

氏 名 (本籍) 三 田 村 強 (北海道)

学 位 の 種 類 農 学 博 士

学 位 記 番 号 農 博 第 8 4 号

学 位 授 与 年 月 日 昭 和 4 6 年 3 月 2 5 日

学 位 授 与 の 要 件 学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当

研 究 科 専 攻 東 北 大 学 大 学 院 農 学 研 究 科  
( 博 士 課 程 ) 畜 産 学 専 攻

学 位 論 文 題 目 オ ー チ ャ ー ド グ ラ ス 草 地 の 乾 物 生 産  
に 及 ぼ す 刈 取 の 効 果

( 主 査 )  
論 文 審 査 委 員 教 授 吉 田 重 治 教 授 松 本 達 郎  
教 授 角 田 重 三 郎

# 論文内容要旨

## 緒言

草地における生産は、牧草の再生長を利用して年間に何回かの刈取、あるいは家畜による採食によって得られる点において、一般の作物における生産過程とは異なっている。またその利用の仕方によって草地における収量に変化することから、如何なる時期に刈取れば最も高い生産量をうる事が出来るかという点の研究は数多くなされて来た。しかし従来の研究は主に各刈取時に収穫される植物体の一部の現存量とその合計量である収量の大小のみを対象としたため、この問題についての理論的解析は不十分であり、また刈取回数による収量についての結果も一定しない。そこで著者はオーチャードグラス単一草地における生産量が刈取の作用を通して、どのように決定されるかを乾物増加速度 (crop growth rate, CGR) と葉面積指数 (leaf area index, LAI) の関係を基にして理論的解析を行い、それによって如何なる時期に刈取れば最も高い生産量をうる事が出来るか、すなわち刈取利用の適期をみつけることを目的とした。

## 第 I 章 生産向上の基本的理論

### (i) 生産量に關与する個体密度の規定

草地は個体の集団として成り立っているから、個体密度は生産量の重要な要素となる。そこで密度と生産量の関係を検討して、今後の実験における生産量を問題とする場合の基準の密度を明らかにした。第 1 図に示す如く、オーチャードグラスを十分生長させた場合に、400 個体/m<sup>2</sup> 以上に密度を高めても収量は高まらず、最終収量一定の法則が認められた。また刈取後の再生長と密度の関係は、最終的にはやはり密度効果の法則性が認められた。そこで、この密度を基準にして生産量の解析を進めた。

### (ii) 生産向上の基本的理論の組立とその実証

草地における生産は再生長を基礎としているが、どのような時期に刈取れば、より生産量を高めることになるかという点については、刈取前と後の CGR ( $W_2 - W_1 / t_2 - t_1$ ) の比較において、どちらが高いかによって決まるが、その両者の生長は互に時々刻々変化するから、その CGR の連続的な変化から捕えてゆく必要がある。また CGR 曲線を積分 (CGR 曲線の面積) することによって生産量が求められ、さらに CGR 曲線の立上がり及び CGR の最大値 ( $C_{max}$  と呼ぶ) は生産量を規定する大きな要因となるから、その CGR 曲線を求めることは、この問題解析の有効な手段となる。

ところで葉面積は乾物生産に關しての重要な要因であるが、Donald は CGR と LAI の関係

についての仮説（第2図参照）を出したが、最適葉面積指数（ $L_{opt}$ ）、最大葉面積指数（ $L_{ceil}$ ）の概念から妥当性のある仮説と思われるので、 $L_{ceil}$ に達するまでの期間における刈取回数と生産量の関係について、理論的解析を行った（第3図）。

