

氏 名 (本籍)	にし 西	むら 村	のぼる 格 (埼玉県)
学位の種類	農	学	博 士
学位記番号	農	第	5 7 号
学位授与年月日	昭和 4 7 年 3 月 9 日		
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当		
最終学歴	昭和 3 2 年 3 月 東北大学農学部卒業		
学位論文題目	草地生産に關与する適正密度と個体 密度減少に關する研究		
論文審査委員	(主 査) 教授 吉 田 重 治	教授 松 本 達 郎	教授 輪 田 潔

論文内容要旨

緒言

草地の生産は、一般作物と異なり年間数回の利用を行ないながら、しかも長年月にわたつて同一草地を利用していく点に特徴があり、草地を人工的に造成した場合、生産性は年月の経過とともに低下していく事例が数多く報告されている。

この生産性の低下に対する解析は、従来土壌の理化学性の変化あるいはRoot matの形成等、主として地下部要因について検討がなされて来た。しかし基本的には利用条件や管理条件によつて草地生態系の植生構造に変化をもたらし、その機能を変え、結局草地生産性を低下させるのであるから、各種植生構造的要素の変動を防ぎ、機能を維持することが草地の利用上、管理上最も重要なことになる。

そこで、多くの構造的要素のうち草地生産に直接的につながるとされている密度構造に着目し、採草用草地を対象として、最も高い生産をもたらす適正密度の存在を明らかにし、さらに適正密度を維持していくために必要な個体密度減少の要因の解析を行なつた。

1. オーチャードグラス草地の乾物生産に対する適正密度

草地の乾物生産と密度との関係は、刈取りの場合、植物体が十分に生長した段階では、ある個体密度以上になると、密度に無関係に収量が一定になるという最終収量一定の法則どおり、刈取つた場合にも特定の密度までは密度が高いほど多収となる。いま最高収量を得るために必要最少限の個体密度を、ここでは適正密度と定義し、牧草の生育ステージに応じて刈取時期をずらしてみると、最高収量をうる必要最少限の個体密度は生育ステージによつて異なることが判明し、生育ステージの早い時期においては44個体/m²、また生育ステージの晚い時期においては178個体/m²が最高収量をあげるための適正密度であつた。

また、年間を通じた生産に対する適正密度を求めると、刈取回数を年3回と6回にしてみた時に、ともに100個体/m²であつたが(第1図)、2年目には収量が減少し、44個体/m²がその収量をうる必要最少限の密度となつた。この原因は高密度区ほど枯死個体が多発し、400個体/m²区の如きはその65%を減じ(第2図)、総体的に収量を減じたことにもとづき、44個体/m²という低密度でも第2年目における最高収量をあげたのである。したがつて生産維持のためには100個体/m²という適正密度を保持することが重要な課題であるといえるが、他方生産を高めるためには必ずしも必要以上に高密度にしない方がよいことも明らかにされた。

一般に高密度区ほど面積当り茎数(茎数密度)、葉面積指数(LAI)等は大きい値を持つが、高密度にすると草丈が伸長せず、生産構造が悪化する時期(第3図)があり、その時期の純同化率

(NAR)、相対生長率(RGR)、収量生長速度(CGR)等の生産効率は著しく低下して生産が伸びず、最終的には高密度よりも中位の個体密度で最高収量をあげる結果をもたらすのである。

この関係をLAIに対応したNAR、CGRの関係として整理すると(第4図)、同じLAIに対応するNARは、一般に高密度区において低く、NARとLAIの積で示されるCGRは中位の密度区が高くなる。そこで、乾物生産量の理論値であるCGRの積分値(第1表)を求めると、個体密度中位の44~178個体/m²の場合に最高値を示し、実験結果とよく一致し、利用条件に応じた適正密度が存在することが裏付けられた。

2. 草地の草種構成の変化をもたらす環境要因

草地の草種構成は利用過程において常に変化する現象がみられるが、これは衰退したり、死滅する個体が存在することにもとづくが、草種構成が変化することは当然草地生産に影響を与える。この草種構成の変化は草種の特性の差に主たる原因があり、環境条件はその優劣の差を拡大する要因となる。ここでは環境条件のうち特に重要と思われる光、養分、土壌水分などの変化による草種構成の変動について検討した。

