

牧草の生育曲線からみた生産性

林 満*

牧草は栽培的には①1度播種したならば年間数回、しかもそれが何年間にもわたって利用される(再生育と永続性)。②その目的生産物は栄養体である。③そして一般的には植物形態の異なるイネ科植物とマメ科植物が同一環境下で同時に生育する(混播)という一般作物と異なつた点を有し、またその経済効果も迂回的で生産物それ自体が直接経済効果を生み出すというものではなく、家畜の体内を通して始めて価値を生み出すといういわば2次的な効果である。したがって牧草栽培の研究は1年間に1度の多収を目的とする換金作物とおもむきを異にし、再生機構、永続性、混播における植生割合と競合、さらに生産量も家畜側からみた栄養生産量との関連という多面性が要求され、これらがまた諸種の肥培管理条件との関連において追求されなければならないという複雑さをもっている。これらのことは牧草に関する研究成果の適用のむづかしさ、ひいては牧草研究そのもの、困難性の一面を物語るものであるが、ひるがえつてみて牧草に関する研究が困難であればあるほど牧草の眞の生育の姿を基本的に把握しておくことが重要である。そしてその生育の姿の中から問題点を抽出し、解決してゆくことが結果的には近道であるとも考えられる。

この生育の眞の姿を追跡することは、一般作物においては発芽から結実に至るまでの生育経過の解析として最も単純には植物の生育量の変遷として生長曲線(Growth Curve)でえがかれ(量の展開)、さらにその生育段階に起る器官の展開とその生長量、生育経過中の養分吸収の推移と合成々分の転流等の問題が解析されている。なかでも作物栽培の基体的問題としての乾物重の増加とその解析的研究は生長解析(Growth Analysis)としてすでに1920年頃より始められ、Watson¹⁾によつて一般化され、現在までに多くの報告が出されている。

一方わが国においては水稻でこの種研究は多く、これらが水稻の栽培技術の発展に大きく貢献したことは多言を要しないところである。

また北海道においても水稻における石塚、田中の研究⁴⁾、畑作物においては、11種類の作物についてその養分吸収特性を明らかにした串崎⁵⁾の研究、てん菜について乾物生産を同化作用から解析した大島⁶⁾、養分吸収から解析した串崎、安田⁷⁾の研究、ばれいしよについて養分吸収過程を明らかにした串崎⁸⁾、育種素材としてばれいしよの系統間における生育解析を行なつた梅村⁹⁾の研究、とうもろこしについての石塚¹⁰⁾、田中¹¹⁾らの研究など牧草以外の作物における報告は多い。これらの多くはそれぞれの作物の養分吸収経過の特徴を明らかにし、合理的肥培管理技術の基礎を確立した点が特筆されよう。

さて牧草についての乾物生産を中心とした生長解析は、オーストラリアにおいてDonald¹²⁾ Black¹³⁾らによつて1950年頃より盛んに行なわれ、Brougham⁴⁾、Cooper¹⁵⁾らの報告も記憶に新しい。しかしその多くは光と葉面積と生長との関係¹³⁾、葉面積とサブクローバの生長¹²⁾、光と葉面積との関係¹²⁾、刈取りが乾物生産に与える影響¹⁴⁾、サブクローバにおける葉面積と光強度と生長速度との関係¹³⁾等主として乾物生産を支配する要因の解析的報告、換言すれば生産量の低い放牧草地における季節生産

* 北海道農業試験場草地開発部草地第3研究室

生 (Seasonal Growth) の観点から解析されたものが多く、単位面積当りの収量を増加させようとするこれまでのわが国の場合とはそのねらいが異なっているように思われる。

一方、わが国の草地研究の歴史は浅く、したがって生産性を問題とした生長解析の研究に取り組んだのも最近であり報告も少ないが、今までの報告の中から牧草の生育過程における生産性に関するおもしろい研究成果を紹介してみたい。