なお解析に際し、2つに仮定を設けた。

第Ⅰの仮定：Donaldの仮説の如く、 $L_{ceil}$ の時期に達してもCGRは零にならず、 $L_{opt}$ の時期を中心に左右対称とならない。

第Ⅱの仮定：いかなる時期に刈取っても、刈取後の生長は刈取前の生長開始時からの生長と同一経過を示す。

同図から $L_{ceil}$ に達した時期（ $t_2$ ）に初めて第1回目の刈取を行ったとすれば（1回刈区）、その間の生産量は曲線OABの積分値（OAB $t_2$ で囲まれる面積）となるが、 $L_{opt}$ の時期（ $t_1$ ）に第1回目の刈取を行い、その再生長のCGR曲線を弧 $t_1E$ で表わし、第2回目の刈取を $t_2$ で行った場合（2回刈区）の生産量は面積（OA $t_1$ ）+（ $t_1Et_2$ ）であり、第Ⅱの仮定から（OA $t_1$ ）=（ $t_1Et_2$ ）である。そこでこの両者の生産量を比較すると、両者の共通部分（空白の部分）を差引き、その差は斜線と点で囲まれる部分の差引量となり、第Ⅰの仮定から（OA $t_1$ ）<（ $t_1ABt_2$ ）であるから、結局 $L_{opt}$ の時期に達する毎に2回刈取った2回刈区の生産量より、 $L_{ceil}$ の時期に1回刈取った1回刈区の生産量の方が高くなる。

なお $L_{opt}$ に達する以前の時期に刈取を反復すると、生産量は常に減少することも確かめられた。

そこでオーチャードグラス草地の場合に第Ⅰの仮定が認められるかどうかを検討した結果、 $L_{ceil}$ に達するまでの期間にCGR曲線は、 $L_{opt}$ の時期を中心に左右対称とならず、第Ⅰの仮定は立証された。また実際に刈取回数を変えて生産量を求めてみると第1表に示す如く、 $L_{ceil}$ に達した時期に初めて1回刈取った区（1-cut区）の生産量は、 $L_{opt}$ の時期に達する毎に2回刈取った区（2-cut区）の生産量より高くなり、上記の理論的解析が実証された。

したがってより高い生産量をうるための刈取時期は、 $L_{opt}$ の時期から $L_{ceil}$ の時期までの範囲にあると言える。

## 第Ⅱ章 乾物生産量に関する第Ⅱの仮定の検討

### (j) $L_{opt}$ の時期に達する毎に刈取った場合の乾物増加量

秋と春に播種期を変えた区について、 $L_{opt}$ の時期に達する毎に刈取を繰り返したが、そのCGR曲線は第4図に示す如く、刈取を重ねる毎にCGR曲線の立上がり及び $C_{max}$ は、刈取前の1st. pl.のCGR曲線のそれより順次減少を示し、刈取前と後の生長が異なることが明らかとな

った。また同図のBに示す如く、春播の播種後のCGRは(1st. pl.)生育初期に非常に低く、かつ緩慢に上昇するのに対し、刈取後(2nd. pl.)のCGRは刈取後かなり高い値から急速に上昇し、刈取前と後の生長が異なり、再生長の特徴を示している。なお生長解析によって検討した結果、この両者の差異は葉面積の拡大の差異によることが判明した。

なお上記の反覆刈取に伴うCGRの変化の全体的な傾向は、春、秋播区とも同様であるが、秋播区の刈取前後の時期(生殖生長期)のCGR曲線の減少傾向は、春播区の全時期(栄養生長期)に比して特に緩慢であり、その両者の差異は第5図に示す如く、葉層構造の変化の差異によることが分った。したがって生殖生長期における刈取は、そのCGR曲線からみて $L_{opt}$ の時期を過ぎて刈取る方が、より生産量を高めることになる。したがって第Ⅱの仮定は成立しない。たゞし以上のことから第3図に示すその生産量の差はより一層大きくなる。

#### (ii) 生長期間の異なった個体群における刈取が乾物生産量に与える影響

播種時期を変えて生長期間の長短によって生ずる生長状態の異なる個体群を、一斉に刈取高さを変えて1回だけ刈取ったが、刈取後のCGR曲線の立上がり及び $C_{max}$ は、いずれも各刈取前のそれらより必ず低下した。

