4年目(1982年)には慣行の刈取り利用を行った。

表15. オーチャードグラス3品種間の乾物
収量に対する加入個体の貢献割合(%)
の差異

品 種	利用3年目 (1981年)	利用4年目 (1982年)
ポトマック	23.4	36.7
アキミドリ	27.4	26.9
S143	38.8	43.3

注. 年乾物収量に対する加入個体の貢献
割合は、次式により求めた。
貢献割合 = $\left[\left(\text{加入個体標準区の収量} \right. \right.$
 $\left. \left. - \text{加入個体除去区の収量} \right) / \text{加入個体} \right.$
 $\left. \text{標準区の収量} \right] \times 100$

算出したものである。調査した2箇年ともS143が最も貢献割合が高かった。ポトマックの貢献割合は、利用3年目に比べ翌年に一段と高くなり、他品種の貢献割合の上昇率と異なっていた。以上、OGの供試品種間で自然下種法の適性の高い品種は、秋期の加入個体数、収量性から判断して、ポトマック、ついで盛夏前に出芽する個体が少なく、年乾物収量に対する加入個体の貢献割合が高かったS143であると思われる。しかし、草種間でみられた秋期の加入個体および乾物収量の顕著な差は、OGの品種間では認められなかった。

なお、自然下種法適性にOGの品種間で若干の差異がみられたが、本試験は中国地域での結果であり、他の地域環境条件では本試験結果と異なることも予想される。

4. 摘要

わが国の草地の基幹草種であるOGの自然下種法に対する適性の品種間差異を検討した。

1) 出穂始、開花期および完熟期は、ポトマックとアキミドリが早く、S143は前2草種に比べ約半月～1箇月遅かった。

2) 春期無利用処理による各品種の種子生産および自然下種量は、ポトマックとアキミドリには大きな差がなく、S143では前2品種に比べ少なかった。

3) 加入個体数は、ポトマックとアキミドリでは8月の刈取り前に多数みられたが、これらは8月の刈取り後、大部分が枯死した。一方、S143では、この8月前の加入個体が認められ

ず、自然下種量の少ない S 143 と他の 2 品種の秋期の加入個体数には大きな差がなかった。

4) 標準区の年乾物収量は、加入個体除去区に比べ多かった。標準区では、ポトマックが最も多収であった。収量に対する加入個体の貢献する割合は、S 143 が最も高かった。

5) 以上の結果から、自然下種法の適性の高い O G の品種は、秋期の加入個体数、収量性から判断してポトマック、ついで収量に対する加入個体の貢献する割合の高い S 143 であると思われる。しかし、自然下種法適性の品種間の差異は明確でなかった。

第IV章 春期利用制限により生じた立毛草の利用

第1節 立毛草の利用時期

1. 緒言

自然下種法により草地の植生を改善しようとする場合、自然下種した種子が秋期に出芽し、定着することが必要である。その際、春期に利用を制限して生じた立毛草は、秋期に自然下種した種子が出芽を開始する前に刈取り、または放牧により利用されていなければならない。その理由は、自然下種種子が出芽しても立毛草があつては、光量不足のため幼植物の定着が困難であるからである。

本章ではわが国の基幹草種であり、且つ、自然下種法の適草種であるOGの単播草地について、春期無利用と自然下種量の経時的変化に基づき、立毛草の放牧利用の開始時期を検討した。

2. 材料と方法

- 1) 試験期間： 1981年4月～9月。
- 2) 供試草種： OG（品種「ポトマック」）。
- 3) 供試草地： 中国農業試験場畜産部構内の1975年10月に造成した上記草種の単播草地12m²。
- 4) 草地の管理： 供試草地は、試験前年の11月に刈取りを行い、10a当たり窒素3kg、リン酸0.4kg、加里3kgを施肥した。

試験当年は、刈取り、施肥を行わなかった。

5) 調査方法: 供試草地の出穂始、黄熟始、完熟期を観察により記録し、最初に自然下種した日も合わせて調査した。完熟期の判定基準は、ほぼ全穂について大半の種子が硬化した日とした。種子生産量は、 m^2 当たり出穂莖数を調査し、その値に完熟期に20穂を採取して得られた1穂当たり種子量を乗じて求めた。採取した種子は、千粒重を測定し、 m^2 当たり種子粒数を算出した。また、軟X線装置を用いて種子の稔実を判定した。自然下種量は、草地内に3箇所設置した直径15cmの円形篩内の種子を自然下種開始時から1週間おきに採取して求めた。採取した種子の粒数と稔実率を調査した。

3. 結果と考察

出穂始、黄熟始および完熟期は、それぞれ4月15日、6月8日、6月19日であった。 m^2 当たり出穂莖数、千粒重、 m^2 当たり種子生産量および種子粒数は、522本、1,160mg、69.0g、 129×10^3 粒であった。稔実率は約45%であった。

自然下種量は、1日 m^2 当たりの自然下種粒数で表し、図16に示した。自然下種は6月13日から始まり、以後自然下種粒数が急激に増加し、6月下旬から7月上旬までの間に大きな頂点を示した。その後、7月下旬まで自然下種粒数は激減したが、8月上旬に再び増加し、小さな頂点を形成した。8月中旬以降の自然下種粒数は、極めて少なかった。

このように、自然下種粒数の経時的様式は、おおむね2頂

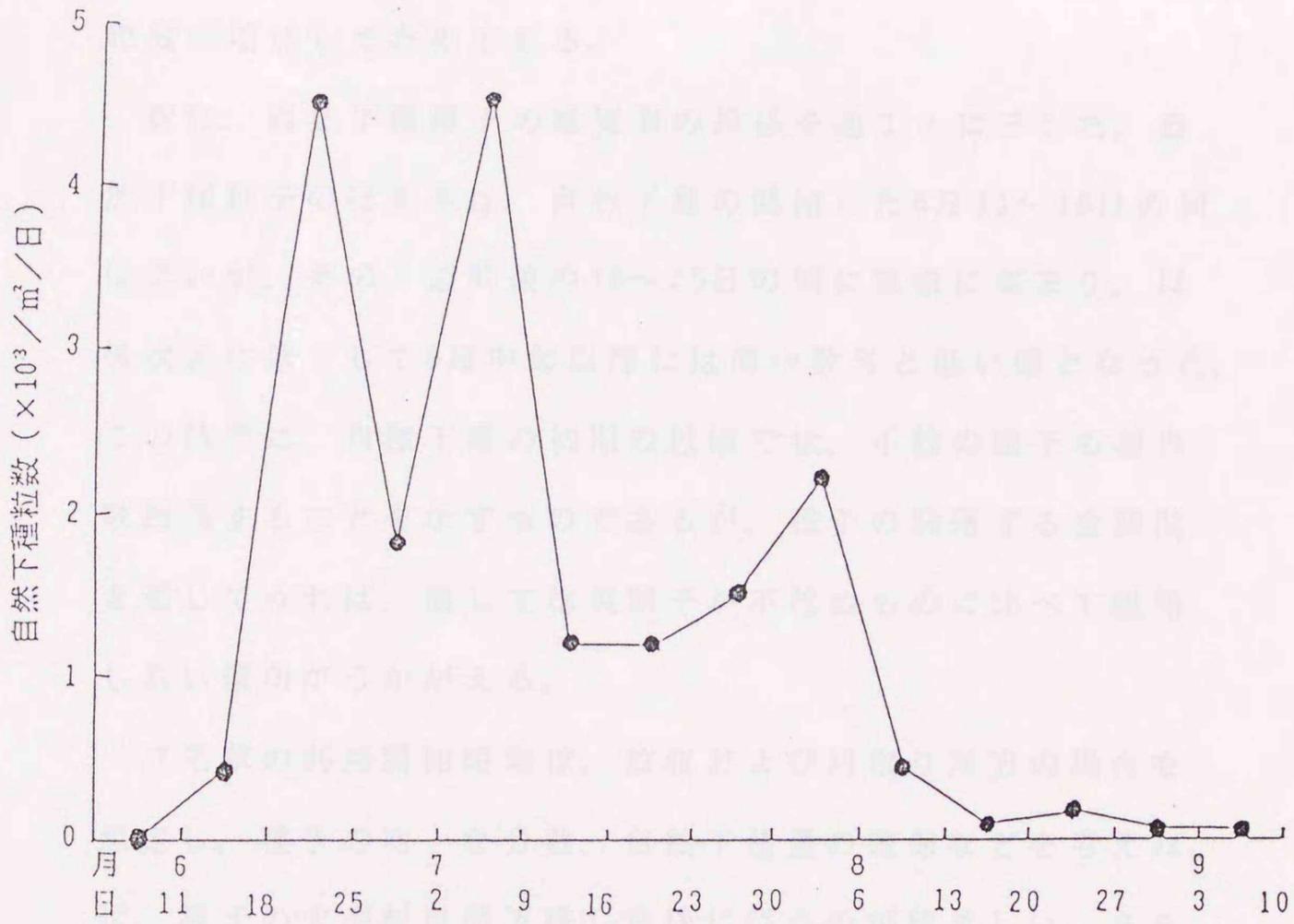


図16. オーチャードグラスにおける自然下種粒数の推移 ($\text{m}^3 / \text{日}$)

型を示した。8月上旬の小さな第2の頂点が形成された原因は、6月下旬から7月上旬の大きな頂点時の主として穎果だけが脱落したものと異なり、小穂または穂の脱落により自然下種粒数が増加したためである。

次に、自然下種種子の稔実率の推移を図17に示した。自然下種種子の稔実率は、自然下種の開始した6月11～18の間は低いが、その1週間後の18～25の間に急激に高まり、以後次第に低下して8月中旬以降には僅か数%と低い値となった。この結果は、自然下種の初期の段階では、不稔の種子も相当数脱落することを示すものであるが、種子の脱落する全期間を通してみれば、概して稔実種子が不稔のものに比べて脱落し易い傾向がうかがえる。

立毛草の利用開始時期は、放牧および刈取り双方の場合を想定し、種子の均一な分散、自然下種量の確保などを考えれば、種子の大半が自然下種した後に行うのが望ましい。さらに、自然下種した種子が出芽と定着によい時期まで、乾燥状態にして出芽の不適な条件にすることがよい。その時期は、前述の登熟状況および自然下種量の経時的推移から判断して、中国地域の気象条件下ではOGの場合7月中旬以降と考えられ、それは完熟期から約1箇月後に相当する。利用の終了する時期については、自然下種種子の出芽と定着によい晩夏から初秋前までである。

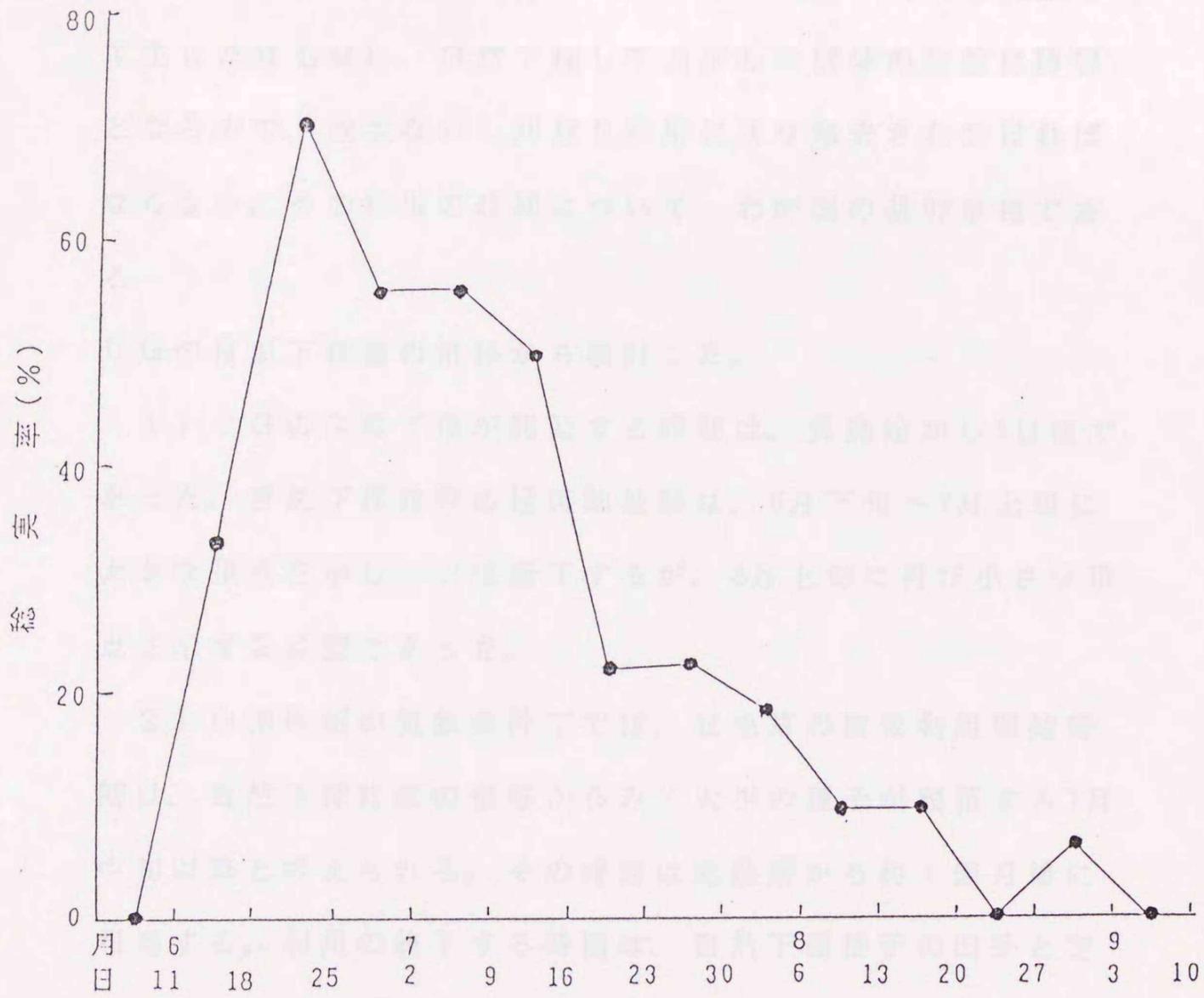


図 17. オーチャードグラスにおける自然下種種子の稔実率の推移

4. 摘要

自然下種法による草地更新において、春期の利用を制限して生じた立毛草は、自然下種して出芽した個体の定着に障害となるので、放牧ないし刈取り利用により除去されなければならない。その利用の時期について、わが国の基幹草種である

OGの自然下種量の推移から検討した。

1) OGの自然下種が開始する時期は、黄熟始から5日後であった。自然下種粒数の経時的推移は、6月下旬～7月上旬に大きな頂点を示し、以後低下するが、8月上旬に再び小さな頂点を示す2頂型であった。

2) 中国地域の気象条件下では、立毛草の放牧利用開始時期は、自然下種粒数の推移からみて大半の種子が脱落する7月中旬以降と考えられる。その時期は完熟期から約1箇月後に相当する。利用の終了する時期は、自然下種種子の出芽と定着によい晩夏から初秋前までである。

第2節 立毛草の放牧牛による採食

1. 緒言

前節で述べたように、自然下種後の立毛草は、自然下種した種子が出芽した幼牧草の生育にとって支障となるため、それを取り除くのに放牧利用するのが望ましい。

春期の利用制限により生じた立毛草は、休牧期間中に出穂、結実するため、群落高が高く、枯草量も多くなる²³⁾。また、栄養的には粗タンパク質、粗脂肪および灰分の含量が低く、逆に可溶性無窒素物と粗繊維の含量が高くなる。