草丈の低い草種は、地上部の相互遮蔽によつて光条件に対する競争において不利な生育条件を強いられ、劣勢草種となつた。

地下部の養分吸収の競争は、地上部の相互遮蔽の影響に相乗的に作用して、草種間の生育差を拡大した。

土壌水分に対する適応性は草種によつて異なり、草種構成を変化させる要因となることが明らかになつた。

3. 遺伝的形質の差異が草地生産ならびに個体密度におよぼす影響

主要牧草は自家不ねん性植物が多いため、通常同一草種内にあつても遺伝的形質に差異のある個体が多数混在するから、それらが混在する同一品種個体群において、その変異性が個体生育の優劣にどのように影響し、あるいは枯死個体を生ずるかということを検討した。

オーチャードグラスの場合、草丈が低い多茎性の個体は、混植条件下ではその本来の特色を発揮出来なかつた。これは主として草丈が低いために、草丈の高い個体の遮蔽を受けることによつて個体生育が抑制されるとともに、受光量の低下が分けて発生を抑制し、刈取り後の再生をも不良にしたことに基因する。

単植条件に比較して、混植条件は群内個体の生育量の差を拡大する方向に働いていることが示され、優勢個体群は混植条件下では、個体収量頻度分布は正規分布し、その変動係数も比較的小

さいが、劣勢個体群は枯死個体の発生（第2表）、あるいは個体の微小化が目立ち個体収量の変動係数が増大し（第3表）、個体収量分布はL型化してくる（第5図）。

アカローパーでも、草型と品種の早晩生とは密接な関係があり、晩生品種は播種当年ロゼット状で開花しないのに比較して、早生品種は初年目から茎が伸長し、草丈が高くなり、着蕾、開花する性質を持ち、混植条件下の相互遮蔽に対して早生品種が有利であり、晩生品種は不利であつた。したがつて単植条件下で枯死個体発生率に差異が認められないのに対して混植条件下では枯死株発生率が高まり（第6図）、明らかに劣勢を強いられた晩生品種に枯死株発生率の増加がみられた。したがつて両草種の試験結果が示すことは草地内での遺伝的変異性が、個体生育の変異拡大から枯死に至らしめる主因の一つとなり、密度減少に大きく影響していると考えられる。また刈取回数が少ない場合や個体密度の増加は、変動係数の増大と個体収量分布のL型化を促進する条件となつた。

草地は一般にイネ科、マメ科の数種の牧草を混植することを常道とするが、生産量だけを問題にした場合には、以上のような結果から、草型の異なる牧草を混植することは劣勢個体を生ぜしめ、ひいては個体密度を減じて草地生産を低下せしめる原因となることは明らかである。

4. 草地における個体密度減少に關与するその他の環境要因

オーチャード・グラス草地において、個体生育の変異拡大によつて発生した弱小個体は、第7図にみられるごとく5月下旬から6月上旬を中心とする第1の時期、8月上旬を中心とした第2の時期という大きな季節的な変化をもつて減少していく。これは、①、相互遮蔽にもとづく個体の枯死、②、刈取りと含有成分量にもとづく個体の枯死、③、刈取りと外気温との関係による個体の枯死、と大きく三つの原因に分類出来るが、どのような要因が個体密度減少に影響を与えるかをまとめると、

1) 密植栽培 個体間の相互遮蔽を増加させ、個体生育量の変異拡大の要因となり、直接的に多くの枯死個体を発生させた。栽植密度の増加は、個体生育を抑制して1株重を減少させ、個体当たり貯蔵養分量が減少し、刈取りによる枯死株発生率を増加させた。

2) 多肥栽培 N肥料の多用は、群落全体の生育を旺盛にするために、個体間の相互遮蔽を増加させ、密度低下の要因となつた。また個体生育量の増大と相互遮蔽の増加は、貯蔵養分含有量の減少となり、枯死株発生を高める素因となつた（第8図）。

3) 利用頻度 少ない利用頻度は相互遮蔽の増大から個体重変異の拡大につながる要因の一つとなり、刈遅れは刈株の残葉の減少を招き、枯死株発生率の要因となつた。

4) 刈取りの高さ 刈取りの高さも枯死株発生率を左右する一因で、低刈をおこなつた場

合、高刈に比較して刈株の貯蔵養分量や刈株の残葉を減少させること、また低刈は刈取り後の地温を高めることなどが相加的に作用して枯死株発生率を高めた。

5) 刈取りの時期 春の伸長の旺盛な時期には、急激な伸長によつて刈株の貯蔵養分量が著しく減少する時期がみられ、この時期の刈取りは枯死株発生率の要因の一つとなつた。