1 牧草の生産性と気象的要因

熊井¹⁹⁾はラジノクロバについて春から秋までの全植物体と器官別重量の推移を調査し、地上部の成長は5月を中心とし、秋に向うにつれて生産力は低下し、地下器官は秋から成長が盛んになり2月に最高に達し、地上部の成長が盛んな時期から減少し、9月に最低に達する。同化物質の分配は春は地上部に、秋は地下部に高く、全植物体でみると純生産量は年間を通してあまり大きくは変わらないと論じている。大泉²⁰⁾はオーチャードグラスについて生産1年目と3年目の生育経過を追跡し

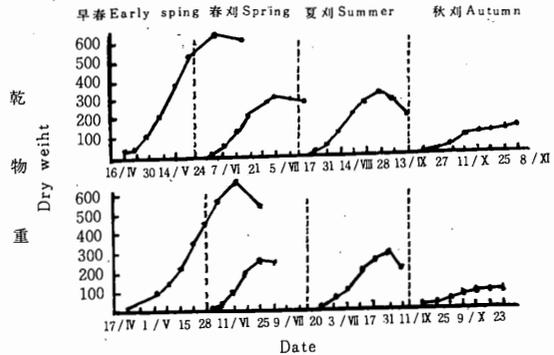


図1 刈取部乾物重

A: 生産第3年目圃場(以下同じ)

B: 生産第1年目圃場(")

大泉²⁰⁾(1964)

て、刈取部の乾物重は早春では長期にわたって著しく増大し、春刈、夏刈では急速な増大を示すが、その期間は短かく、秋刈は長期間にわたり緩慢に増加する、これらの生育を規制する要因は、早春の旺盛な生育は主としてこの時期の低温多照が乾物生産を促進し、また茎稈の伸長が葉間相互遮蔽の弊害を軽減した結果であり、春刈は主として寡照、夏刈は高温、秋刈は刈取時における刈取残部の乾物重、TAC含有率が少なくそれを補うため刈株の乾物、TAC含量が急激に増加している点から同化産物が刈取部の方へ分配されないため純同化量は高いがそれが収量とならないことなどが生育の制限因子であると推定し、季節別生産量の相異は主として、温度、日照の相違と茎稈伸長の有無による受光態勢の相違に基づくものであることを推測している。また酒井²¹⁾らもオーチャードグラスを供試して季節間の生産量を比較し1日当り乾物収量は4~5月がもつとも高く、9~11月がもつとも低く、春高秋低型であり早春は高い生産力の期間が長いことが特徴で、器官すべての増加が起る、純同化率は春が高く、夏は低く、秋はその中間で、夏の低い理由の一つは高温による呼吸の亢進にあるとし、早春は茎の割合が、秋は根の割合が多いとのべ、季節間の生産性を支配している要因は温度、光、器官別生産量、収量率*の相違などにあると結論している。

牧草の生育季節を早春(3-4月)、春(5-6月)、夏(7-8月)、秋(9-10月)に別けてみると、いずれも早春の生産性は著しく高く、春、夏、秋と低下している。また夏の低い純同化率は温度が最も大きく支配しているという点でも共通している。この点Anslow¹⁶⁾は4種のイネ科草種、それぞれ2~3品種を供試して、3カ年にわたる季節生産性を論じ、年次間における生産曲線

* 収量率 = 収量 / 純生産量 (Y/Pn)