実際に春期に利用制限した草地に肉用牛を夏期に放牧し、枯草割合の高い立毛草を採食するか否かおよび増体量を調査した。

2. 試験方法

1) 供試草地： 1972年に造成した中国農業試験場畜産部構内の混播草地4.3haを供試した。造成時はOG、TF、PRG、RTおよびシロクローバ (*Trifolium repens* L.) の5草種混播であったが、試験開始時には、PRGは消失し、シロクローバも極めて少なかった(表17)。

2) 試験区： 供試草地は、春期に利用制限した立毛区(1.2ha)と、その対照として、輪換放牧区(3.1ha)を設けた。立毛区は、夏期に放牧利用するために1981年の春から7月29日まで休牧した。輪換放牧区は、A区0.8haとB区2.3haを設け、

夏期の放牧までに2回通常の輪換放牧を行った。立毛区と輪換放牧区の面積が異なるのは、夏期の放牧開始時に両区の放牧牛の“牧草日割当量”(daily herbage allowance)を同じにしたためである。また、輪換放牧区を2区設定したのは、立毛区と輪換放牧区との牧草日割当量を同じにするために1区では放牧面積が不足するためである。

3) 供試牛: 黒毛和種雌牛29頭と無角和種雌牛8頭の計37頭の繁殖牛を供試した。供試牛は、全て人工授精したが、うち24頭が妊娠牛であった。分娩予定は、9月から翌年1月の期間にあり、約8割が9月と10月に集中していた。これらの供試牛を立毛区と輪換放牧区とに放牧するために試験開始時に2分し、それぞれの群には、品種、体重、月齢(年齢)、妊娠月数のほぼ同じ牛を対にして配置した。

4) 放牧方法: 放牧試験期間、滞牧日数、放牧頭数および牧草日割当量は、表16に示した。

滞牧日数は、放牧開始時の乾物現存量から牧草日割当量がほぼ乾物で18kg/頭/日程度になるように決めた。牧草日割当量は、放牧利用率(現存量に対する採食量の割合)の低いことが予想されるので、日本飼養標準の放牧牛400kgの標準的な1日当たり乾物採食草量10~12kgの約5割増しとし、GREENHALGHら¹⁰⁾が待期放牧の評価に用いた45ポンド(約20kg)とほぼ同じ水準に設定された。試験期間前の供試牛の飼養は、37頭の牛群を一群として4月上旬から放牧を開始し、輪換放牧区を含めた8.7haの牧草地で輪換放牧した。放牧期間中

表 16. 各試験区の放牧利用状況

項 目	試 験 区		
	立毛区	輪換放牧A区	輪換放牧B区
面積 (ha)	1.2	0.8	2.3
試験 (放牧) 期間	7月29日 ~8月24日	7月29日 ~8月5日	8月 5日 ~8月25日
滞牧日数	26	7	20
放牧頭数	19	18	18
牧草日割当量* (乾物、kg/頭)	18.2	18.4	18.1

注. 1) 立毛区：春から7月28日まで休牧した区。
 輪換放牧AおよびB区：春から7月28日まで通常の輪換放牧をした区で、試験期間の牧草日割当量を同じにするために2牧区が必要となった。

2) * : daily herbage allowance.

の飲水とミネラルブロックの摂取は自由とした。

5) 調査: 試験開始時に各試験区の植生(群落高、植被率、裸地率、被度、草丈)および乾物現存量を、試験終了時に残草量を測定(輪換放牧A区では8月5日に測定)し、放牧前現存量との差(前後差法)から放牧期間中の採食量および放牧利用率を算出した。採食量の推定に用いた前後差法は、放牧期間が長いときに、その間に牧草の生長および再生があるため、その値は過小評価される。しかし、本試験は盛夏時(試験期間中の最高気温の平均値32°C、最低気温の平均値22°C)に実施され、牧草の生育停滞期であるため、調査が簡便な同法を採用した。調査は1 m²の移動方形枠を用い、各区とも植生調査は5箇所、現存量および残草量調査は10箇所とし、いずれも無作為抽出とした。草量調査の刈取りは、地際約3cmで行った。

供試牛の体重を試験開始日(7月29日)と試験終了日(立毛区8月24日、輪換放牧B区8月25日)に測定した。

3. 結果と考察

各試験区の夏期の植生(表17)は、立毛区が輪換放牧区に比べて群落高で約20~40cm高かった。乾物現存量(表18)は、立毛区で明らかに多く、輪換放牧区の約2.5倍を示し、乾物率も約13%高かった。しかし、春期の利用を制限した立毛区の現存量には、出穂し、登熟した枯死茎が多量に含まれていた。

表 17. 各試験区の試験開始時（7月28日）の植生

項 目	試 験 区			
	立毛区	輪換放牧A区	輪換放牧B区	
群落高 (cm)	83	47	60	
植被率 (%)	100	100	100	
被度 (%)	OG	14	35	30
	TF	22	37	56
	RT	86	49	31
	WC	0	0	2

- 注. 1) 立毛区：春から7月28日まで休牧した区。
 輪換放牧AおよびB区：春から7月28日まで通常の輪換放牧をした区で、試験期間の牧草日割当量を同じにするために2牧区が必要となった。
- 2) OG：オーチャードグラス、TF：トールフェスク、RT：レッドトップ、WC：シロクローバ。

表 18. 各試験区における現存量、残草量、放牧利用率および採食量

項 目	試 験 区		
	立 毛 区	輪換放牧A区	輪換放牧B区
現存量			
乾物 (kg/ha)	6,925	2,901	2,683
乾物率 (%)	37.5	24.9	25.9
残草量			
乾物 (kg/ha)	1,390	1,493	1,099
乾物率 (%)	81.3	38.3	48.0
放牧利用率 (乾物、%)	79.9	48.5	59.0
1日1頭当たり採食量 (乾物、kg)	14.6	8.9	10.7

注. 立毛区：春から7月28日まで休牧した区。

輪換放牧AおよびB区：春から7月28日まで通常の輪換放牧をした区で、試験期間の牧草割当量を同じにするために2牧区が必要となった。

立毛区の放牧利用率は、明らかに輪換放牧区より勝った（表18）。1日1頭当たり採食量（乾物）も立毛区は、輪換放牧区に比べて約5kg多かった。

放牧草地における家畜の放牧利用率には、草や家畜それぞれの要因が相互に複雑に関与している¹⁹⁾。通常、生育が進んだ出穂期以降の牧草は、嗜好性が劣るといわれる。また、放牧利用率からみて、牧草地の草高はできるだけ低くし、20cm程度で放牧することが効果的^{19, 83)}とされている。しかし、本試験では出穂茎および枯草を多量に含み、草高の高い立毛区でも牛の採食性は決して悪くはなかった。同様の結果は、著者らが別に行った互いに隣接する立毛区と輪換放牧区とを同一牧区として夏期放牧した放牧利用率の比較試験²³⁾でも得られている。また、VAN KEUREN⁸²⁾は、盛夏時まで、または、早春1回放牧後、夏期の放牧（草量確保）のため牧草を立毛させた草地に牛を放牧した結果、立毛草をよく採食したと報告している。MACLUSKY³⁵⁾やNORMANら⁵⁴⁾は、糞尿に汚染された草地は放牧利用率が低下すると報告しているが、春期から夏期放牧前までの草地の糞尿による汚染がなかったことが立毛の放牧利用率が高い結果が得られた一つの要因と思われる。

牛の採食性が悪いのではないかと考えられた立毛草は、予想に反して通常の輪換放牧区の牧草に比べてそんな色のないことが明らかとなった。しかし、試験期間中の供試牛の1日当たり増体量は、立毛区が劣った（表19）。立毛草は出穂し、その茎葉の大半が枯死しているため、消化率が低いことが、

表19. 各試験区における放牧牛の体重の推移と1日当たり増体量

項 目	試 験 区	
	立 毛 区	輪換放牧AおよびB区
放牧頭数	19	18
試験開始時(7月29日) の平均体重 (kg)	382.7 ± 62.2*	399.2 ± 90.0*
試験終了時の平均体重 (kg)	391.4 ± 63.1*	413.2 ± 90.7*
試験期間中の1日当たり 増体量 (kg)	0.34	0.52

注. 1) 立毛区: 春から7月28日まで休牧した区。
 輪換放牧AおよびB区: 春から7月28日まで通常の輪換放牧を
 した区で、試験期間の牧草日割当量を
 同じにするために2牧区が必要となっ
 た。

2) *: 土標準偏差。

立毛区の増体量の停滞と考えられる。1日当たり増体量は肉用繁殖牛の値としては飼養上何ら支障がないと思われる。また、試験終了後には疾病はなく、分娩は正常であった。本試験では、立毛草地への放牧に繁殖牛を用いたが、比較的高栄養の牧草を要求する子牛、育成牛および肥育牛を用いることはできないであろう。

立毛草の放牧利用率が高い結果が得られたことは、自然下種した種子の出芽にとっては、光環境の改善ばかりでなく、放牧牛の蹄圧により種子が土壌とよく接触し、出芽の水分環境をよくする草地造成時の蹄耕法⁴²⁾の場合と同じ効果も期待できる。

4. 摘要

自然下種後の立毛草は、自然下種して出芽した個体の定着に支障となるため、放牧または刈取り利用の必要がある。本章では、その立毛草の放牧利用について検討した。

1) 放牧時における立毛草は、輪換放牧草地に比べて群落高では約20~40cm高く、乾物現存量では2.5倍あった。しかし、立毛草地の草には、出穂し、登熟した枯死茎が多量に含まれていた。

2) このような立毛草地に肉用繁殖牛を乾物で約18kgの牧草日割当量で放牧したところ、放牧利用率は同じ牧草日割当量条件下で放牧した輪換放牧草地より高かった。

3) 放牧期間中の牛の増体は、立毛草地が輪換放牧草地よ

り劣ったが、立毛草地に放牧された牛の放牧試験終了後の健康状態および繁殖成績には何ら異常が認められなかった。

4) 以上の結果から、春期の利用制限により、出穂し、登熟した枯死茎を多量に含む立毛草は、放牧利用により、除去が可能である。

第V章 加入幼牧草の定着性を高める利用管理

1. 緒言

自然下種法による草地更新の場合、自然下種した種子は、出芽することができても、その後の定着は容易でない。加入した幼牧草は、既存の牧草や雑草と光、養水分の競争では絶対的劣位にあるからである。春期の利用制限は、自然下種量を増加させるばかりでなく、既存牧草を弱小化させたり、枯死率を高め、加入した幼牧草の定着に好都合であった。しかし、通常の更新対象草地では既存牧草が衰退することで雑草の生育が旺盛になり、加入幼牧草との競争が問題となる。既存牧草や雑草の生育を抑制しながら加入幼牧草を積極的に育てる利用管理が、自然下種法の成否の鍵を握るといえよう。

本章では、自然下種法の適草種であるOGについて自然下種後の秋期に施肥量と刈取り頻度を異にした処理を加え、加入幼個体の生育とそれが翌年の乾物収量に貢献する割合を調査した。その結果から、既存個体の生育を抑制することによって、加入幼個体の生育を促す自然下種後の利用管理の方法を検討した。

2. 材料と方法

- 1) 供試草種(品種): OG(品種「ポトマック」)。
- 2) 試験処理: 1区1 m^2 (1 $\text{m} \times 1\text{m}$)、3反復の分割試験区法により配列し、自然下種後の秋期の窒素施用量が異

なる処理を主試験区に、自然下種後の既存OGの刈取り頻度を副試験区とした。

1985年に、春期無利用処理をし、自然下種させた後、上記の処理を行い、翌年は全処理区とも同一の管理を行った。

3) 栽培概要: 予め準備しておいたOGの苗を1984年10月11日圃場に1本立の個体植えた。栽培密度は、1区(1㎡)当たり100個体(10cm×10cm間隔)とした。施肥量は、いずれも10a当たり移植時に苦土石灰100kg、化成肥料(窒素17%、磷酸17%、加里17%、以下17-17-17と略す)40kg、翌春3月28日同化成肥料40kg(各区共通)、自然下種後の同年8月28日にそれぞれ同化成肥料40kg(各区共通)を施用した。また、肥料施用処理区は、N-10区およびN-5区では同年9月13日にそれぞれ10a当たり窒素10kg、同5kgを施肥した。刈取り頻度は、1985年には8月16日全処理区を刈取った後、多回刈区では既存個体の草丈でおおよそ20cm、中回刈区では同40cm、少回刈区では同60cmに達する時期を目安に刈取った。各区の刈取り時期は次のとおりであった。

多回刈区; 9月13日、9月25日、10月17日。中回刈区; 9月17日、11月12日。少回刈区; 11月12日。

1986年には全処理区とも5月13日、6月27日、8月29日、10月21日の年4回刈取りを行った。刈取り高さは、いずれの場合も地際から5cmとした。

4) 調査項目および調査方法

全処理区の中央に60cm平方の方形枠を設置し、加入個体数

と収量の調査を行った。加入個体数の調査は、1985年には9月13日と11月19日に、1986年には5月15日、7月11日、11月7日に実施した。年乾物収量調査は、春期の利用制限処理の翌年（1986年）に行い、既存個体と加入個体に分けて調査した。施肥量と刈取り頻度の違いが加入個体の生育に及ぼす影響を把握するため、春期の利用制限処理した年の11月20日に各処理区の除外部分から任意に加入個体の10個体を掘とり、草丈、根長、葉数、莖の直径および個体当たりの乾物重を測定した。

3. 結果と考察

各処理区別の m^2 当たり加入個体数の推移を表20に示した。春期の利用制限処理をした1985年には各刈取り頻度における施肥処理間に差は認められなかった。しかし、刈取り頻度間では11月の調査時に各施肥処理とも少回刈区が他の刈取区に比べて少なかった。翌年の1986年には年間を通して各施肥処理区内の刈取頻度間の差をみると加入個体数の多い順から多回刈区、中回刈区、少回刈区であり、特に多回刈区は他の2区に比べて顕著に多かった。また、N-10処理の多回刈区は他のどの区より加入個体が多く、加入個体の定着には多回刈処理が必要であり、さらに、秋期の施肥処理を行うことで相乗効果が期待できる。

春期の利用制限処理した年の11月における各処理区別の加入個体の生育状況を表21に示した。各施肥処理区内の刈取り頻度間の差をみると、草丈を除くすべての項目で多回刈区

表20. 自然下種後の秋期施肥および刈取頻度が加入個体数
(本/m²)の推移に及ぼす影響

施 肥	刈取 頻度	1985年		1986年		
		9月13日	11月19日	5月15日	7月11日	11月7日
N-10	多回	172	1,256	620	614	187
	中回	172	1,111	206	202	36
	少回	150	489	106	105	13
N-5	多回	208	1,011	354	335	95
	中回	133	1,222	225	194	26
	少回	206	844	174	162	12
N-0	多回	222	1,211	406	364	102
	中回	142	1,356	277	162	30
	少回	161	622	149	147	14

- 注. 1) N-10: 10a当たり窒素10kgを1985年9月13日に施用。
 N-5: // 5kg //
 N-0: 窒素無施用。
- 2) 多回: 多回刈区で、8月に刈取った後、同年9月13日、9月25日、10月17日に刈取った。
 中回: 中回刈区で、8月に刈取った後、同年9月17日、11月12日に刈取った。
 少回: 少回刈区で、8月に刈取った後、同年11月12日に刈取った。
- 3) 1986年には全処理区とも5月13日、6月27日、8月29日、10月21日の年4回刈りした。
- 4) 表の中の日付けは、調査日を示す。

表21. 自然下種後の秋期施肥および刈取頻度が加入個体の生育に及ぼす影響

施肥	刈取 頻度	草丈 cm	根長 cm	個体当たり葉数 (枯葉を含む)	莖の直径 mm	1個体当たり乾物重, mg	
						地上部	地下部
N-10	多回	46.3	86.0	6	2.43	10.0	7.0
	中回	38.7	67.9	4	1.47	2.0	3.0
	少回	40.3	54.6	3	0.99	1.5	1.2
N-5	多回	36.5	82.5	5	1.77	4.0	5.0
	中回	49.4	67.4	4	1.49	3.0	3.0
	少回	44.9	44.9	3	1.09	2.0	1.5
N-0	多回	36.2	76.1	5	1.68	6.0	4.0
	中回	27.4	66.1	4	1.34	2.4	2.0
	少回	32.7	53.6	3	1.01	1.2	1.3