6) 刈取時の温度条件 高温条件下での刈取りは、高温による同化機能が減退している時期に、著しい呼吸の昂進をもたらす、また刈取りは地表面を被覆する植物体を除去するので急激な地温の上昇をもたらす、再生を阻害し枯死株発生率の要因の一つとなつた。

7) 土壌水分 種類によつて水分要求量、耐湿性が異なるから、土壌水分は個体間生育量の差の拡大要因となる。

以上牧草栽培上の諸条件が、単独あるいは相重さなつて個体密度を低下させるが、一般作物の過密度群落を作ると自己間引現象によつておのずと好適密度におちつく現象が知られ、 $3/2$ 乗則によつて説明されるが、草地の場合にも必要以上に密度を高かめれば、自己間引現象が当然発生するし、また適正密度であつても刈取その他の処理によつて個体密度を低下させるから、個体密度の減少に関与する諸要因をできるかぎり除去して適正密度を長く維持し、高い草地生産の安定化をはかることが大切である。

第1表 オークチャード・グラス各密度区における乾物生産量の理論値
(CGR曲線積分値)

(g/m²)

密度	品種 処理	Pennlate				Phyllox			
		C	T-1	T-2	T-3	C	T-1	T-2	T-3
400		634	760	602	716	682	740	767	565
178		922	994	678	705	701	822	829	848
44		844	1082	854	352	660	1149	963	643
11		578	865	712	328	258	682	844	491

(注) T-1:生長初期の刈取 T-2:穂孕期の刈取 T-3:穂前期の刈取

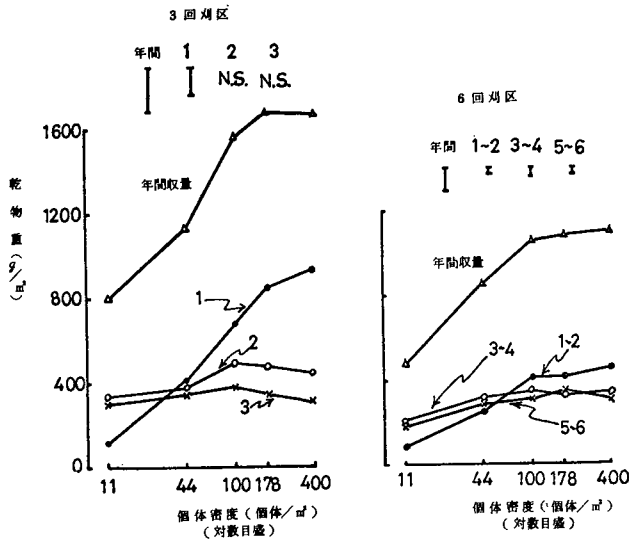
第2表 オークチャード・グラスクロン別草地の枯死株発生率
(1968年最終刈取り調査時)

処理		D-44-P	D-44-M	D-178-M
クロン		単植44個体/m ²	混植44個体/m ²	混植178個体/m ²
4 回 刈 区	E-1	8.0 %	0.0 %	6.7 %
	L-1	0.0	0.0	0.0
	L-2	4.0	11.2	6.34
	L-3	4.0	3.8	2.67
2 回 刈 区	E-1	0.0	0.0	2.00
	L-1	2.0	0.0	3.4
	L-2	28.0	29.5	9.34
	L-3	4.0	3.8	7.67

第3表 オークチャード・グラスクロン別草地の個体重の変動係数(C・V)の変化
(1968年最終刈取り調査時)

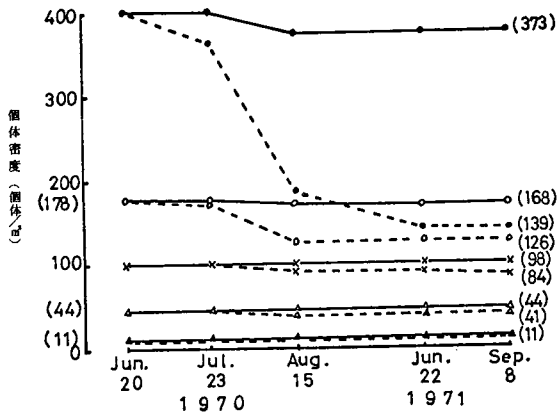
処理	クロン	4回刈区	2回刈区
D-44-P	E-1	77.0 %	74.9 %
	L-1	82.6	63.3
	L-2	103.7	128.9
	L-3	49.9	60.3
D-44-M	E-1	37.0	53.5
	L-1	59.9	50.8
	L-2	111.7	131.8
	L-3	82.9	117.3
D-178-M	E-1	60.3	72.0
	L-1	67.1	74.5
	L-2	223.8	506.6
	L-3	135.3	365.0