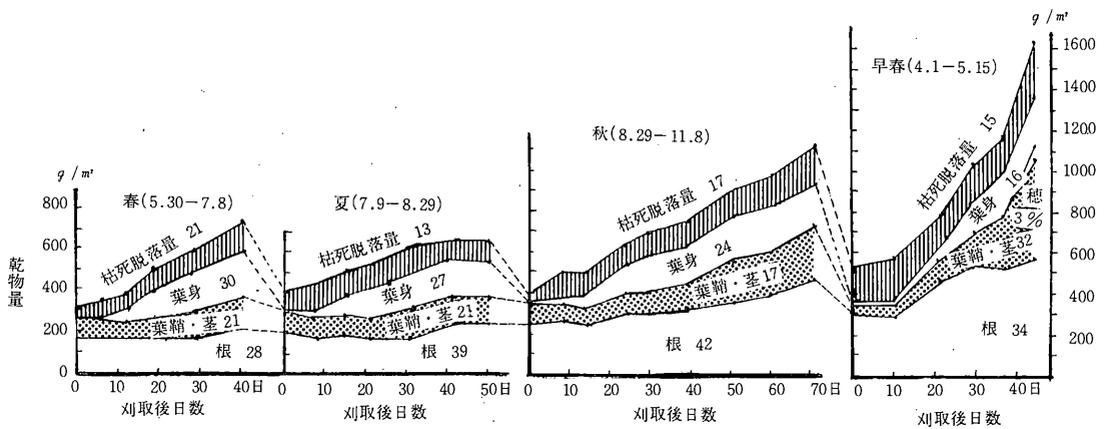


図2 春、夏、秋および早春の植物体各部分および枯死脱落量の現存量の推移
 (多肥低刈区より作図、図中の数字は刈取り後40日における各部分の%)
 酒井ら²¹⁾(1969)

のちがい平均気温が生産性を左右したと論じている。北方型牧草の生育適温は5~20℃で最適温度が15℃前後にあるといわれ¹⁵⁾、夏の生産低下の要因が、他の一般作物とは反対に高すぎる弊害が生ずる点に牧草の特性が示される。また秋においては純同化率が高いにもかかわらず収量率が低い

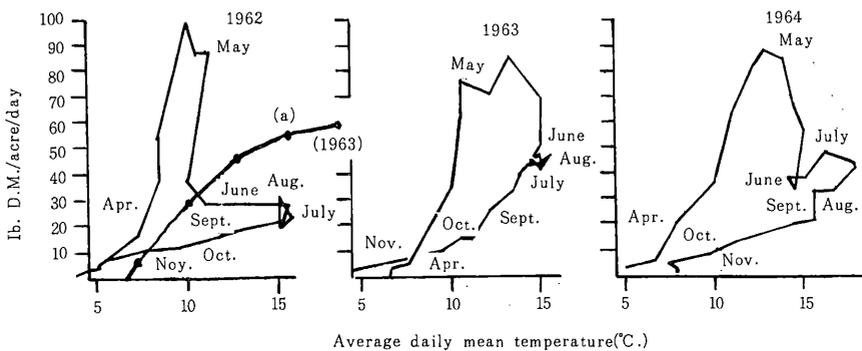


図3 The ratio of production of herbage from perennial ryegrass (variety S101) related to the average temperature during each growth interval. (a)=response curve found by Weihing Anslow (1967)

は同化産物が根、株に蓄積されることは再生という牧草の本質に基づくものとして特徴づけられよう。また秋の生産性が高いといつても春に比べては低い、生産性が温度のみによつて規制されるとすれば秋の温度は春とほぼ等しく生産性も高いはずである。ここに温度以外の別な要因、日長という問題が出てくる。熊井²²⁾は秋に日長処理することによつて葉面積が5~6割増加し乾物生産がいちどるしく増加したと報告した。春における茎重の著しい生長も受光態勢を良好にその結果葉面積を増大し、生産を高めているといえるのであつて草型の相違も乾物生産を支配する大きな要因であることが証明されている。これら温度、光(日長)、草型は生産性を規制する、いわば直接的要因であり、一方再生育のスタートに重要な要因とされている貯蔵物質の蓄積量の差異は早期受光部の確立という観点からは間接的に生産性を規制する要因と見なければならぬ。