注. 1) N-10: 10a当たり窒素10kgを1985年9月13日に施用。

N-5: // 5kg //

N-0: 窒素無施用。

2) 多回: 多回刈区で、8月に刈取った後、同年9月13日、9月25日、10月17日に刈取った。

中回: 中回刈区で、8月に刈取った後、同年9月17日、11月12日に刈取った。

少回: 少回刈区で、8月に刈取った後、同年11月12日に刈取った。

3) 調査は、1985年11月20日に実施した。

が最も高い値を示し、ついで中回刈区、少回刈区の順であった。しかし、同じ刈取り頻度内の施肥処理間の比較では、多回刈区を除き大きな差はみられなかった。施肥量の多いN-10処理の多回刈区では他の区に比べて根の伸長が旺盛で、葉数が多く、莖の太い大きな加入個体に生長していた。このことは、越冬中に死亡する個体が少なく、(表20)その加入個体が翌年の年乾物収量に貢献した結果(表22)と考えられる。

春期の利用制限処理をした翌年の年乾物収量を施肥および刈取り頻度別に表22に示した。既存個体の年乾物収量についてみると、施肥処理間および施肥処理と刈取り頻度との交互作用には有意差は認められなかったが、刈取り頻度間で有意差が認められた。すなわち、自然下種後の刈取り頻度を増せば、施肥の多少にかかわらず翌年の既存個体の年乾物収量は減少する傾向を示した。一方、加入個体の収量は、施肥処理、刈取り頻度およびそれらの交互作用に有意性が認められ(表22、下欄)、どの施肥処理も多回刈区が他の2区に比べて著しく多く、とりわけN-10処理でよりその差が大きかった。既存個体と加入個体とを合わせた合計収量は、N-5およびN-0処理では少回刈区が最も多く、多回刈区が最も少ない傾向がみられたが、N-10処理では逆に多回刈区が最も多かった。全処理区を通して、加入個体の乾物収量に占める割合は、加入個体の収量における傾向に類似し、N-10処理の多回刈区が最も高かった。他の処理区の値は、極

表22. 自然下種後の秋期施肥および刈取頻度が翌年の年乾物収量に及ぼす影響

施 肥	刈取 頻度	年乾物収量 (kg/10a)			加入個体の乾物 収量に占める割合 (%)
		既存個体	加入個体	計	
N-10	多回	765.3	86.8	851.1	10.2
	中回	820.3	1.3	821.6	0.2
	少回	807.3	0.0	807.3	0.0
N-5	多回	709.0	10.3	719.3	1.4
	中回	807.2	1.2	808.4	0.1
	少回	823.3	0.1	823.4	0.0
N-0	多回	693.8	10.9	704.7	1.5
	中回	724.1	1.0	725.1	0.1
	少回	742.0	0.0	742.0	0.0
L.S.D.					
同一施肥処理内	5%	54.4	18.6	NS	
の刈取頻度間	1%	76.2	26.1		
同一刈取頻度内	5%	NS	18.9	NS	
の施肥処理間	1%		27.7		
施肥処理×刈取頻度		NS	**	*	

- 注. 1) N-10: 10a当たり窒素10kgを1985年9月13日に施用。
 N-5: // 5kg //
 N-0: 窒素無施用。
- 2) 多回: 多回刈区で、8月に刈取った後、同年9月13日、9月25日、10月17日に刈取った。
 中回: 中回刈区で、8月に刈取った後、同年9月17日、11月12日に刈り取った。
 少回: 少回刈区で、8月に刈取った後、同年11月12日に刈取った。
- 3) 1986年には全処理区とも5月13日、6月27日、8月29日、10月21日の年4回刈した。
- 4) NS: 有意差なし、*: 5%水準で有意差あり、**: 1%水準で有意差あり。

めて低く、加入個体が年乾物収量にほとんど貢献していないといえる。

加入個体が翌年の年乾物収量に貢献する程度は、N-10処理の多刈区が最も高く、他の区においてはその貢献は期待できなかった。これは、加入個体数の推移と同様、自然下種後に刈取り頻度を増すことによって既存個体の生育が抑えられ、そのことと秋期の施肥によって加入個体の生育が促進された結果と思われる。N-10処理の多刈区では他の区に比べて加入個体の翌年の年乾物収量に占める割合が高かったが、これを刈取り時期別に図18に示した。加入個体は春(5月13日)には年乾物収量に占める割合が低かったが、刈取回次を経るにつれて高くなった。これは加入個体が徐々に生長していることを示している。

以上の結果から、加入幼牧草の定着性を高め、それが翌年の乾物収量に好影響を及ぼす利用管理の条件は、自然下種後に刈取り(あるいは放牧)により既存の植物(本試験では牧草)の生育を抑える必要があり、さらに、加入牧草の出芽と定着時(秋期)に相当量の施肥を必要とする。

4. 摘要

OGについて、春期無利用処理をし、自然下種させた後の秋期の施肥量と刈取り頻度が加入個体の生育に及ぼす影響を調査した。さらに、その施肥および刈取り頻度が加入個体の翌年の年乾物収量に及ぼす影響についても調査した。その結

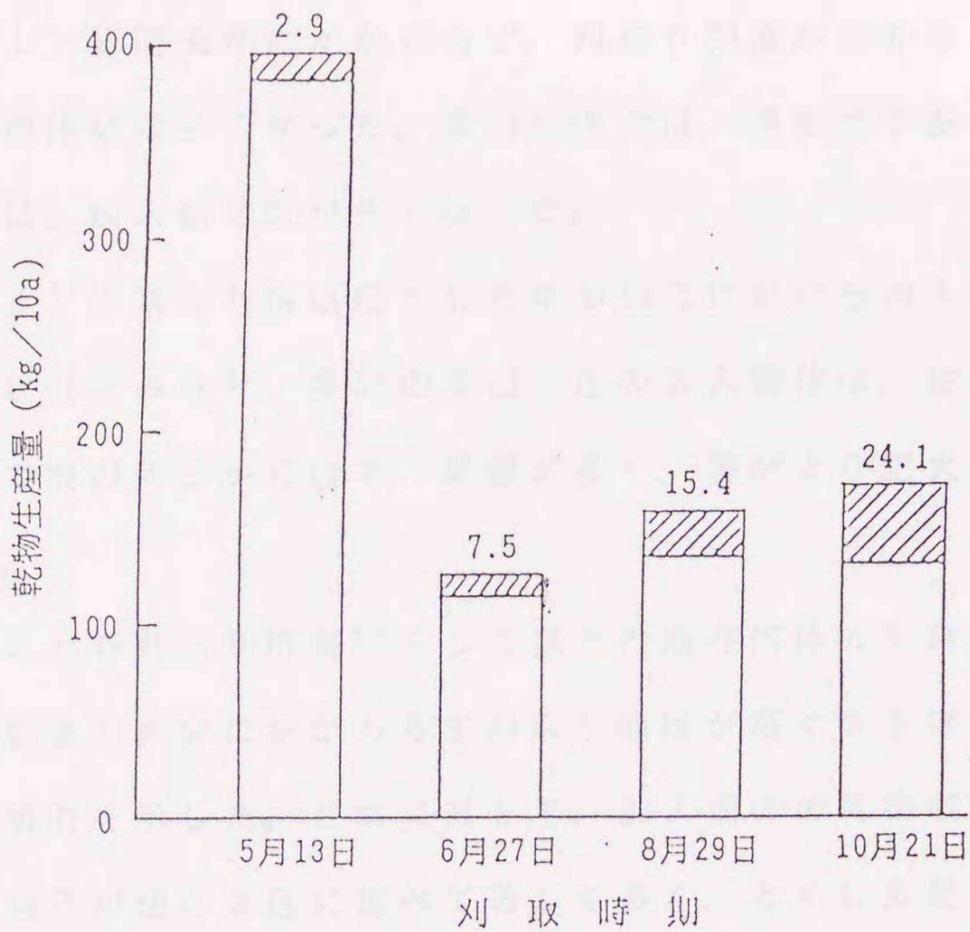


図18. 自然下種後の秋期多施肥および高刈取頻度条件における加入オーチャードグラスの刈取時期別乾物収量に占める割合(%)

注. 1) : 既存オーチャードグラス、 : 加入オーチャードグラス
 2) 図中の棒柱の上部の数字は、乾物収量に占める加入オーチャードグラスの割合を示す。

果から、加入個体の定着性を高め、翌年の年乾物収量に好影響を及ぼす自然下種後の利用管理の条件を検討した。

1) 施肥条件にかかわらず、刈取り頻度が高くなるほど加入個体数は多くなった。多回刈区では、施肥量を多くすると、特に、加入個体数が多くなった。

2) 春期無利用処理をした年の11月における加入個体の生育状況をみると、多肥の多回刈区の加入個体は、他の区に比べて根の伸長が旺盛で、葉数が多く、茎がより肥大化していた。

3) 春期無利用処理をした翌年の既存個体の乾物収量は、施肥量の多少にかかわらず刈取り頻度が高くなるほど減少する傾向を示した。これに対して、加入個体の乾物収量は、多回刈区が他の2区に比べて著しく多く、とくに多肥で顕著に多収を示した。加入個体の乾物収量が多肥の多回刈区で最も多収であったが、既存および加入の合計乾物収量では処理間に差は認められなかった。加入個体が翌年の収量に貢献する程度は、多肥の多回刈区が高く、他の区においては期待できなかった。

4) 以上の結果から、加入幼牧草の定着性を高め、その加入牧草が翌年の収量に貢献するには、自然下種後の秋期に刈取り（あるいは放牧）により既存の植物の生育を抑える必要があり、さらに、加入牧草の出芽と定着時（秋期）に相当量の施肥を必要とする。

第VI章 自然下種法の荒廃草地への適用

1. 緒言

自然下種法の適性の高い草種は、PRGとOGであった。このうち、OGはわが国の草地の重要な基幹草種であり、荒廃した牧草地にはOGが残存している場合が多い。このような荒廃草地に自然下種法を適用し、同法が草地の簡易更新技術として有効であるか否かを検討する必要がある。

この章では、前章までに明らかにされた自然下種法の手順に従い、牧草密度の低下したOG-RT放牧草地に自然下種法を適用し、植生の変化、土壤水分、土壤物理性、収量性の面から、同草地を慣行利用した場合と比較して、自然下種法の有効性を検討した。

2. 試験方法

1) 供試草地：栃木県湯津上村公共牧場内の1967年春に耕起造成した混播草地7.2haを供試した。供試草地の地形は、ほぼ平坦で、土壤は火山灰土である。植生は、牧草ではOGとRTが優占していたが、春にはウシハコベ (*Stellaria aguatica* Scop.)、秋にはメヒシバ (*Digitaria adscendens* Henry)、イヌタデ (*Polygonum longisetum* De Bruyn) の被度が極めて高く、荒廃した草地であった(写真1)。

2) 試験区：草地内に次の3区を1984年に設けた。

自然下種1区(以下R1区と略す)；春から7月末まで利



写真1. 供試草地の春期の利用制限処理前の春の植生状況

〔ハコベ等の雑草が多く、裸地が目立つ。〕
1984年4月撮影、栃木県湯津上村

用せず、十分に自然下種させた後、8月2日立毛草を刈取り、搬出し、9月上旬および10月下旬に放牧した。面積は12.5aである。

自然下種2区（以下R2区と略す）； R1区の放牧期間の内、9月に放牧せずに10月のみ放牧した。面積は12.5aである。

対照区； 慣行的な輪換放牧を行った。面積は25aである。

なお、この試験では、当初8月の立毛草の利用を放牧で行う予定であったが、自然下種区に水飲場を設置することが困難であったため、刈取り利用とした。

春期の利用制限処理をした翌年の1985年には、隣接する試験区を分割していた有刺鉄線を撤去して、各区とも共通の放牧利用とした。

3) 10a当たり施肥量： 1984年には、4月9日化成肥料(17-17-17) 40kg、苦土石灰100kg、8月22日同化成40kg、1985年には4月8日および9月6日にそれぞれ前記の化成40kgを施肥した。いずれも各区共通とした。

4) 供試牛および放牧方法： 供試牛は、ホルスタイン育成牛を1984年には67～103頭、1985年には78～106頭用いた。供試草地は公共牧場内にあるため、放牧期間を通して一定の牛の頭数は放牧されず、放牧期間の途中で頭数の増減があった。各年次の放牧時期は、表23に示した。試験区は、試験に供した公共牧場が所有する5輪換牧区のうち1輪換牧区(7.2ha)内の一部に設置され、各区は互いに隣接し、R1お

表23. 各試験区における放牧時期

年次	試験区	放牧期間
1984	R1区	9月2～8日、10月20～23日
	R2区	10月20～23日
	対照区	5月17～22日、6月3～13日、7月1日～8月9日 9月2～9日、10月3～14日、11月9～12日
1985*	各区共通	4月28日～5月5日、5月19～25日、6月1～4日、 6月16～26日、7月2～7日、7月24～29日、8月27 日～9月4日、9月28日～10月8日、10月26～31日

注. 1) R1区: 1984年に春から7月末まで利用せず、十分に自然下種させた後、8月上旬に立毛草を刈払い、搬出し、9月と10月に放牧した。

R2区: R1区の放牧期間のうち、9月に放牧せず、10月のみ放牧した。

対照区: 慣行的に年6～9回輪換放牧した。

2) *: 前年に各試験区を分割するために設置した有刺鉄線を放牧開始前に撤去し、3試験区を同一の牧区として放牧した。

よびR2の2区が1984年に牧柵および有刺鉄線で分割された。対照区は、この輪換牧区内に牧柵および有刺鉄線の障害物を設置しなかった。1984年のR1区とR2区の放牧は、それぞれの放牧時期に、試験区を囲っていた有刺鉄線の一部をはずし、放牧牛が自由に試験区に入れるようにした。したがって、R1区およびR2区の放牧時期は、対照区の放牧時期と重なる。1985年の放牧は、試験区を分割していた有刺鉄線を撤去して、各区共通の放牧とした。

5) 調査項目および方法

(1) 種子生産： 優占牧草であるOGについて自然下種量を調べるため、完熟期に出穂莖数、種子重量、種子粒数を、さらに、8月上旬の刈取り期に種子重量、種子粒数を調査した。自然下種量は、完熟期の種子重量と刈取り期の種子重量との差とした。R1区とR2区とでOGの株数に大きな差がなかったため、R1区についてのみ前記の調査を行った。出穂莖数の調査は、 1 m^2 ($1\text{ m} \times 1\text{ m}$)の方形枠を用い、任意の5箇所で行った。種子重量および粒数については、無作為に50穂採取し、1穂当たりの種子重量および粒数を求め、それらを出穂莖数に乗じた値とした。

(2) 土壌水分： 100mlの採土筒で地表から土中5cmまでの土壌を採取し、常法により土壌水分を測定した。採土は、各区3反復、1984年の5月から9月まで毎月1回行った。

(3) 土壌硬度： 硬度計(山中式)を用いて地表面の硬度を測定した。測定は、1984年の5月から12月まで毎月1回行

い、各区20反復とした。

(4) リター量: R1およびR2区の立毛草を刈取り、搬出した後の1984年8月20日に 1 m^2 ($1\text{ m} \times 1\text{ m}$)の方形枠を用いて各区3点のリター量を調査した。

(5) 植生: 各試験区に 1 m^2 ($1\text{ m} \times 1\text{ m}$)の固定方形枠を8箇所ずつ設置し、既存および加入個体数、草種別冠部被度を測定した。加入個体数の調査は、同方形枠内に $30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ の固定方形枠を設置して行った。調査時期は、次のとおりであった。