処理欄の記号内容は第2表に同じ



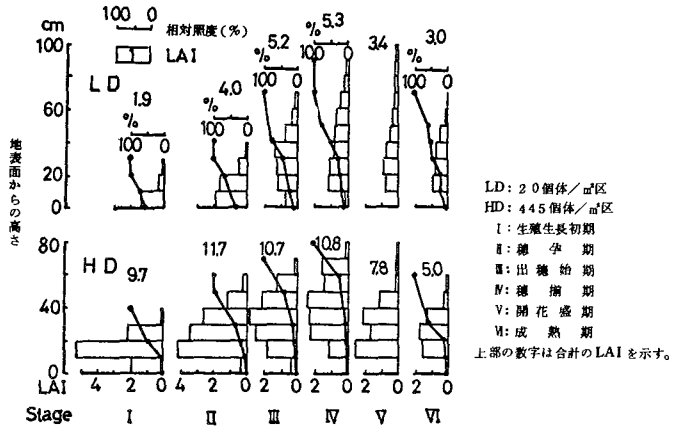
第1図 オニチャード・グラス各密度区における刈取回数と年間収量

- (1) 番号は刈取回次
- (2) I.....LSD_{0.05} (最小有意差)

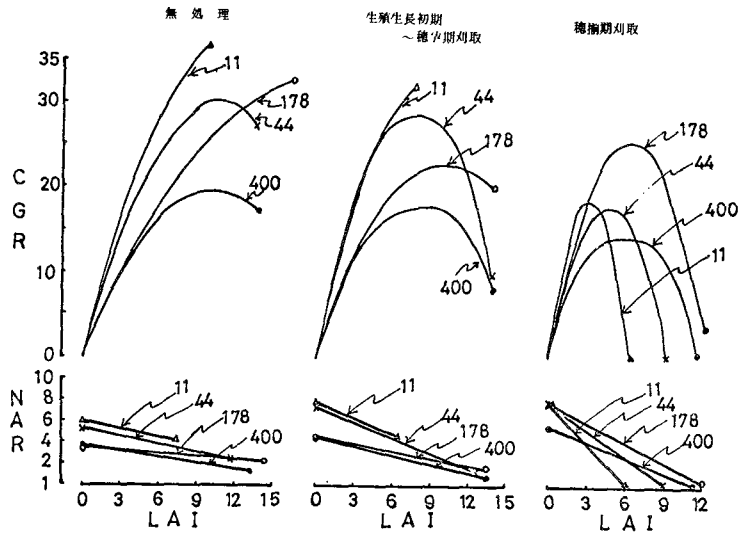


第2図 オニチャード・グラス各密度区における個体密度の経時的変化

- 6回刈区
- - - 3回刈区

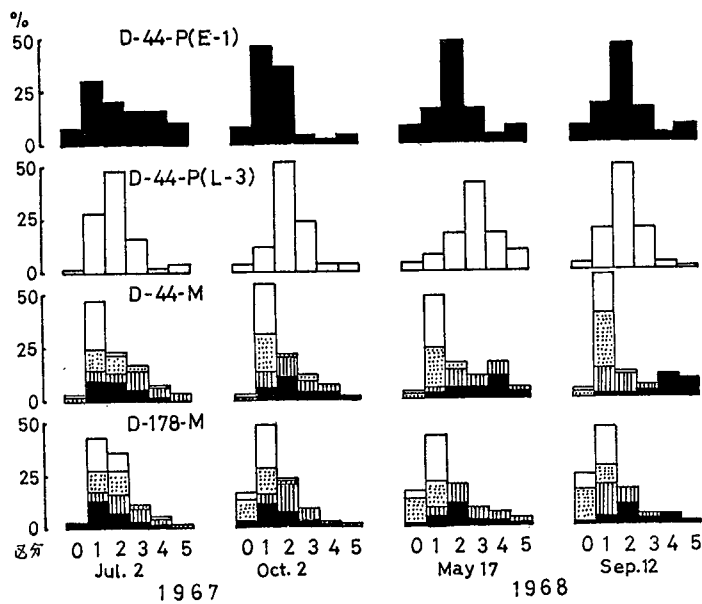


第3図 各發育段階の変化に対応した葉面積の階層構造と
 群落内の相対照度の変化



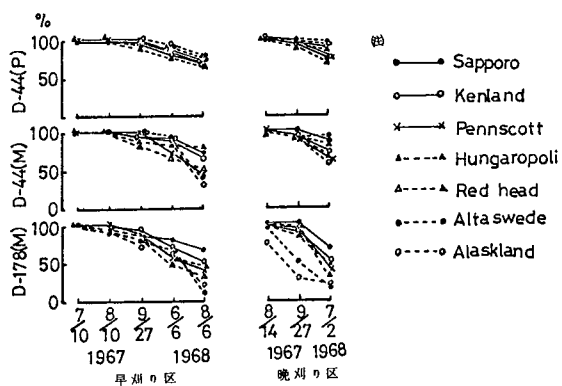
第4図 個体密度を異にするオーチャードグラス草地におけるLAIに対応したNAR、
 CGRの変化 (「Pennlate」「Phyllox」の平均値)