また刈取時の生長状態が $L_{opt}$ 、あるいは $L_{ceil}$ の時期にあった区の再生長を比較すると、後者の時期にあった区の方のCGRは高かった。

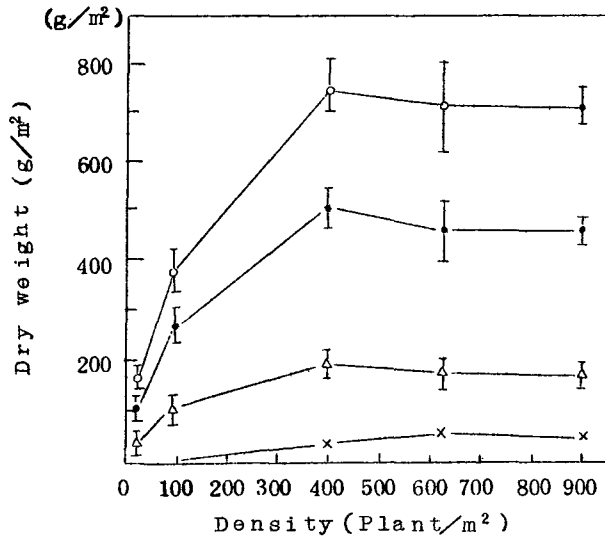
以上の第Ⅱの仮定についての一連の検討の結果、刈取前と後の生長は同一でなく、第Ⅱの仮定は否定されることになり、あらゆる場合に刈取後のCGR曲線の立上がり及び $C_{max}$ は刈取前のそれより低下するから、第Ⅰ章の結論として刈取時期が $L_{opt}$ の時期から $L_{ceil}$ の時期までの間にあるとした点を修正して、 $L_{ceil}$ の時期に達する毎に刈取るのが最も生産量を高めるという理論が成り立つ。

### 第Ⅲ章 生産量向上の基本的理論の実証

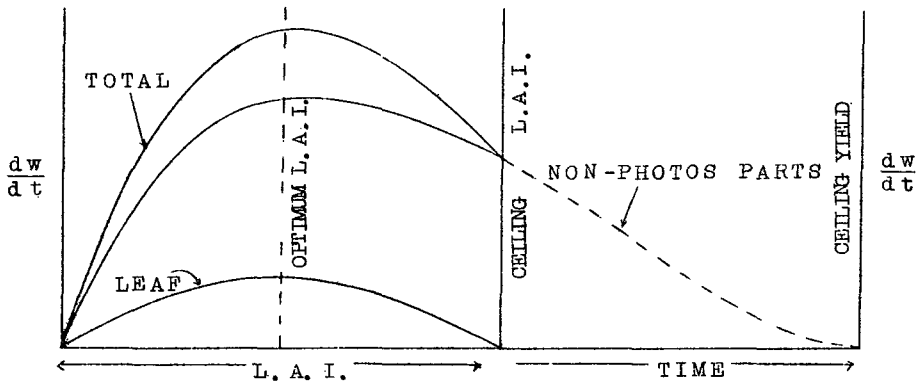
刈取回数は実験期間(100日間)中に1回(Cont区)~4回としたが、各区の第1回目の刈取時の生長状態は4回刈取区が $L_{opt}$ 、3回刈取区が $L_{ceil}$ 、2回刈取区がceiling yield(CGRが零となる、第2図参照)のそれぞれの時期であった。

第Ⅰ章における解析法と同様にして各処理区のCGR曲線を積分して求めた理論上の生産量は第6図に示す如く、Cont区が $796\text{g}/\text{m}^2$ であるが(第2表参照)、Cont区と4回刈取区を生産量を比較すると同図のBから両者のCGR曲線における斜線と点で囲まれる面積の差引の結果、4回刈取区は $227\text{g}/\text{m}^2$ だけCont区を生産量より減少した。同様にして各区の生産量を求

めると第2表に示めす如く、 $L_{ceil}$ の時期に刈取った3回刈区の生産量が最も高く、次に ceiling yield の時期に刈取った2回刈区であり、また当然のことながら ceiling yield の時期以上に刈取時期を延しても (Cont区) 生産量は高まらない。この結果、 $L_{ceil}$ の時期に達する毎に刈取を行うのが最も生産量が高めるといふ前章における理論は実証された。しかし第7図に示す如く、生長状態が $L_{ceil}$ の時期にあった3回刈区の刈取後のCGR曲線の立上がり及び $C_{max}$ は、 $L_{opt}$ の時期に刈取った4回刈区のそれより低下し、第II章における結果と逆になった。この理由は夏期の高温にもとづく温度障害による。したがって実験が長期間に亘った場合には、前章の理論どおりに行かないことが示されたのである。しかし実際どおり、日本の気候条件の下で、長期間に亘って刈取を反復した場合においても、 $L_{opt}$ の時期に刈取るよりは $L_{ceil}$ の時期から ceiling yield の時期に達する間において刈取を反復することは、生産量が現実によく、刈取の最適な方法であると結論される。