1984年; 既存個体数 5月11日、10月20日、加入個体数 7月20日、8月17日、10月20日、被度 5月11日、8月2日、10月20日。

1985年; 個体数および被度調査とも5月9日、8月2日、10月28日。なお、個体数調査は、既存個体と加入個体の判別が困難なためそれらを区別しなかった。

(6) 収量: 1984年と1985年の2年間、各試験区に 1 m^2 ($1\text{ m} \times 1\text{ m}$)の固定方形枠を3箇所ずつ設置し、年4回刈により収量を調査した。方形枠の位置は、放牧開始前に決め、年次が変わったときに方形枠を移動した。いずれの方形枠も放牧牛に採食されないように防護柵で囲った。刈取り時期は5月中旬、7月上旬、9月中旬、11月上旬とし、刈取り高さは地際から 5 cm とした。刈取った草は、牧草と雑草とに類別し、さらに牧草のうち、優占していたOGを分別した。

3. 結果と考察

R1区におけるOGの m^2 当たり種子生産量、8月上旬における自然下種量および自然下種粒数を表24に示した。OGの種子は、8月上旬までに種子生産量のうち約65%が、粒数では約50%が自然下種した。

自然下種法で草地を更新する場合には、加入個体の出芽と定着に適している秋期（8月下旬以降）に、種子量が十分に確保されていなければならない。8月上旬までの自然下種量は10a当たり59kgであった。8月までに m^2 当たり5,500個体が出芽し、その後枯死した（表25）。それを種子量に換算すると、自然下種した種子の千粒重が1.158gであるから10a当たり6.4kgとなる。したがって、8月下旬以降の出芽に関与する種子は、8月上旬までの自然下種量と出芽後枯死した種子量との差、すなわち、10a当たり約53kgとなる。この量は、関東地方における放牧草地の10a当たり標準播種量2.6~4.0kg⁴⁸⁾の10~20倍に当る。種子生産は、個体密度の多少、刈取りまたは放牧の時期、施肥管理によって影響を受けるものである。本試験のOGの個体数は、1 m^2 当たり約5個体（表25）と極めて少ないものであったにもかかわらず、種子生産量としては十分であった。

以上の結果から、自然下種法により初秋の出芽時期に出芽可能な種子を十分に確保できたと考えられる。

各試験区の土壤水分と降水量の経時的变化を図19に示した。各区とも降水量が多い7月10日まで土壤水分は上昇した。

表24. オーチャードグラスの出穂莖数、種子生産
および自然下種量

項 目	R 1 区
出穂莖数 (本/m ²)	200
種子生産量 (g/m ²)	91.1
生産種子粒数 (×10 ³ /m ²)	101.0
8月上旬における自然下種量 (g/m ²)	59.3
同上の自然下種粒数 (×10 ³ /m ²)	51.2

注. R 1 区: 春から7月末まで利用せず、十分に自然下種させた後、8月上旬に立毛草を刈払い・搬出し、9月と10月に放牧した。

表25. 各試験区における既存オーチャードグラスおよび加入オーチャードグラスの
 個体数(本/m²)の推移

年次	試験区	5月	6月	8月	10月
1984	R1区 既存OG	4.9±3.7	*	*	1.3±2.2
	加入OG	0	5,457.8±3,228.7	0	2,726.7±997.8
	R2区 既存OG	5.0±3.2	*	*	1.6±1.9
	加入OG	0	2,277.8±1,517.8	0	482.2±655.6
	対照区 既存OG	3.3±2.4	*	*	2.3±1.4
	加入OG	0	0	0	0
1985	R1区	602.6±309.1	**	400.0±163.6	180.5±106.5
	R2区	9.0±28.7	**	8.8±9.7	1.5±2.5
	対照区	1.8±1.2		1.6±1.2	0

- 注. 1) R1区: 1984年に春から7月末まで利用せず、十分に自然下種させた後、8月上旬に立毛草を刈払い・搬出し、9月と10月に放牧した。
 R2区: R1区の放牧期間のうち、9月に放牧せず、10月のみ放牧した。
 対照区: 慣行的に年6~9回輪換放牧した。
- 2) 1985年には、前年に各試験区を分割していた有刺鉄線を放牧開始前に撤去し、3試験区を同一の牧区として放牧した。
- 3) 調査日は、1984年には5月11日、6月20日、8月17日、10月20日、1985年には5月9日、8月2日、10月28日に行った。
- 4) OG: オーチャードグラス、*: 調査しなかった、**: 既存と加入の合計値、±: 標準偏差。
- 5) 1985年の対照区の値は、加入個体がないため既存個体のみを示した。

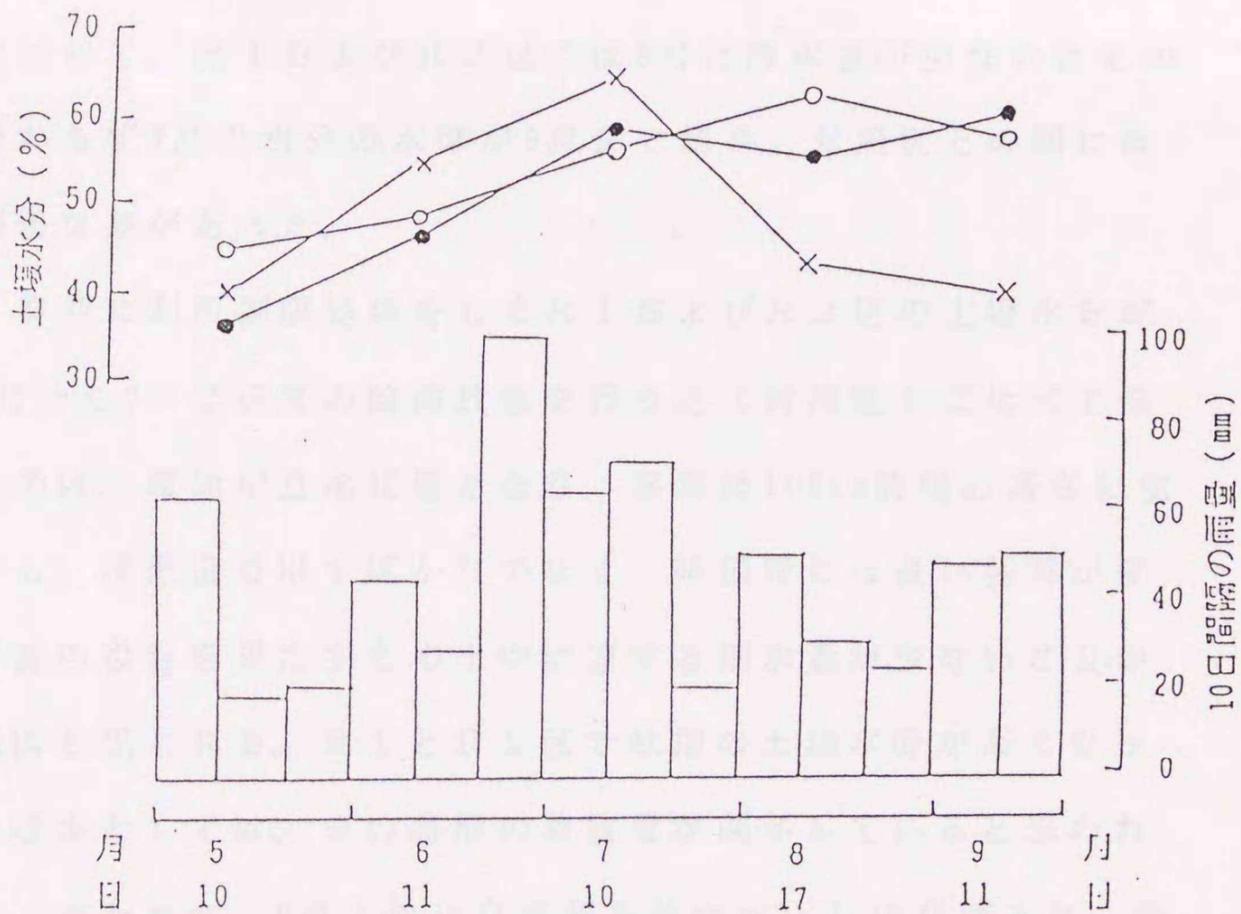


図19. 春期に利用を制限した草地の土壌水分の推移と雨量
(栃木県湯津上村大野放牧場、1984年)

- 注. 1) ●: R1区、○: R2区、×: 対照区
 2) R1区: 1984年に春から7月末まで利用せず、十分に自然下種させた後、8月上旬に立毛草を刈払い・搬出し、9月と10月に放牧した。
 R2区: R1区の放牧期間のうち、9月に放牧せず、10月のみ放牧した。
 対照区: 慣行的に年6~9回輪換放牧した。

6月と7月の土壤水分は、R 1およびR 2区が対照区に比べて低かった。しかし、高温・少雨期の8月17日調査は対照区の土壤水分は急激に減少し、9月にもわずかながら減少した。これに対して、R 1およびR 2区では8月に降水量が少ないにもかかわらず7月の水分の水準が9月まで続き、対照区との間には顕著な差があった。

春期に利用制限処理をしたR 1およびR 2区の土壤水分が6月から7月に通常の輪換放牧を行う区（対照区）に比べて低いのは、草地が立毛状態となり、茎葉は100cm前後の高さに生育し、蒸散量を増すばかりでなく、降雨時には長い茎葉が受け皿の役目を果たすため土中に達する雨水量が少ないことが原因と思われる。R 1とR 2区で秋期の土壤水分が高くなった理由としては、その時期の蒸散量が関与していると思われる。すなわち、8月上旬に立毛草を放牧ないしは刈取ると、既存牧草の枯死率が高くなる（68～74%、表26から算出）ため蒸散量が低下し、また、春期の利用制限処理により地表に蓄積したリターが地表からの蒸散を抑えると思われる。この時期の蒸散の低下や抑制のため8月下旬から9月の降雨によりR 1とR 2区の土壤水分が対照区に比べて高くなったものと考えられる。

春期に利用を制限した草地の土壤水分は、晩夏から秋期に高くなることは、中国農業試験場で実施した試験²⁴⁾においても同様の結果であった。

以上の結果から、春期に利用を制限した草地では、自然下

種した種子が秋期の出芽と定着に十分適した土壤水分条件にあったといえる。

土壤の緊密化は、幼牧草（加入個体）の生育に悪影響を及ぼす⁸³⁾。春期の利用制限処理が土壤物理性に及ぼす影響について検討した。土壤物理性として土壤硬度（土壤緊密度）を調査した。各試験区の土壤硬度の経時的変化は、図20に示した。R1およびR2区の土壤硬度は、9月の測定を除き、ほぼ同様の变化で推移した。すなわち、利用制限期間中は、土壤が膨軟になり、放牧後は土壤硬度が増した。9月の測定日にR1区の硬度がR2区に比べ高いのは、R1区の測定が放牧後のためである。一方、対照区の土壤硬度は、入牧後の6月以降には急激に高くなり、どの測定時にも他の2区に比べて有意差（対照区 > R1、R2区）が認められた。

このように、春期の利用制限処理により土壤は膨軟化した。小川ら⁵⁶⁾によれば、草地を休牧することにより表層の土壤は膨軟になり、粗孔隙が増加して通気性が良くなり、集積した有機物の分解が促進されるという。さらに、小川ら⁵⁷⁾は、休牧によって大型ミミズ類の増加とコガネムシ科の幼虫の減少を指摘し、このことが荒廃草地の生産力の回復につながっていると述べている。この休牧処理による土壤の膨軟化は、加入個体の生長、特に根の伸長と深い関係をもち、定着性に良い効果を及ぼすと考えられる。

春期の利用制限処理後の8月中旬における m^2 当たりリター量（乾重）は、R1区119.9g、R2区140.4g、対照区62.7gであ

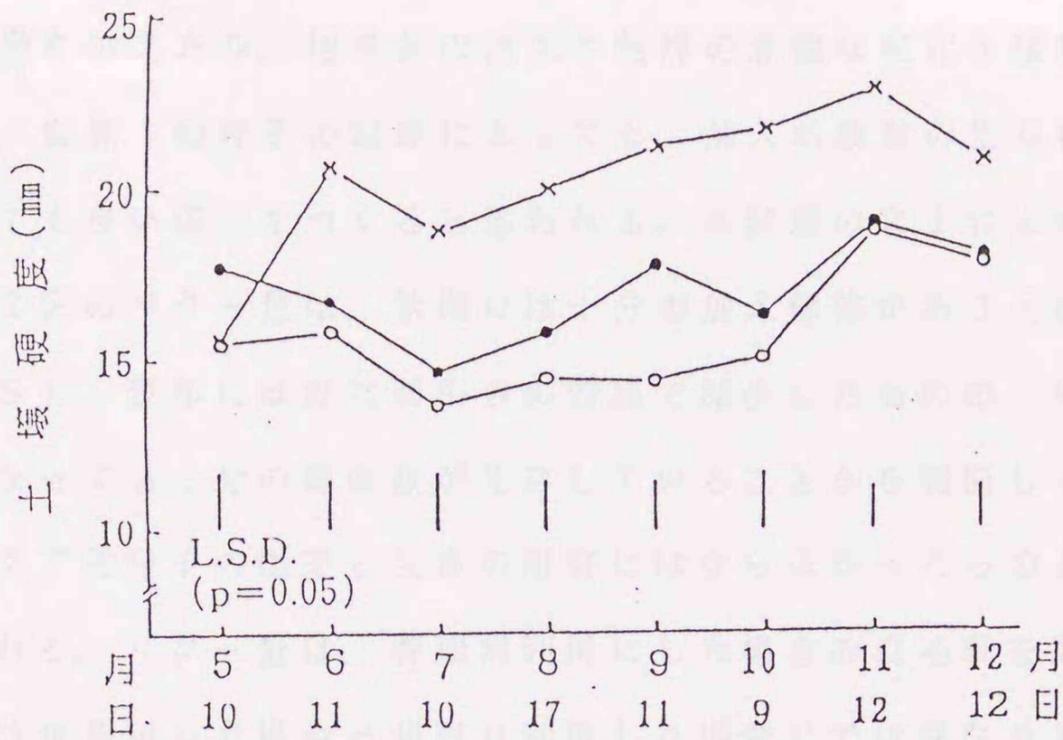


図20. 春期の利用制限処理が土壌硬度に及ぼす影響
(山中式硬度計による、栃木県湯津上村、1984)

注. 1) ●: R1区、○: R2区、×: 対照区

2) R1区: 1984年に春から7月末まで利用せず、十分に自然下種させた後、8月上旬に立毛草を刈払い・搬出し、9月と10月に放牧した。

R2区: R1区の放牧期間のうち、9月に放牧せず、10月のみ放牧した。

対照区: 慣行的に年6~9回輪換放牧した。

り、利用を制限した2区が対照区に比べ明らかに多かった。

リターは、多量にある場合は、自然下種種子の出芽と生育の阻害要因となる。しかし、少量の場合は、土壌表面からの蒸散を抑えたり、地表部の温度や乾燥の急激な変化を緩和させ、自然下種種子の出芽にとっても、加入幼牧草の生育にとっても良い環境をつくると思われる。本試験のR1およびR2区の⁴リター量は、秋期には十分の加入個体があり（表25）、翌年には自然間引きの効果で減少したものの、秋期になっても十分の個体数が生存していることから判断して、自然下種種子の出芽と生育の阻害にはならなかったものと思われる。リター量は、春期無利用にした場合の立毛草を夏期に放牧利用した場合と刈取り利用した場合とでは異なると予想される。本試験では、刈取り利用であったが、放牧利用の場合には、放牧利用率が低いとリター量が多くなる。しかし、第IV章で立毛草の放牧利用性を検討した結果、高い放牧利用率が得られ、放牧後の残草が少なかったこと（表18）や、これまでの著者らの放牧試験結果²³⁾におけるリター量（乾物）が本試験のリター量と大差がないことから、放牧利用の場合でも、刈取り利用と同様、リターが自然下種種子の出芽と定着の妨げとはならないと思われる。