① CGR; $g \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$ NAR; $g \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$

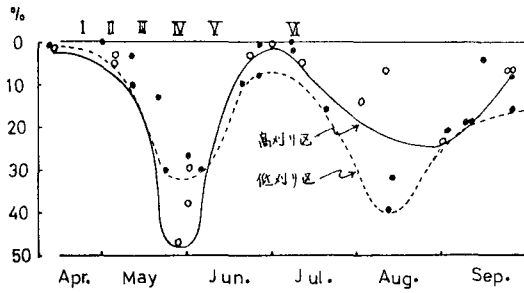


第5図 オークチャード・グラス各処理区における時期別・クローン別の個体取量の頻度分布(4回刈り区)

(注) 0; 枯死個体 最高個体取量を100とした割合を、次のごとく5段階に区分した
 1: 1~20 2: 21~40 3: 41~60 4: 61~80 5: 81~100
 ■ E-1 ▨ L-1 ▩ L-2 □ L-3



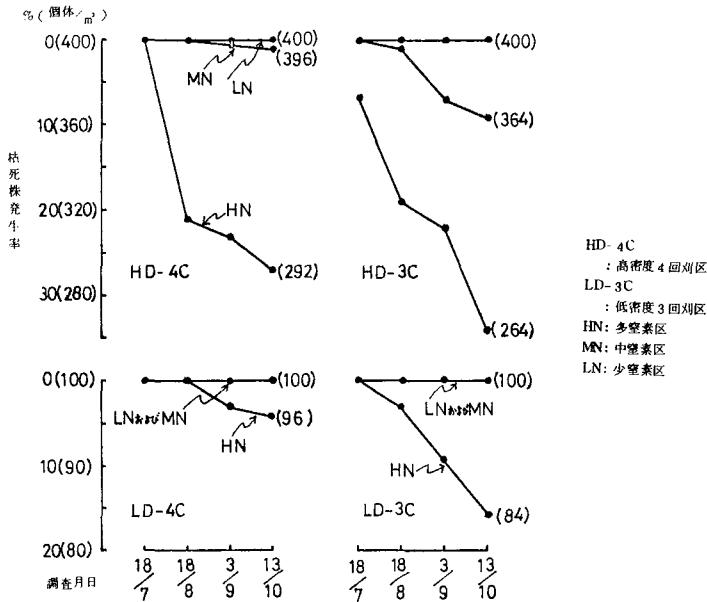
第6図 赤クローバー各処理区における品種別・個体密度の経時変化(移植時を100とする)