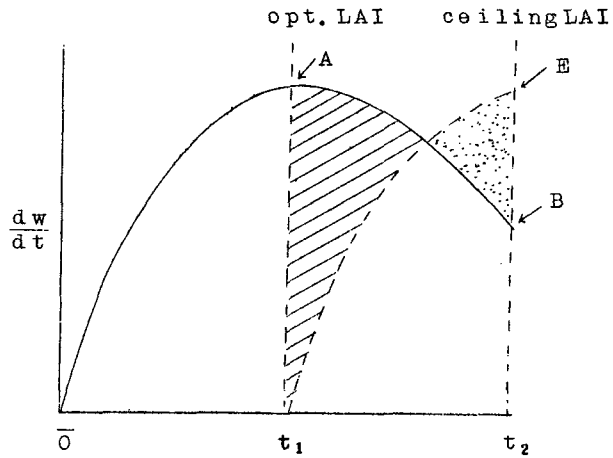


第1图 Relationship between dry weight of herbage and plant density. -○-: dry weight of herbage; -●-: leaf dry weight; -△-: stem dry weight.



第2图 A schematic account of the relationship of the rate of production of dry matter to the leaf area index(LAI). The vertical rules show three states of the plant community, the optimum leaf area, the ceiling leaf area index, and the ceiling yield. The LAI scale is equivalent to a time scale if the plant community is undefoliated.

(Donald 1962)

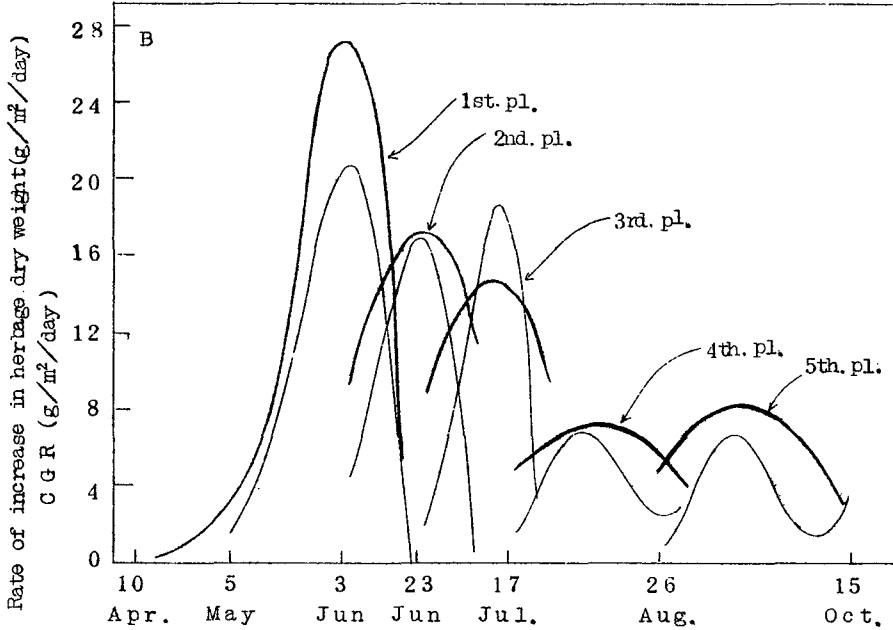
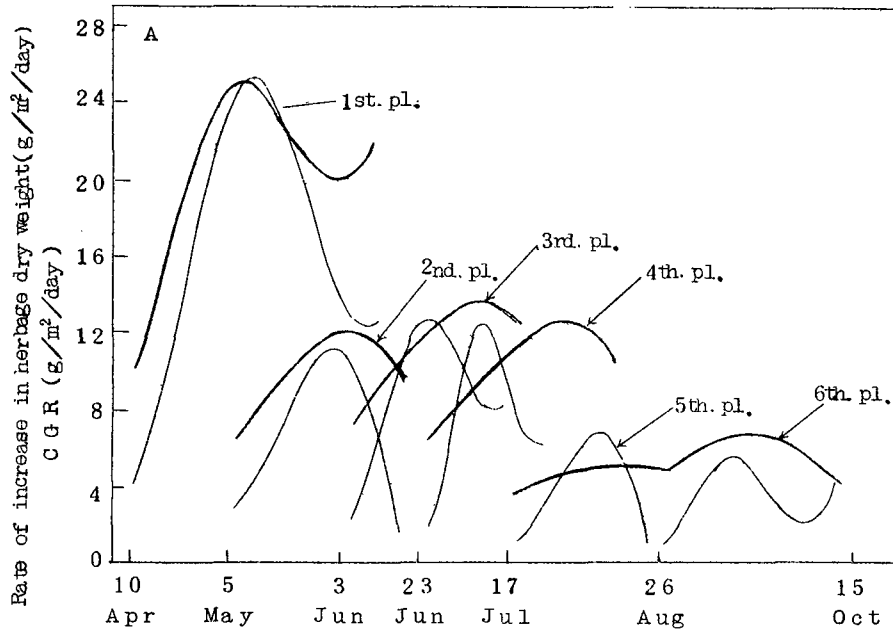