自然下種した種子から出芽した幼牧草は、その後の生育にとって既存牧草の存在が最大の障害となる。自然下種法では、第II章で述べたとおり、春期に利用を制限することにより既存牧草の枯死率が高くなったり、または弱小化し、除草剤を

使用しないでも幼牧草と既存牧草の競争を緩和できた（写真2）。

本試験の既存個体の春（5月）から秋期（10月）にかけての枯死率 = $\left[\left(\frac{10月20日の個体数}{5月11日の個体数} \right) \times 100 \right]$ をみると、R1区とR2区では、対照区に比べて著しく高かった（表25）。春期に利用制限することにより夏期以降既存個体の枯死率が高くなる原因については、牧草の過繁茂状態の期間が長いため、下層の分けつ茎が光量不足により枯死するものと思われる（写真3）。また、春期利用制限による枯死の原因は、種子生産に多くのエネルギーを消費するため、光合成産物のうち、呼吸に消費される割合が増加することも関与していると思われる。この枯死については、これまでに述べてきたような要因が相互に関与した結果起きたものであろう。

春期の利用制限により、自然下種した種子の出芽開始時期および既存および加入の個体数の推移について調査した。供試草地の牧草で優占していたOGの既存および加入個体数の推移を表25に示した。1984年5月11日におけるOGの個体数（既存個体）は、試験区間に大差がなかった。放牧処理後の同年10月20日には、R1区とR2区では5月の個体数に比べて著しく減少したが、対照区では減少が小さかった。

OGの自然下種種子は、完熟期（7月上旬）頃から出芽がみられ、穂発芽も観察された。7月20日のOGの加入個体数の調査ではR1およびR2区とも多数の個体数がみられた。これ



写真2. 立毛草の刈取後（8月上旬）の状況
〔既存牧草の多くが枯死し、リターが多い。〕
〔1984年8月撮影、栃木県湯津上村〕



写真3. 牧草（主にオーチャードグラス）の完熟期（7月上旬）

〔牧草の草丈は1 mを越し、過繁茂状態になる。〕
〔1984年7月撮影、栃木県湯津上村〕

表25. 各試験区におけるオーチャードグラスの既存および加入個体数 (本/m²) の推移

年次	試験区	5月	6月	8月	10月
1984	R1区 既存OG	4.9±3.7	*	*	1.3±2.2
	加入OG	0	5,457.8±3,228.7	0	2,726.7±997.8
	R2区 既存OG	5.0±3.2	*	*	1.6±1.9
	加入OG	0	2,277.8±1,517.8	0	482.2±655.6
	対照区 既存OG	3.3±2.4	*	*	2.3±1.4
	加入OG	0	0	0	0
1985	R1区	602.6±309.1	**	400.0±163.6	180.5±106.5
	R2区	9.0±28.7	**	8.8±9.7	1.5±2.5
	対照区	1.8±1.2		1.6±1.2	0

- 注. 1) R1区: 1984年に春から7月末まで利用せず、十分に自然下種させた後、8月上旬に立毛草を刈払い・搬出し、9月と10月に放牧した。
R2区: R1区の放牧期間のうち、9月に放牧せず、10月のみ放牧した。
対照区: 慣行的に年6~9回輪換放牧した。
- 2) 1985年には、前年に各試験区を分割していた有刺鉄線を放牧開始前に撤去し、3試験区を同一の牧区として放牧した。
- 3) 調査日は、1984年には5月11日、6月20日、8月17日、10月20日、1985年には5月9日、8月2日、10月28日に行った。
- 4) OG: オーチャードグラス、*: 調査しなかった、**: 既存と加入の合計値、±: 標準偏差。
- 5) 1985年の対照区の値は、加入個体がないため既存個体のみを示した。

らの加入個体は、夏の高温と乾燥で枯死し、8月17日の調査ではどの試験区も加入個体は認められなかった。その後のOGの出芽は8月下旬からみられ、10月20日の調査時にはR1区では加入個体が多数みられたが、R2区ではR1区の約1/6の加入個体数であった。このときの加入個体の草丈はR1区31cm、R2区16cmであった。また、この時期にはOG以外の牧草の加入個体も観察された。R1区では m^2 当たりRT 307個体、TF 4個体、KBG 7個体、PRG 1個体、R2区では m^2 当たりRT 9個体が確認された。なお、対照区ではどの調査時期にも牧草の加入個体は認められなかった。

春期の利用制限処理をした翌年の1985年には、前年に出芽した加入OG個体は分けつが旺盛となり、また、肥大化したため、既存個体との個体判別が困難となった。そのため、表25には既存個体と加入個体の合計値で示した。しかし、既存個体は極めて少ないため、この値は、ほとんど加入個体とみなされる。この年におけるR1区の秋期の個体数は、5月の個体数に比べて減少したが、個体密度としては高い。これに対して、R2区ではR1区の個体に比べて弱小個体で冬を迎え、冬枯れのため5月の個体数は、前年秋期の個体数の1/50にまで激減した。さらに、夏から秋にかけてメヒシバが繁茂したため(図21)、10月下旬の m^2 当たり個体数はわずか1.5個体にまで減少した。

対照区の個体数は、他の2区に比べて明らかに少なく、5月および8月の調査時期とも数個体であったが、10月にはR2区

と同様メヒシバが著しく繁茂し（図21）、他の牧草類は被覆され、OGは調査固定方形枠内から消滅した。

なお、春期の利用制限処理後の翌春に、新たに自然下種した種子の出芽がみられるかを5月11日調査したところ、どの区も出芽個体は認められなかった。

春期の利用制限処理をした翌年（1985年）の秋期におけるOG個体密度は、R1区とR2区の試験区間に著しい差を示した。この原因は、前章で考察したように、春期の利用制限処理をした当年秋期（9月）の利用（放牧）の有無によるものである。すなわち、R2区では自然下種した種子から秋に出芽した個体は、メヒシバとの競争の結果、消失したか、または生存しても弱小で冬を迎え、越冬できない。その結果、翌春には個体数が激減した。それに対して、R1区では、春期の利用制限処理後の9月の放牧によりメヒシバは採食され、加入個体の生育にとってよい環境が備わったため翌年に高い密度を維持できたと考えられる。

R1区の春期の利用制限処理をした翌年（1985年）の秋期のOG個体密度は、西村ら⁵⁰⁾が示したOG草地の適正密度100個体/m²に比べ高い。吉田³⁷⁾は、草地の群落構造について論じ、一般的に、草丈が低くても高密度であれば、草丈の高い低密度群落より収量は常に高くなり、放牧草地はイネ科優占の短草—高密度型群落でなければならないとう。本試験の供試草地のように多種の雑草が存在する草地では、牧草の個体密度を高くし、雑草の繁茂を抑えることが、草地植生の

永続性を維持する要点である。本試験のR1区では、春期の利用制限処理前（5月）のOG個体密度が m^2 当たり4.9個体から、春期の利用制限処理をしたために、翌年の秋期には同約180個体にまで著しい密度の増加を示し、春期の利用制限処理が牧草の密度向上のための有効な方法であることが証明された。

供試草地における主要な草種の被度の推移を図21に示した。試験開始時の1984年5月11日の被度は、試験区間に大きな差がなかった。牧草ではOGとRTの被度が高く、次いでシロクローバであった。雑草ではウシハコベの被度が最も高く、次いでナズナ (*Capsella bursa-pastoris* Medic.)、タチイヌノフグリ (*Veronica arvensis* L.) であった。この時期の被度は、どの草種も40%以下で、裸地が目立った。

春期の利用制限処理後の秋期から翌年については、R1区はOGの加入個体数が多かったため（表25）、OGの被度が著しく高い値で推移し、他の植物種の被度は総じて低かった。これに対して、R2区および対照区では春期の利用制限処理後の10月20日にはメヒシバ、翌年には春にウシハコベ、夏にメヒシバ、秋にウシハコベなどの雑草の被度が高く、これら雑草に抑圧されたためOGとRTの被度は著しく低下した。また、シロクローバの被度は、1985年の8月に一時高くなったが、メヒシバの旺盛な伸長のため、秋には急激に低下した。

なお、1985年の9月から10月中旬にはR2区と対照区は、メ

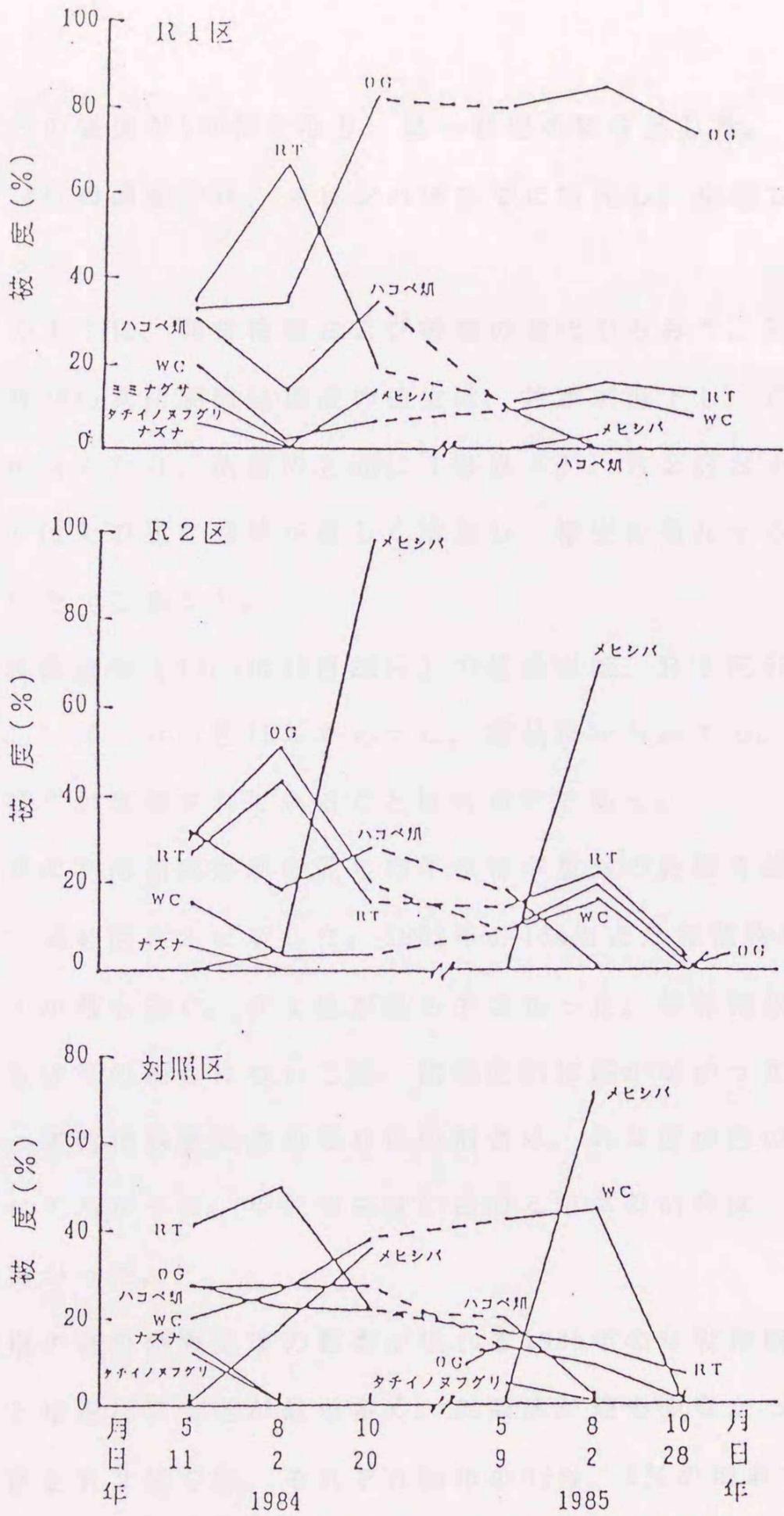


図21. 自然下種区と輪換放牧区における被度の推移 (栃木県湯津上村)
 注. R1区: 7月末まで休牧し、8月1~2日刈払い・搬出、9月上旬および10月下旬放牧。
 R2区: R1区の放牧期間のうち、9月に放牧せず、10月のみ放牧した。
 対照区: 通常の輪換放牧方式により放牧。
 OG: オーチャードグラス、RT: レッドトップ、WC: シロクロハ。

ヒシバの被度が100%となり、単一草地の観を呈した。その後、10月28日の調査では、メヒシバはすでに枯死し、出現していなかった。

このように、個体密度および被度の変化からみて、R1区では春期の利用制限処理後の植生は、雑草が低下し、OGの被度が高くなり、改善の方向に（写真4）、R2区および対照区ではその逆に雑草が著しく増加し、植生は悪化する傾向を示した（写真5）。

最終調査時（1985年10月28日）の植被率は、R1区98%、R2区37%、対照区19%であった。植被率からみても、R1区の植生が改善されていることは明らかである。

春期の利用制限処理の翌年の年乾物収量への影響を検討し、その結果を図22に示した。1984年の10a当たり年乾物収量は、対照区が最も多く、R1区が最も少なかった。年乾物収量に占める牧草の割合については、試験区間に差がなかった。しかし、年乾物収量に占めるOGの割合は、R2区が他の2区に比べて高かった。年乾物収量に占める雑草の割合は、どの区も高かった。

春期の利用制限処理の影響が現れる1985年の年乾物収量は、前年とは逆にR1区が最も多く、対照区が最も少なかった。R1区とR2区では、それぞれ前年の32%、5%の増収であったが、対照区では25%の減収であった。年乾物収量のうち、牧草の乾物収量は、R1区では前年の2.7倍の増収、R2区では同1.5倍の増収であったが、対照区では減収であった。年乾



写真4. R1区の春期の利用制限処理後の秋期の状態(11月)

〔自然下種による牧草個体密度が高く、雑草が少ない〕
良好な植生に改善された。
1984年11月撮影、栃木県湯津上村



写真5. 対照区の秋期の状態(11月)