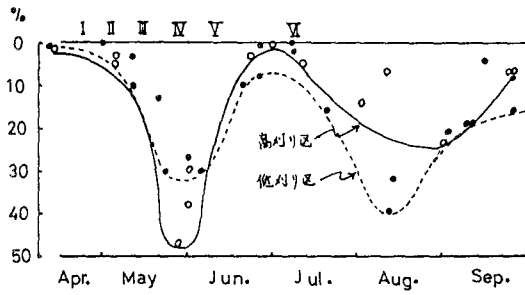
第7図 密植区における枯死個体発生の季節的变化

① 刈取時の個体を100とし次の刈取りまでの個体枯死率を%で表示した

○.....高刈り区 ●.....低刈り区
I~VI 第3図に示した発育段階に向て



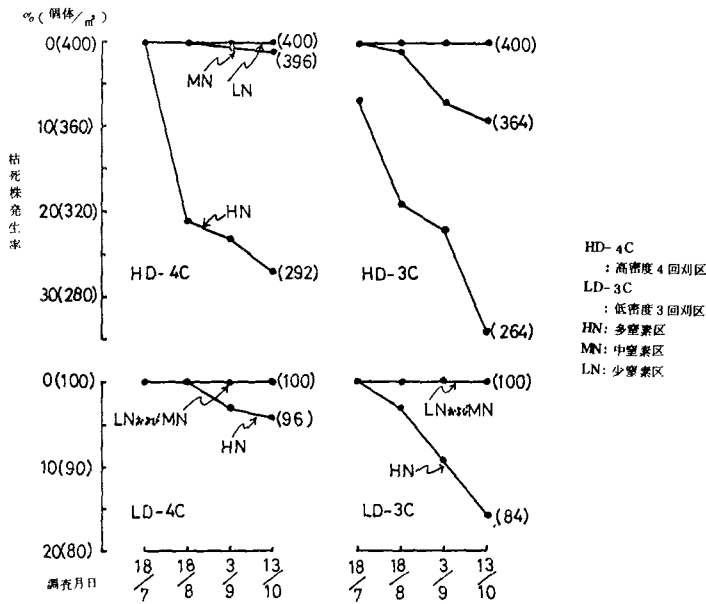
第8図 個体密度とN施用量を異にした各草地における枯死株発生率の変化



第7回 密植区における枯死個体発生率の季節的变化

(注) 刈取時の個体を100とし次の刈取りまでの個体枯死率を%で表示した

○.....高刈り区 ●.....低刈り区
I~M 第3図に示した生育段階に同じ



第8回 個体密度とN施用量を異にした各草地における枯死株発生率の変化

審査結果の要旨

草地は牧草の再生に依存して永年にわたって生産を続けるという特色を持つが、その生産量は年とともに減少するのが通例であって、一般には避けがたい現象とされてきた。したがってこの現象に関する研究は国の内外ともにきわめて少なく、地下部諸要因についての研究が数例あるにすぎない。著者はこのような事情にかんがみ、採草地を対象に、この生産低下の原因は植生構造に関係がなくてはならぬと考え、生産量に直接的に結びつく個体密度の変化を通して明らかにした。

- I) 生産量と密度との関係については収量密度効果の法則が知られているが、各種密度について牧草の生育段階に対応させて刈取ると、それぞれに適正密度（最高収量をうる最少限の個体密度）が存在することを認め、その際の生産効率を検討すると、同一 LAI に対する NAR は高密度区が低く、OGR は中位の密度区が高いこと等から適正密度の存在を確認した。さらに高密度区ほど多数の枯死個体を発生し生産を減少したことから、生産を高めるためには必要以上に高密度にする必要はなく、よた適正密度維持が生産安定上重要であることを指摘した。
- II) また広く見られる草地の草種構成の変化は草地の生産性を変えるが、この変化は特定草種の衰退と枯死にもとづくことを、3草種の単植、混植のもとに、光、肥料、土壌水分等の環境要因に対する反応を追いつつ確かめ、草種構成の変化は各牧草の特性の差異に主たる原因があり、環境諸条件は競争現象をとおして草種間の優劣の差を拡大する原因になることを明らかにした。
- III) 故に牧草の特性の差の影響をみるために、同一品種内における遺伝的形質の差、特に草型の相違が密度と生産に与える影響を2種の牧草について検討し、草丈が低い多茎性品種、初期生育の遅い品種は混植条件下では光要因に対する競争において劣勢を強いられて衰退、枯死することを、生産構造、個体重の頻度分布、変動係数等の経時的变化を通して明らかにした。また少ない刈取頻度、過密度栽培は過繁茂から相互遮蔽を強め、枯死個体を多発することを確認した。
- IV) さらにその他の栽培、利用上の諸条件や環境条件と密度減少との関係を検討している。

要するに混植を常道とする草地における個体密度の減少は直接的に生産量減少の原因となるが、草地構成草種の草型の差異が基本的な要因となるほかに、相互遮蔽、含有成分減少時の刈取、刈取時の高温の直接的影響なども直接的な関係をもち、これら原因をもたらず条件としては、密植栽培、多肥栽培、不適当な環境下の栽培、少ない利用頻度、低い刈取、高温時の刈取などを挙げ、これらが単独に、あるいは複合的に作用し密度を減少させるという。

以上多くの新知見を加え、草地研究の発展に対してはもとより、草地農業上にも資するところが大きいことを認め、審査員一同農学博士の学位を授与するに値すると判定した。