第3图 Model of fundamental analysis in relationship between production and cutting frequency.

表1 Productions and amounts of leaf area, leaf dry weight, and stem dry weight in different cutting frequencies. Analysis of variance among cutting frequencies.

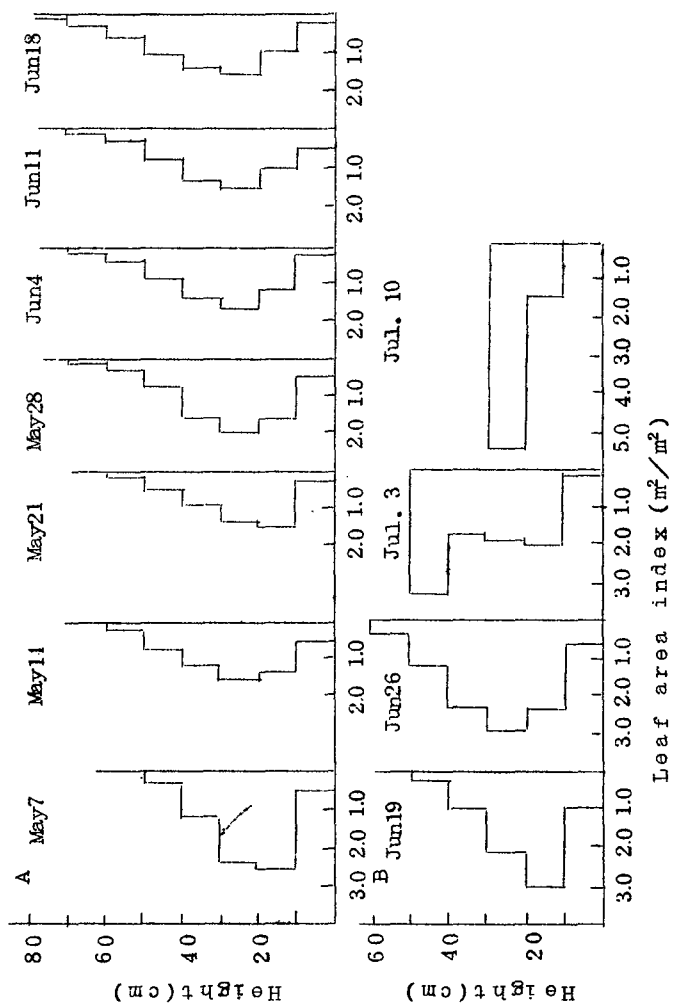
\* : significance at 5% level; \*\*: 1% level.

		1-cut	2-cut	3-cut	Within treatments	Residual	Significance
amount of leaf area (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	400	18.8	21.4	19.1	6.056	2.514	2.4 n. s.
	200	19.3	20.4	18.5	2.953	0.942	3.1 n. s.
	100	15.4	17.4	16.8	5.036	0.629	8.0 *
amount of leaf dry weight (g/m <sup>2</sup> )	400	528	465	379	16677	1276	13.1 *
	200	544	470	388	18225	429	42.5 **
	100	436	427	357	5620	393	14.3 *
amount of stem dry weight (g/m <sup>2</sup> )	400	220	126	87	13981	513	27.3 **
	200	212	175	83	13394	285	47.0 **
	100	170	151	79	6823	137	49.8 **
Production (g/m <sup>2</sup> )	400	842	651	520	78775	5596	14.1 *
	200	836	706	515	78285	1786	43.8 **
	100	691	618	470	38188	555	68.8 **