〔牧草個体密度が低く、メヒシバ、ハコベ等の雑草が多くなり、
植生はさらに悪化した。〕
〔1984年11月撮影、栃木県湯津上村〕

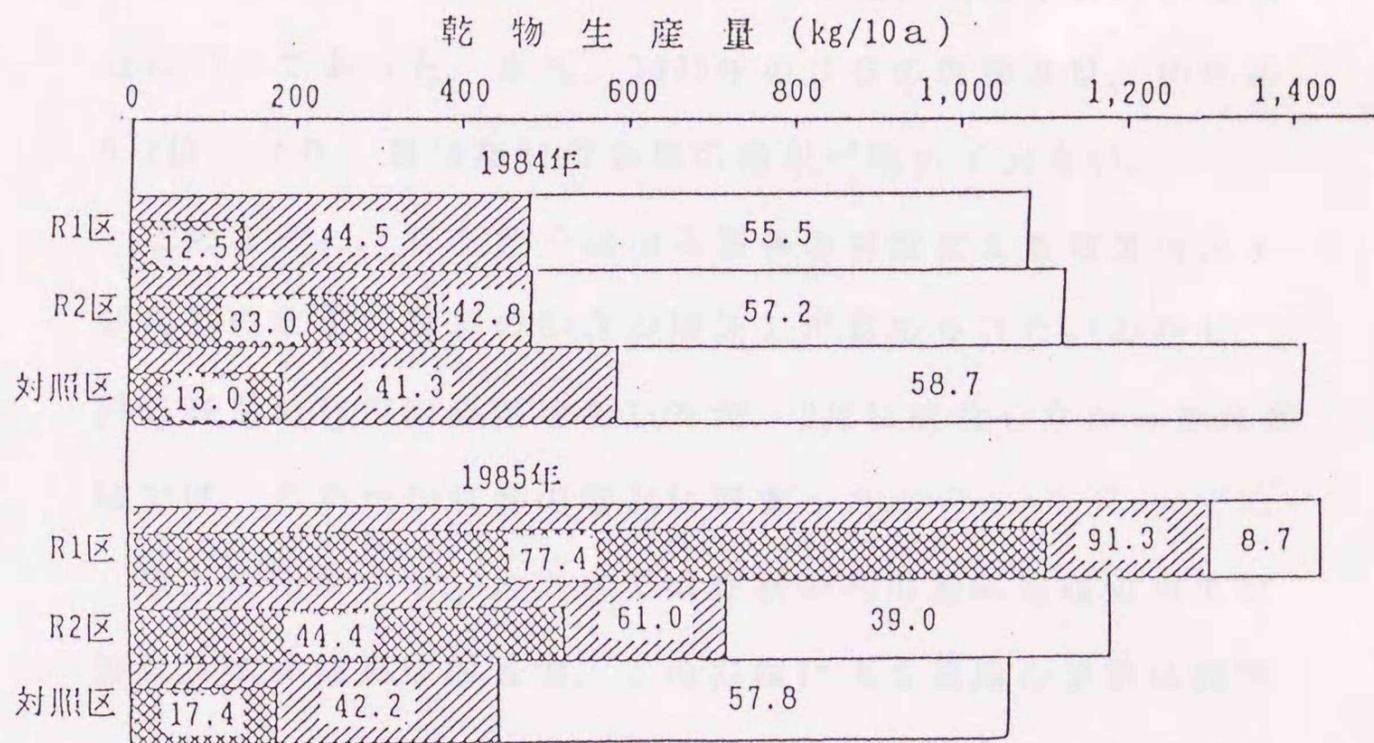
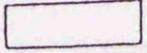


図 2 2 . 自然下種処理が年乾物収量および植物構成割合に及ぼす影響

注.  牧草  OG  雑草

R1区：7月末まで休牧し、8月1～2日刈払い・搬出、9月上旬および10月下旬放牧。

R2区：R1区の放牧期間のうち、9月に放牧せず、10月のみ放牧した。

対照区：通常の輪換放牧方式により放牧。

枠内の数字は、構成比率%を示す。

物収量に占める牧草収量の割合は、R1区では前年に比べて著しく高くなり、他の2区との間に顕著な差があった。R1区の牧草は、OGが大半を占め、その乾物収量中に占める割合は77%であった。また、1985年のOGの乾物重は、前年の8.2倍となり、春期無利用処理の効果が極めて大きい。

このように、R1区では加入個体の貢献による収量増および植生の改善（牧草の割合の増加）が認められた。しかし、同じ春期の利用制限処理をしたが、9月に放牧しなかったR2区では、わずかな収量の増加に留まった。

以上の結果から、R1区では春期の利用制限処理の植生改善に及ぼす効果は顕著で、この方法による草地の更新は成功したといえる（写真4）。この成功の原因は、R1区の春期の利用制限処理がこれまで第II章からV章で述べた自然下種法の効果をあげるための諸条件をよく満たしているためと考えられる。本試験では、春期無利用により、8月上旬までの自然下種量は10a当たり59kgで、うち7月まで無駄な出芽をした種子量を除くと、10a当たり約53kgが8月以降の出芽に関与した種子量と推定される。この量は、草地造成や追播時の播種量に比べて10数倍にもなり、十分な自然下種量が確保できた。さらに、春期無利用により、秋期に土壌水分、土壌硬度が加入個体の生育によい条件を備えたと思われる。また、その処理（春期の利用制限）により秋期に出芽した加入個体の生育にとって障害となる既存牧草の大半が枯死し、既存牧草との競争が緩和された。

第III章では、自然下種法の適性には草種間差があり、供試した草種のうちではOGとPRGが適草種であると述べた。本試験で自然下種法を適用した草地は、同法の適草種であるOGの優占する草地であった。

第IV章では、自然下種後の立毛草の利用時期と放牧利用性について検討し、利用時期は大半の種子が落下する7月中旬以降から自然下種種子の出芽と定着によい初秋前までの間とした。本試験での立毛草の利用時期は8月2日であり、第IV章で示した利用時期の条件を満たしていた。立毛草の放牧利用性については、本試験では立毛草を刈取り、搬出したので、その利用性が悪い場合に起こる自然下種種子の出芽や加入幼牧草の生育に対する遮光の害はなかった。

第V章の条件は、加入個体の定着性を高めるために、自然下種後の晩夏から初秋に刈取りまたは放牧により既存の植物の生長を抑える必要があり、さらに、その時期に施肥しなければならないことについて述べた。本試験では、R1区がその時期の放牧と施肥を行い、植生の改善に成功したが、その時期に放牧しなかったR2区では不成功であった。以上のようには、第II章からV章までの自然下種法の効果をあげるための条件を一つでも欠くと、自然下種法による植生の改善は期待できない。

春期の利用制限処理後、3年経過した1987年の春期のR1区と対照区には、歴然とした植生の違いがある(写真6)。



写真6. 春期の利用制限処理後3年経過した春期の状態

写真左：R1区、同右：対照区

R1区では牧草個体密度が高いが、対照区では、同密度が著しく低い。

1987年5月撮影、栃木県湯津上村

4. 摘要

牧草密度が低下し、雑草の侵入したOG-R T放牧草地に
実用規模で自然下種法を適用し、その有効性について検討し
た。

造成後、17年経過した混播草地に、①春期の利用を制限し、
自然下種させた後、8月上旬に刈取り、9月と10月に放牧する
R 1区、②R 1区の放牧期間の内、9月に放牧せず、10月のみ
放牧するR 2区、③慣行の輪換放牧をする対照区の3試験区
を設けた。春期の利用制限処理をした翌年には、いずれの区
も同一利用、すなわち、同じ時期に放牧した。

1) R 1区の10a当たり種子生産量は91kgで、8月以降の出
芽に関与した種子量は10a当たり約53kgと推定された。

2) 自然下種した種子の出芽が始まる8月、9月の土壌水分
は、R 1およびR 2区が対照区より高く、春期に利用を制限
した草地では秋期に自然下種種子が出芽と定着するための土
壌水分条件は良好であった。

3) R 1およびR 2区の土壌硬度は、対照区に比べ6月から
12月まで低く、春期の利用制限処理により土壌は膨軟となっ
た。

4) R 1およびR 2区における既存OGの春期(5月)から
秋期(10月)にかけての枯死率は、対照区に比べて著しく高
かった。

5) R 1区のOG個体密度は、春期の利用制限処理前(5月)
に比べて処理後の翌年秋期には顕著な増加を示した。

6) 春期の利用制限処理により、R1区ではOGの被度が著しく高くなり、雑草の被度が低下し、植生が改善された。R2区と対照区ではメヒシバの被度が高く、それが牧草を抑圧して、植生がさらに悪化した。

7) 春期の利用制限処理をした翌年の年乾物収量は、前年の収量に比べてR1区では顕著な増収、R2区では僅かな増収、対照区では減収であった。R1区では、他の2区に比べて年乾物収量に占める牧草収量の割合が春期の利用制限処理をした翌年に著しく高くなった。

8) 以上、自然下種法は、植生の改良にも、生産量の増加にも有効である。その理由については、自然下種量が多いこと、自然下種した種子の出芽・定着環境が良好であったことが考えられる。

第 VII 章 総合考察

近年、わが国の草地では単位面積当たり牧草収量の低下が問題となっている。この大きな理由として、経年化に伴う牧草個体密度の低下や草種構成の変化があげられている。その対策として、草地更新の積極的実施が各方面から要請されているところである。しかし、従来の完全耕起による更新法では多大の費用を要し、また更新年の飼料生産不足などから容易に更新の実施に踏込めない。そのために低費用で可及的速やかに生産性を回復させる簡易な更新技術の確立が急務とされている¹⁷⁾。

草地の簡易更新法には、更新対象草地に除草剤および肥料を散布した後、牧草種子を散播するごく簡易なものから、草地を带状に耕起する完全更新法に近いものまである。本研究で取上げた自然下種法は、除草剤散布や播種の作業を行わない、植物の種子繁殖活動を利用した生態的更新法で、最も低費用で、且つ省力的な簡易更新法である。

自然下種法の要点、利点および問題点について考察する。

1) 自然下種法の要点

自然下種法により草地を更新する場合、①更新しようとする草地の優占牧草が、自然下種法に適する草種であること、②通常の造成または更新の播種適期と同じ時期（関東以西では9月頃）に出芽可能な自然下種量が確保されていること、

③自然下種した種子の出芽条件を整え、出芽後の幼牧草の生育を促すような管理をすること、の3つの事項が重要な要点である。

(1) 自然下種法の適草種

本研究で供試した6草種のうちでは、自然下種した種子からの加入個体が乾物収量に貢献する割合が高い草種は、OGとPRGであった(第三章)。OGは、わが国において最も重要な基幹草種であり、したがって、自然下種法を草地更新に適用可能な草地は多いであろう。一方、暖地の重要な基幹草種の一つであるTFが主体の草地では、自然下種法による草地更新によって、生産性の回復は期待できない。その理由として次の3点が挙げられる。TFは、OGに比べて春期に無利用にしても生産種子粒数が少ない。また、種子の発芽特性でみると、梅雨時の穂発芽が多く、休眠が浅いため大部分の種子は盛夏前に出芽し、出芽した個体は夏の高温と乾燥条件下で枯死する。したがって、加入個体の定着によい初秋に出芽可能な種子数が少ない。

自然下種法の適草種の一つであるPRGは、盛夏前の出芽個体数が多く、秋期の出芽可能な種子数が少なくなる点についてはTFと同様であるが、出芽後の幼植物の生育がTFに比べて旺盛なため、出芽した個体は定着性がよく、その後の生育もまた旺盛であった。

本研究の供試草種の内、ほふく型の草種であるケンタッキ

ブルーグラス、スームズプロムグラスおよびレッドトップの3草種は、前記の叢状型草種に比べ、加入個体の乾物収量に対する貢献の割合が低く、自然下種法の適用は困難と思われる。その理由は、叢状型草種が春期の利用制限処理で既存個体が枯死したり、弱小化して、自然下種した種子に由来する加入個体が既存個体との競争面で、生存できる機会が与えられるのに対し、ほふく型草種は地下茎を有し、既存個体の生育が低下せず、加入個体が競争に勝てないためであろう。

OGは、自然下種法の適草種であったので、OGの品種間でその適性の差異を検討した。その結果、自然下種法の適用性に明確な品種間差は認められなかった。供試した3品種は、「ポトマック」と「アキミドリ」が早生、「S143」が晩生であった。早生種は晩生種に比べ生産種子数は多く、盛夏前に出芽個体がみられた。それに対し、晩生種は盛夏前には出芽せず、出芽と定着によい秋期にのみ出芽した。秋期の加入個体数は3品種の間で大きな差異がなかった。これらのことは、結局、秋期に出芽可能な種子粒数が品種間で大きな差がなかったことを示すものといえよう。

そのほか供試した草種以外については、イネ科牧草ではプレーリーグラス (*Bromus catharticus* Vahl)⁶¹⁾、一年生のウイメラライグラス (*Lolium rigidum* Gaud.)⁶¹⁾、マメ科牧草では一年生のスイートクローバ (*Melilotus alba* Desr.)⁴⁷⁾、アルファルファ (*Medicago sativa* L.)⁶⁵⁾に自然下種した種子からの加入個体が認められている。しかし、これら

の牧草種に関する報告は、いずれも加入個体による草地改善効果を量的に把握していない。これらの草種の優占する草地の簡易更新に自然下種法が適用可能か否かは、今後詳しく検討する必要がある。上記の草種のうちプレーリーグラスは、ニュージーランドでは重要な放牧草種で、家畜の嗜好性に優れ、周年を通して出穂がみられると言う⁴⁶⁾。この出穂の周年性は、自然下種した種子が出芽し、定着するのによい時期に出穂し、自然下種時期を制御することが可能で、自然下種法にとって有利な特性である。また、種子が大きいことから幼植物の生育が旺盛であることが予想され、自然下種法による草地更新の対象草種として有望であろう。

自然下種法には、ほふく型草種より叢状型草種が適し、叢状型草種の中ではOGとPRGが適することがわかった。この両草種に共通する特性は、春期を無利用にすると、種子粒数が多くなる点である。OGでは、休眠性があるために自然下種した種子の出芽と定着によい秋期に出芽可能な種子数が十分確保される。PRGでは、前述したように、盛夏前の出芽が多く、OGに比べて秋期の出芽可能種子数は減少するが、盛夏後に出芽した個体の生育が旺盛で、その生存率が高い。これら両草種にみられる特性が、自然下種法適性の条件であろう。

(2) 自然下種量の確保

春期の利用制限処理による自然下種は、梅雨時に始まる。

したがって、自然下種した種子は出芽するのに好条件である。出芽した個体は、盛夏時に高温および乾燥に遭遇し、死亡することが多い。自然下種法では自然下種した種子からの個体の定着によい秋期に出芽可能な種子数が確保されねばならない。その確保のためには、種子生産量が十分あるか休眠性が必要である。本研究では、春期の利用制限の程度が種子生産量に及ぼす影響を検討した。その結果、春期の慣行利用は、種子生産量が著しく低く、自然下種量を確保するには、春期に利用しないことが必要であることを明らかにした。春期に利用すると、夏期の利用後に既存個体の枯死数が少なく、加入個体に対する抑圧の緩和が期待できない。そのことと種子数が少ないことにより、加入個体の定着数は少なく、加入個体の収量に貢献する割合は小さい（第II章）。よって、自然下種法による草地更新は、種子量確保という意味ばかりでなく、既存個体の加入個体に対する抑圧の緩和の点からも春期は無利用が適切である。やむを得ず春期に利用しなければならない場合には、出穂茎数および種子量に対する影響の少ない幼穂形成期の2～5週後⁶³⁾までに利用を終了しなければならない。

一方、種子生産量を増加させるには窒素施肥が有効である^{3, 27, 28)}。施肥時期については、晩春の窒素施肥は出穂茎、1穂当たりの小穂を減少させる⁸⁴⁾ので、遅くとも早春までには施用すべきであろう¹²⁾。

(3) 自然下種後の草地管理

春期の利用を制限して生じた立毛草は、自然下種した種子からの幼牧草を遮光するため、その生育にとって妨げとなる。そのため立毛草を、放牧ないしは刈取り利用し、除去しなければならない。その利用時期は、OGの場合、散布種子数の経時的推移から推察して、自然下種がほぼ終了する7月中旬から出芽と定着適期前の8月下旬までであろう。

立毛草を採草利用する場合には、大部分の草は草地外に持ち出され、自然下種した種子の出芽と生育に障害とはならない。放牧利用の場合には、牛の立毛草の採食性が悪いと、多量の残草が加入個体を遮へいし、加入個体が生存できなくなることが危惧される。このことに関しては、当初立毛草は多量の茎葉の枯死部を含むため牛の採食性は悪いと考えられたが、予想に反して牛はよく立毛草を採食する(第IV章)。したがって、放牧利用の場合でも、立毛草の利用率が高いため、自然下種した種子の出芽と定着には支障とならない。立毛草を放牧利用する場合には、立毛草の栄養的価値(粗蛋白および粗脂肪含量が低く、可溶無窒素物と粗繊維含量が高い)から判断して、放牧牛は肉用繁殖牛を用いることが望ましい。立毛草の放牧利用は、草地造成時の蹄耕法の場合と同じように、牛の蹄の土壌攪乱と踏みつけにより、自然下種した種子が覆土されたり、土壌面とよく接触したり、種子の発芽環境に良い効果が期待できる利点を持っている。

第VI章の試験では、春期を無利用にすることにより既存牧

草の約70%が8月の利用後に枯死した。したがって、自然下種した種子からの加入幼牧草は、既存牧草による生育の抑圧の影響が少なかった。また、春期の利用制限により地表にはリターが蓄積し、それが加入個体の生育を阻害することが懸念される。しかし、第VI章の試験では多数の加入個体が生存し、生育も良好であったことから判断して、春期の利用制限により生ずるリターが加入個体の生育の阻害要因にはならないと思われる。立毛草の利用後は、裸地率が非常に高いため夏雑草のメヒシバが繁茂してくるので、放牧や刈取りにより雑草を抑圧する必要がある。第VI章において示したように、この時期に放牧しなかった処理区では加入個体の定着が悪かった。

また、その時期には自然下種した種子から加入個体の生育促進のために施肥も忘れてはならない。土壌中の可給態養分量として、出芽直後の幼牧草には窒素、リン酸、加里がともに必要だが、とくに幼根のリン酸吸収力が弱いため、土壌の表層に可給態のリン酸が十分高いことが必要である¹⁶⁾。この時期の窒素施肥は既存牧草が相当数残っている場合には、その生育を助長することになり、既存個体が加入個体の生育を妨げるとも考えられる。しかし、春期を無利用とすると、既存牧草の枯死率が高くなることから、施肥を控える必要はないと思われる。加入個体の定着後は、適宜放牧または刈取りし、既存牧草や雑草との競争を緩和させるように努めなければならない。

以上、自然下種後の草地管理は、春期に利用を制限して生

じた立毛草が自然下種による加入個体の定着に支障となるため、生産された種子量の大半が自然下種する7月中旬から、加入個体の定着の適期前の8月下旬までに放牧ないしは刈取り利用されなければならない。また、加入個体の定着率を上げるためには、加入個体の出芽時期に施肥する必要があり、定着した加入個体の生育を促すために、秋期に適宜放牧または刈取りを行い、既存牧草や雑草との競争を緩和させるように努めることが肝要である。

2) 自然下種法の利点

自然下種法の利点は次の5点に集約できる。第一に省力で、且つ低費用で草地を更新できることにある。第二には、地表の強い攪乱処理を行わないため、水蝕、風蝕等の浸蝕の害が起きにくい。第三には、機械の導入が不可能な急傾斜草地や礫が多い草地でも適用が可能である。第四には、完全更新法にみられるような耕耘による雑草種子の拡散の危険性がない。第五には、更新した年の飼料生産が完全更新法に比べて、それほど低下しない（完全更新法では、更新した年には利用できず、利用は翌春からである）。

上記の自然下種法の利点について、また、自然下種した種子の出芽と定着環境の利点について、同じ簡易更新法の一つである不耕起法と対比させて考察する。

第一から五までの利点の内、両更新法に共通する利点は、第二、四および五であるので、第一と第三の利点について考

察する。

第一の利点については、不耕起法は更新時に除草剤の散布および牧草種子の追播を行うため、それらに要する除草剤および種子の購入費、機械費、労力等の多額の費用が必要である。自然下種法では、それらの費用は大幅に軽減される。第三の利点については、不耕起法は更新の過程で除草剤の散布や種子の追播作業が入り、それら作業には機械力に頼らざるを得ず、機械の導入が困難な草地には適用できない。自然下種法では、それらの作業を行わずに更新できる。

次に、自然下種した種子（自然下種法）および追播した種子（不耕起法）の出芽と定着環境について生態的条件から両更新法を比較する。

自然下種種子または追播された種子の出芽と定着に重要な役割を果たす晩夏から初秋における草地の土壤水分は、自然下種法が不耕起法より高かった（第VI章）。土壤の物理性については、自然下種法の場合、ある期間休牧するために土壤は膨軟になり、粗孔隙が増加して通気性が良好になる⁵⁶⁾が、不耕起法の場合には、更新前の放牧や機械の踏圧のために土壤の物理性の改善は期待できない。

既存牧草と加入した幼牧草との間には、光、土壤水分、土壤中の可給態養分量などの競争がみられる。その競争関係では、既存牧草が幼牧草に対して絶対的優位に立つ。また、植物の多くは他感作用がある^{33, 68)}といわれ、種子の出芽および幼牧草の生長にとって阻害要因となることも予想される。

したがって、自然下種法の場合には春期利用制限処理により既存牧草の大半が枯死するため、競争関係および他感作用が軽減され好都合である。不耕起法の場合には、何らかの処理により既存牧草の生育を抑圧しないかぎり、更新の成功は困難であろう。そのため、通常不耕起法では除草剤を使用して既存牧草を抑圧する。さらに、自然下種法では、春期から夏期までの休牧期間中に牧草は出穂し、その間約2箇月草地は草丈が高くなった牧草で被覆される。そのために、晩春頃から出芽を始めるイヌビエ (*Echinochloa crusgalli* Beauv.)、メヒシバ、エノコログサ (*Setaria viridis* Beauv.) などの夏雑草は遮光され、その生育が抑制されるか場合によっては死滅する。そのことも自然下種法の利点である。

3) 自然下種法の問題点

通常、牧草地は、家畜の栄養価と草量を考慮し、造成時に4~5種の牧草が混播されるが、経年に伴いその中の一部の草種が優占し、植生が単純化する。この経年の過程で、雑草が侵入したり、叢状型の牧草は株化し、生産が低下する。このような草地を自然下種法で更新すると、そこに現存する牧草の個体密度を高め、生産力を向上させることはできるが、造成時の草種構成には復元できない。自然下種法のこのような欠点を補うには、自然下種した種子が出芽し始める前に導入希望草種を追播するか、あるいは、造成時の草種構成が維持されている段階で自然下種法を適用することであろう。

自然下種法は、これまで考察してきたように必ずしもどの草種にも適用可能ではなかった。休眠が浅い草種においては、梅雨時の降雨量が多く、あるいは降雨期間が長い場合、同時期に自然下種した種子の大部分は出芽し、その出芽個体は盛夏時に枯死し、定着と生育環境によい秋期に十分な加入個体が確保できない。すなわち、休眠の浅い草種においては、加入個体の定着が気象要因に大きく左右される。この不安定性を解消し、自然下種法をより確実にするには、休眠性をもつ品種の育成あるいは、自然下種後の手順の改良を検討する必要がある。さらに、PRGのように初期生育が旺盛で、定着性の高い特性を持つ草種を選定したり、育種することも重要な事項である。しかし、以上の問題点については、全く検討されておらず、今後の研究に待たねばならない。

総合摘要

草地の経年に伴う生産力の低下は、草地更新により回復を計る必要がある。従来から行われてきた完全更新法は、費用が高くつく、更新時に一定期間草地の利用ができない、わが国のように雨量が多いところでは土壌保全上危険性が高い、さらに、起伏に富む複雑地形には適用し難いなど欠点をもつ。完全更新法のこれらの欠点を補う新しい簡易更新技術として、自然下種法を開発した。自然下種法は、結実した種子が自然下種し、出芽し、定着すると云った植物がもつ繁殖能力を利用し、草地の植生および生産力を維持あるいは回復させる生態的更新法である。

自然下種法の生態学的基礎を明らかにするとともに、適用する上での諸問題を検討し、実際に荒廃草地の更新に、自然下種法を応用し、自然下種法の更新技術としての有効性を実証することを目的とした。

結果は、以下のように要約される。

1. 自然下種法の草地更新技術としての可能性を検討した。4年間の春期無利用処理では、慣行利用処理に比べて加入個体（自然下種種子から出芽した個体）が多数認められ、裸地率が最も低く、多収であった。

自然下種法における春期の利用制限程度を検討した。春期無利用処理が春期1回利用処理に比べて種子生産量、8月の自

然下種量、加入個体数および乾物収量が多かった。

これらから、春期無利用による自然下種法が、草地の更新法として適切と認められた。

2. 主要な寒地型牧草6草種について、自然下種法適性の草種間の差異を検討した。出芽した加入個体を早期に除去する除去区と除去しない標準区を設け、標準区と除去区の差を加入個体の貢献とみなし、自然下種法適性の判定とした。乾物収量における加入個体の貢献割合は、叢状型草種がほふく型草種に比べて高く、叢状型草種ではペレニアルライグラスとオーチャードグラスが高かった。

わが国の草地の基幹草種であるオーチャードグラスとトールフェスクの自然下種法適性を種子の出芽特性の面から検討した。トールフェスクは種子休眠が浅く、7月末までに水分条件を整えば大部分の種子が出芽し、出芽と定着によい9月以降の時期に出芽可能な種子数が減少した。一方、オーチャードグラスでは、休眠があるため7月末までの出芽種子数が少なく、9月以降の出芽可能な種子数が多かった。

草地の基幹草種であり、自然下種法適性の高いオーチャードグラスの品種について、その適性の品種間差異を検討したが、大きな差はなかった。

3. 自然下種法では、加入個体の定着を助けるために、春期の利用を制限して生じた立毛草を放牧または刈取りにより利

用しなければならない。その利用方法と利用時期について、オーチャードグラス優占の草地で検討した。

春期の利用制限期間中に収穫し、結実し、自然下種した後に残った立毛草で覆われた草地は、枯草量が多いにもかかわらず、輪換放牧草地に比べ放牧利用率では勝った。しかし、牛の増体量は逆に劣った。したがって、春期の利用を制限して生じた立毛草は、肉用繁殖牛の放牧利用が適切と思われた。

立毛草の利用開始時期は、種子の散布が終了する7月中旬以降が、利用の終了時期は、自然下種した種子の出芽と定着の時期である晩夏から初秋前までが適切と思われる。

4. 秋期に出芽し、加入した幼牧草の定着性を高め、その生育を促進させる利用管理を秋期の施肥量と刈取り頻度の面から検討した。加入個体の加入年の晩秋の生育は、多肥の多回刈区で、他の区に比べて良好であった。翌年の収量における加入個体の貢献程度においても、多肥の多回刈区が最も高く、他の区においては、極めて低かった。このことは、加入個体の定着性を高め、生育を促進させるには、自然下種した種子の出芽時（秋期）に相当量の施肥を必要とし、さらに、秋期の頻繁な刈取り（または放牧）により、既存個体の生育を抑圧する必要がある。

5. 本研究で明らかにした自然下種法の手順を牧草密度が低下し、雑草の侵入した放牧草地へ適用し、種々の面からその

有効性を検討した。

春期の利用制限により、十分な自然下種量が確保でき、加入個体の出芽が始まる初秋の土壌は膨軟となり、土壌水分は十分であった。また、オーチャードグラスの被度が高くなり、雑草の被度は逆に低下し、翌年の増収効果が顕著であった。

6. 自然下種法の要点は、更新対象草地の優占牧草が自然下種法の適草種であること、出芽適期に十分な自然下種量が確保されていること、自然下種後に出芽した幼牧草の生育を促進する管理をすることである。

自然下種法は、生産力の低下した草地の植生を極めて省力的に、且つ低費用で回復させることが可能で、今後の草地畜産経営に寄与するところが大きいであろう。

引 用 文 献

- 1) Arnott, R.A. (1969): The effect of seed weight and depth of sowing on the emergence and early seedling growth of perennial ryegrass (Lolium perenne). J. Br. Grassl. Soc. 24, 104-110.
- 2) Chapman, D.F., B.D. Campbell and P.S. Harris (1985): Establishment of ryegrass, cocksfoot and white clover by oversowing in hill country. 1. Seedling survival and development and fate of sown seed. N.Z.J. Agric. Res. 177-189.
- 3) Davies, J. and G.H.A. Edwards (1958): The influence of nitrogen on the yield of a cocksfoot seed crop. J. Br. Grassl. Soc. 8; 261-266.
- 4) Decker, A.M. and T.H. Taylor (1985): In Forages: the science of grassland agriculture [edited by Heath, M.E., Barnes, R.F., Metcalfe, D.S.]. Ames, Iowa, U.S.A., Iowa State Univ. 288-297.
- 5) Dowling, P.M. and A.R. Gilmour (1983): Influence of grazing and herbicide before sowing on establishment and survival of surface-sown pasture species on the Northern Tablelands of New South Wales. Aust. J. Exp. Anim. Husb. 23, 146-153.

- 6) Elliott, J.G. and N.R.W. Squires (1974): New opportunities in the establishment of grass and forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.* 29, 253-259.
- 7) Evans, J.K. (1980): Improving pastures through renovation. In new developments in forages. Proceedings of the 1980 forage and grassland conference, Bluegrass Convention Center, Louisville, Kentucky, 11-13.
- 8) Gramshaw, D. and W.R. Stern (1977): Survival of annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaud.) in a Mediterranean type environment. 1. Effect of summer grazing by sheep on seed number and seed germination in autumn. *Aust. J. Agric. Res.* 28, 81-91.
- 9) Green, J.O. and T.A. Evans (1956): Manuring and grazing for seed production in S.37 cocksfoot and S.215 meadow fescue. *J. Br. Grassl. Soc.* 11, 165-173.
- 10) Greenhalgh, J.F.D., G.W. Reid, J.N. Aitken and E. Florence (1966): The effects of grazing intensity on herbage consumption and animal production. 1. Short-term effects in strip-grazed dairy cows. *J. Agric. Sci., Camb.* 67, 13-23.
- 11) Haggard, R.J. and N.R.W. Squires (1979): The scientific manipulation of sward constituents in

- grassland by herbicides and one-pass seeding.
Proc. Br. Grassl. Soc. Occ. Symp. 10, 223-234.
- 12) Hebblethwaite, P.D. and J.D. Ivins (1978): Nitrogen studies in *Lolium perenne* grown for seed.
II. Timing of nitrogen application. J. Br. Grassl. Soc. 33, 159-166.
- 13) Hill, M.J. and B.R. Watkin (1975): Seed production studies on perennial ryegrass, timothy and prairie grass. 1. Effect of tiller age on tiller survival, ear emergence and seedhead components. J. Br. Grassl. Soc. 30, 63-71.
- 14) 早川嘉彦・近藤 照 (1987): 地下茎イネ科草種優占草地の簡易更新に関する研究 1. 更新前優占地下茎イネ科草種の抑圧法 日草誌 33, 264-270.
- 15) ———— (1987): 地下茎イネ科草種優占草地の簡易更新に関する研究 2. 草地更新時の前植生抑圧のためのグリホサート除草剤の散布時期と散布量 日草誌 33, 271-308.
- 16) 平島利昭 (1982): 北海道の牧草栽培技術, 農業技術普及協会, 北海道 p 67.
- 17) ———— (1985): 草地の更新技術研究会 —とく—に簡易更新について— 草地誌 No. 60-2 資料, 1-3.

- 18) 星野正生・守屋直助・金武フミエ (1957) : Orchard grass の採種とくに分けつとの関係に関する研究. 草地研究会誌 2, 43-48.
- 19) 伊藤巖 (1972) : 積雪寒冷地帯の永年放牧地に関する研究. 北農試研報 103, 77-158.
- 20) Jardine, J.J. and M. Anderson (1919) : Range Management on the National Forests. U.S. Dept. of Agr.; Bulletin No. 790.
- 21) 北原徳久・高橋佳孝・小野 茂・余田康郎・河野道治 (1980) : 暖地における寒地型牧草地の放牧利用法に関する研究 (第6報) 春期の利用抑制がイネ科牧草の登熟並びに自然下種に及ぼす影響. 近畿中国農研 60, 37-41
- 22) ————・—————・余田康郎・小野 茂・河野道治 (1981) : 暖地における寒地型牧草地の放牧利用法に関する研究 (第8報) 連年休牧処理を加えた草地のその後の生産性と利用性, 近畿中国農研 62, 46-50.
- 23) ————・小野茂・余田康郎・高橋佳孝・松本聡・原田文明・河野道治 (1982) : 夏期用待期放牧草地における植生並びに牧養力の変化. 中国農試報 B 26, 43-67.
- 24) ———— (1985) : 草地の更新技術研究会 - とくに簡易更新について - 草地試 No. 60-2 資料, 21-33.