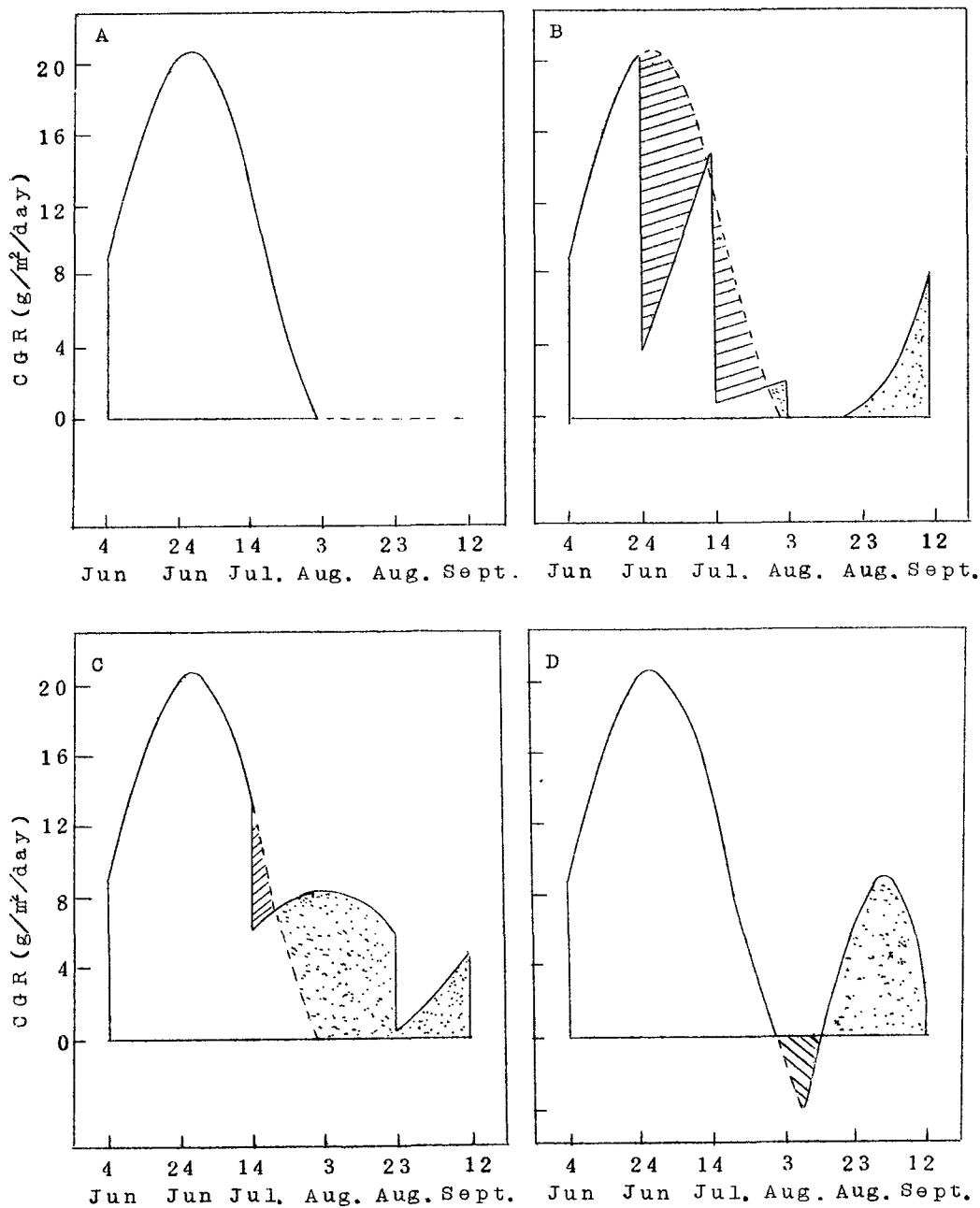


第4图 Change of crop growth rate and rate of increment of herbage dry weight with time in each plot of 400 plants/m<sup>2</sup>. Thick line: crop growth rate; Thin line: rate of increment of herbage dry weight. A: Autumn seeding; B: Spring seeding