- 25) Kothmann, M.M., G.W. Mathis and W.J. Waldrip (1971):
Cow-calf response to stocking rates and grazing systems on native range. J. Range Manage. 24, 100-105.
- 26) Kothmann, M.M. and G.W. Mathis (1974): Calf production from ten management systems. Proc., Western Section, American Society of Animal Science 25, 185-188.
- 27) Klebesadel, L.J. (1970): Effect of nitrogen on heading and on other components of bromegrass seed yield in the subarctic. Crop Sci. 10, 639-642.
- 28) Kroth, E.R., L. Mattas and A. Matches (1977): Maximizing production potential of tall fescue. Agron. J. 69, 319-322.
- 29) Kunelius, H.T., W. Harris, J.D. Henderson and C.J. Baker (1982): Comparison of tillage methods on red clover and ryegrass establishment and production under grazing in the establishment year. N.Z.J. Exp. Agric. 10, 253-263.
- 30) Langer, R.H.M. (1990): Pastures. Oxford University Press, Auckland, 135.
- 31) Lewis, J. (1969): Fertile tiller production and seed yield in meadow fescue (Festuca pratensis)

- L.) 3. Date of spring defoliation and nitrogen application. J. Br. Grassl. Soc. 24, 50-58.
- 32) Luu, K.T., A.G. Matches and E.J. Peters (1982): Allelopathic effects of tall fescue on birdsfoot trefoil as influenced by N fertilization and seasonal changes. Agron. J. 74, 805-808.
- 33) Macfarlane, M.J., D. Scott and P. Jarvis (1982): Allelopathic effects of white clover. 1. Germination and chemical bioassay. N.Z.J. Agric. Res. 25, 503-510.
- 34) _____ . _____ and _____ (1982): Allelopathic effects of white clover. 2. Field investigation in tussock grasslands. N.Z.J. Agric. Res. 25, 511-518.
- 35) MacLusky, D.S. (1960): Some estimate of the areas of pasture fouled by the excreta of dairy cows. J. Br. Grassl. Soc. 15, 181-188.
- 36) Merrill, Leo B. (1954): A variation of deferred rotation grazing for use under southwest range condition. J. Range Manage. 7, 1-5.
- 37) 丸山純孝・福永和男・石川順二・西部潤・及川博・佐藤文俊 (1981): 人工草地における各種植生攪乱が牧草の追播、定着に及ぼす影響. (2) 化学薬品を用いる方法. 北海道草地研究会報 15, 103-107.

- 38) 三田村強・須山哲男・村里正八 (1988) : オーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) 優占草地に不耕起で播種したペレニアルライグラス (*Lolium perenne* L.) とケンタッキーブルーグラス (*Poa pratensis* L.) の定着に及ぼすペレット肥料の効果. 日草誌 34, 92-99.
- 39) 三井計夫監修 (1975) : 飼料作物・草地ハンドブック. 養賢堂. 東京, P424.
- 40) 三井豊穂・平野孝雄・嶋村匡俊・高畑滋 (1964) : 牧草地の更新法に関する研究. 日草誌 9, 130.
- 41) 三股正年・高野信雄 (1956) : 低位生産草地の更新に関する研究 (第1報). 日本草地研究会誌 No. 3, 4 (合併号), 12-19.
- 42) ———— . ———— (1970) : 自然草地の改良と牧養力の向上に関する研究. 北農試報告 77, 1-144.
- 43) 名田陽一・高橋 俊 (1988) : 不耕起追播による寒地型草地の改良 I. 追播のための適草種の選定及びそれら草種の放牧条件下での定着. 日草誌 33, 356-362.
- 44) ———— . ———— . 佐藤康夫 (1988) : 不耕起追播による寒地型草地の改良 II. アカクローバ (*Trifolium pratense* L.) 追播のための除草剤による前植生の抑圧. 日草誌 33, 363-370

- 45) 中村俊一郎 (1959) : 禾本科牧草種子の特性. - 特にその休眠について - 畜産の研究 13, 1469-1473.
- 46) New Zealand Agricultural Merchant's Federation (1982): 'Grasslands Pasture cultivars from New Zealand' Wellington.
- 47) Nichols, J.T. and J.R. Johnson (1969): Range productivity as influenced biennial sweetclover in Western South Dakota. J. Range Manage. 22, 342-347.
- 48) 日本草地協会 (1978) : 草地開発事業計画設計基準. 日本草地協会. 東京, PP.414.
- 49) ————— (1978) : 草地開発事業計画設計基準 日本草地協会. 東京, PP.416.
- 50) 西村 格・新田一彦 (1974) : 草地の生産力に及ぼす個体密度の影響. 第2報 刈取頻度を異にするオーチャードグラス草地の乾物収量に及ぼす個体密度の影響. 日草誌 20, 43-53.
- 51) 農林水産技術会議事務局 (1986) : 飼料作物の品種解説, 42-45.
- 52) 農林水産省畜産局自給飼料課 (1986) : 飼料作物関係飼料. 54-55.
- 53) 農林水産省統計情報部 (1989) : 昭和63年産作物統計. 農林水産統計報告元 - 47, PP.3.

- 54) Norman, M. J. T. and J. O. Green (1958): The local influence of cattle dung and urine upon the yield and botanical composition of permanent pasture. *J. Br. Grassl. Soc.* 13, 39-45.
- 55) 落合昭吾・山田和明・笹村正・大田繁 (1982): 高冷傾斜地における不耕起放牧草地の草生回復に関する研究. 第2報 天然下種法による草生回復. 岩手県畜試研報 11, 33-42.
- 56) 小川恭男・三田村強 (1981): 永年草地の休牧に関する研究. I. 休牧が土壌の物理性に及ぼす影響. *日草誌* 26, 377-383.
- 57) ———— (1981): 永年草地の休牧に関する研究. II. 休牧が大形ミミズ類とコガネムシ科の幼虫の個体数に及ぼす影響. *日草誌* 26, 384-389.
- 58) 折田正義・白石太郎 (1982): 不耕起造成草地の更新技術 新技術 - 近畿中国地域における - 近畿中国地域技術連絡会議事務局, 86-96.
- 59) Peters, E. J. (1968): Toxicity of tall fescue to rape and birdsfoot trefoil seeds and seedlings. *Crop Sci.* 8, 650-653.
- 60) ———— and A. H. B. Mohammed Zam (1981): Allelopathic effects of tall fescue genotypes. *Agron. J.* 73, 56-58.

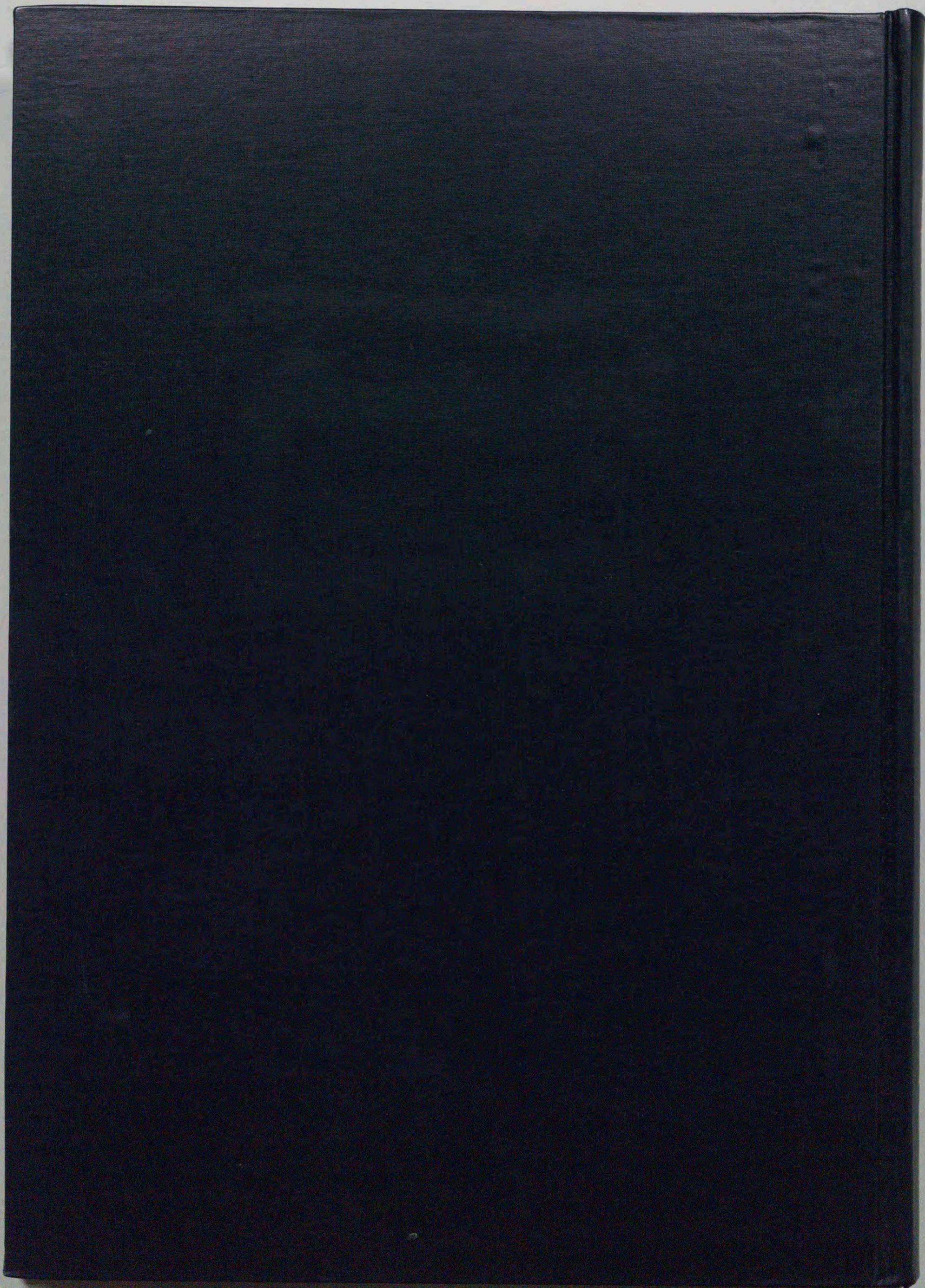
- 61) Pineiro, J. and W. Harris (1978): Performance of mixtures of ryegrass cultivars and prairie grass with red clover cultivars under two grazing frequencies. II. Shoot populations and natural re-seeding of prairie grass. N.Z.J. Agric. Res. 21, 665-673.
- 62) Roberts, H.M. (1959): The effect of defoliation on the seed-producing capacity of bred strains of grasses. 2. Cocksfoot. J. Br. Grassl. Soc. 14, 58-64.
- 63) ————— (1965): The effect of defoliation on the seed-producing capacity of bred varieties of grasses. III. Varieties of perennial ryegrass, cocksfoot, meadow fescue and timothy. J. Br. Grassl. Soc. 20, 283-289.
- 64) Robinson, G.S. and M.W. Cross (1960): Improvement of some New Zealand grassland by oversowing and overdrilling. Proc. 8th. Int. Grassl. Cong. 402-406.
- 65) Rumbaugh, M.D. (1982): Reseeding by eight alfalfa populations in a semiarid pasture. J. Range Manage. 35, 84-86.
- 66) Sampson, A.W. (1952): Range management principles and practices. John Wiley & Sons, New York.

- 67) 佐藤拓次郎・松野正・及川憲 (1964) : 荒廃草地の更新に関する研究 (第1報). 日草誌 9 (2) PP. 129.
- 68) Scott, D.(1975): Allelopathic interactions of resident tussock grassland species on germination of oversown seed. N.Z.J. Exp. Agric. 3, 135-141.
- 69) 関塚清蔵・宝示戸貞雄 (1958) : 牧草類の穂発芽及び莢発芽について. 畜産の研究 12, 679-680.
- 70) —— (1962) : 牧草ライグラス類の採種に関する研究 [1]. 畜産の研究 16, 13-16.
- 71) 渋谷功・山田豊一・広田秀憲・伊東睦泰 (1979) : 草地群落における競争の変遷に関する研究. I. 競争初発因子としての種子の大きさと出芽の遅速. 日草誌 24, 259-269.
- 72) 清水矩宏・村田孝雄 (1981) : 寒地型イネ科牧草の初期生育における属・種間差異. 草地試研報 19, 27-40.
- 73) Smith, E.M., T.H. Taglor, J.H. Casada and C.W. Templeton (1973): Experimental grassland renovator. Agron. J. 65, 506-508.
- 74) Squires, N.R.W., R.J. Haggan and J.G. Elliott (1979): A one-pass seeder for introducing grasses, legumes and Fodder Crops into Swards. J. agric.

Engng Res. 24, 199-208.

- 75) 田島 亘・大迫元雄 (1935) : 待期放牧による牧野の草生改良. 林試彙報 38, 1-20.
- 76) 高橋 俊・名田陽一 (1988) : 不耕起追播による寒地型草地の改良. III. 追播したアカクローバ (*Trifolium pratense* L.) の定着に及ぼす窒素施用量及び刈取りの影響. 日草誌 34, 85-91.
- 77) 高橋佳孝・大谷一郎・魚住 順・余田康郎・五十嵐良造 (1988) : 草地におけるアレロパシーの解明とその評価に関する研究. I. 根からのちゅう浸出物が同種または異種の牧草の生育に及ぼす影響. 日草誌 33, 338-344.
- 78) 竹田芳彦・蒔田秀夫・田辺安一 (1983) : レッドトップが侵入したチモシー主体草地の植生改善に及ぼすパラコートと播種床造成法の影響. 新得畜試研究報告 13, 11-18.
- 79) ———・寒河江洋一郎・山崎昶・蒔田秀夫 (1989) : チモシー (*Phleum pratense* L.) 優占草地へのアカクローバ (*Trifolium pratense* L.) 追播. I. パラコートによるチモシーの再生抑制と簡易な播種床処理法. 日草誌 35, 212-219.
- 80) 田崎忠良・田口亮平 (1968) : 実験植物生理 生態学実習. 養賢堂. 東京, 35.

- 81) 手島道明 (1986) : 草地・自給飼料技術問題検討会
資料, 畜産局自給飼料課, p 62.
- 82) Van Keuren(1970): Symposium on pasture methods
for maximum production in beef cattle: Pasture
methods for maximizing beef cattle production in
Ohio. J. Anim. Sci. 30, 138-142.
- 83) Voison, A.(1961): Grass productivity, Crosby
Lockwood & Son, London.
- 84) Watson, C.E.Jr. and V.H.Watson(1982): Nitrogen
and date of defoliation effects on seed yield
and seed quality of tall fescue. Agron. J. 74,
891-893.
- 85) Wheeler, G.L. and J.F.Young(1979): The allelo-
pathic effect of fescue on loblolly pine seed-
ling growth. Arkansas Farm Research 28, 6.
- 86) Wiese, A.F.(1983): In No-tillage crop production
in the tropics [edited by Akobundu, I.D.; Deutsch,
A.E.] Corvallis, USA; Oregon State University,
7-24.
- 87) 吉田重治 (1976) : 草地の生態と生産技術. 養賢
堂. 東京, 132-176.
- 88) 吉村義則・北原徳久・鈴木慎二郎 (1987) : 土壌の
乾燥密度と牧草根の初期伸長. 日草誌 33 (別号),
132-133.



Inches 1 2 3 4 5 6 7 8
cm 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

Kodak Color Control Patches

© Kodak, 2007 TM: Kodak



Kodak Gray Scale



© Kodak, 2007 TM: Kodak

A 1 2 3 4 5 6 **M** 8 9 10 11 12 13 14 15 **B** 17 18 19