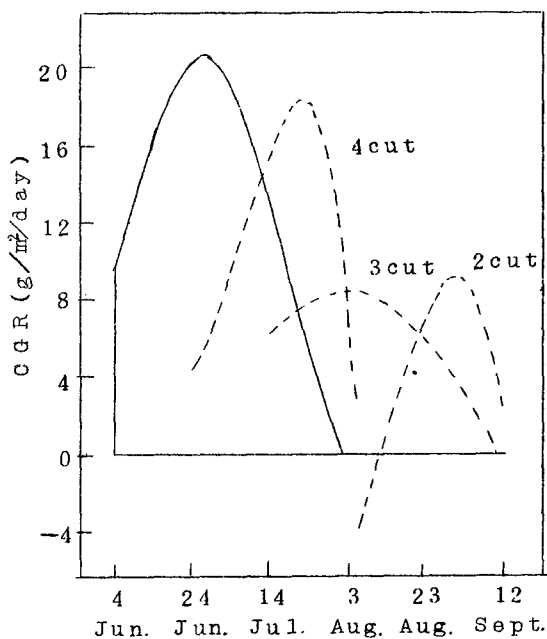
第5圖 Development of leaf area profile at successive sampling dates. A: Autumn seeding; B: Spring seeding.



第6图 Time course of crop growth rate in various plots. Broken lines show CGR of Cont. after dates of first cutting in each cutting system. A: Cont. plot; B: 4cut plot; C: 3cut plot; D: 2cut plot.

表2 Productions( $\text{g}/\text{m}^2$ ) and yields( $\text{g}/\text{m}^2$ ) of experimental and theoretical values in different cutting systems.

	Experimental value				Theoretical value			
	Cont	2cut	3cut	4cut	Cont	2cut	3cut	4cut
Production	870	1020	956	636	796	975	1028	569
Yield(incl. dead) parts)	700	911	817	573	676	888	803	549
Yield(excl. dead parts)	303	712	709	551	-	-	-	-



第7图 Crop growth rate in various plots. Solid line:Cont. Broken lines:1st regrowth in each cutting system.

## 審査結果の要旨

採草地については刈取の時期，回数，高さなどの要因をもとにした適正利用方法の研究は数多く実施されてきたが，いまだに利用適期に関する決め手となる方法は見出されていない。

本論文はオーチャードグラス単一草地について乾物生産速度（CGR）と葉面積指数（LAI）の関係をもとにして理論的解析とその実証を試み，量的な刈取適期を明らかにしたものである。

この理論展開に当って2つの仮定を設け，第1の仮定は $L_{ceil}$ （最大葉面積指数）の時期に達してもCGRは零とならず，CGR曲線は $L_{opt}$ （最適葉面積指数）の時期を中心にして左右対称とならない。第2の仮定は，いつ刈取っても刈取前後の生長は常に同一過程を辿るというのである。この2つの仮定のもとでは $L_{opt}$ の時期に達する毎に刈取るよりも $L_{ceil}$ の時期に刈取る方が理論的に生産量を多くすることになる。さらに $L_{opt}$ の時期以前の反覆刈取は第1の仮定の成否にかかわらず第2の仮定のもとで，常に生産量を少なくする。事実第1の仮定は実験的に確認されたので，少なくとも $L_{opt}$ の時期以後に刈取るべきであると一応の結論を下した後，第2の仮定の成否を検討するために，春秋2期に播種した場合（栄養生長時と生殖生長時の相違），播種期をずらせた場合（生長期間の相違）などについて実験し，結局常に第2の仮定が成立しないことを確かめ，さらに $L_{opt}$ の時期より $L_{ceil}$ の時期に刈取る方がCGR値が高いことも確認し，したがって $L_{opt}$ の時期に刈取を反覆する方法は明確に不利であることを指摘した。こうした理論展開の結論として $L_{ceil}$ の時期に刈取を反覆する方法が最も生産量を多くする道であるとした。さらにこの理論を実際に確かめるために，初夏から秋にかけて実験を進め，LAIの特定の時期毎に反覆刈取を実施し，夏期の高温障害を受ける条件下においても $L_{ceil}$ の時期毎に計3回刈取る場合が最高の生産量をあげ，次いでCeiling Yieldの時期毎の計2回刈の場合が多く， $L_{opt}$ の時期毎に計4回刈の場合が最低生産量となり，さらにはCeiling Yieldの時期以後の刈取も生産量は多くなり，結局上記の理論が正しいことを立証した。

以上の理論は広くイネ科草類全般の刈取適期判定に役立つ一つの基礎的な考え方を提供し，今後の研究にはもちろん，また実際上にも利するところきわめて大きいと考えられるので，基査員一同は農学博士の学位を授与する十分な価値があると判定した。