さて北海道において牧草の生長解析的研究または生長経過を追跡した成績は少ない。最近になつて、早川ら、能勢ら²⁴⁾が低温生長性の草種間差異について一部報告した。生育経過については原田²⁵⁾がオーチャードグラスとアルファルファを供試して、播種当年と刈取後の再生長に伴う生産性と養分吸収過程と有機構成成分の変遷を詳細に追跡し、これらより刈取適期を見つけ、また養分吸収過程からこれら草種に対する合理的施肥量を示し、牧草類の合理的施肥体系に示唆を与えている。

筆者²⁶⁾はイネ科牧草6草種、マメ科牧草5草種を各単播で供試し、北海道における慣行の適期刈りを基準として1、2、3番草の生産経過(生草、乾物、DCP、TDN)主要々素の養分吸収などを追跡したのでその成績の一部を以下に紹介したい。

供試草種のうちから、オーチャードグラス、チモシー、メドーフェスク、アカクローバ、アルファルファ、ラジノクローバの6草種について図9に1、2、3番草の生産曲線を示した。いずれの草種も1、2、3番草と生育が衰え、その生産性が低下してゆくことは共通している。乾物収量とTDN、DCP収量の間には、イネ科牧草では乾物収量とTDN収量は似た生産経過を示す。たゞ生育が進むとTDN含有率が低下してゆくから乾物収量に比べてTDN収量は低下し、鋸状曲線を描く。乾物収量とDCP収量ではいずれの時期の生育においても乾物生産がやゝ衰えてくるころよりN含有率、N吸収速度は低下し、同時にDCP収量は著しい低下を示す。マメ科牧草ではTDN、DCP各収量ともに乾物収量とほぼ等しい生産曲線を示し、生産型は乾物、TDN、DCP各収量が類似の傾向にあ

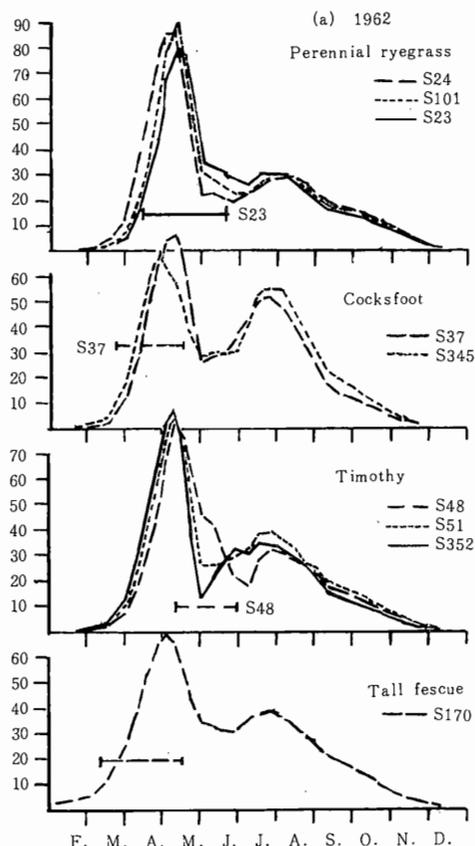


図4 季節別生長

る。各季節の乾物生産速度は(図10)5-6月に生育した1番草の生育は急速、旺盛でイネ科牧草では最高 $35\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ を示し、平均で $15\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ で、これが夏、秋の2、3番草では最高 $15\sim 10\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ で、平均では $8\sim 5\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ と低下している。マメ科牧草では1番草の生育はイネ科牧草に比べてやや緩慢で生産速度もやや小さい。しかし2、3番草はイネ科牧草に劣るといつたことはない。むしろアルファルファ、ラジノクローバのように夏における乾物生産の急速な草種ではイネ科牧草に優る生産を示している。またこれとは別の試験*において、草高を基準として、連続的に処理草高で機械的に刈取り、生産性を比較したが年間合計収量が多い区ほど春の生産は高く、夏、秋と低下している(図5)。さらに1968、1969年の2カ年1番草を 24°C 、 15°C 、 8°C の温度条件で生育させた結果図6のように兩年、またいずれの草種ともに 15°C の生育が最も良好であつた。

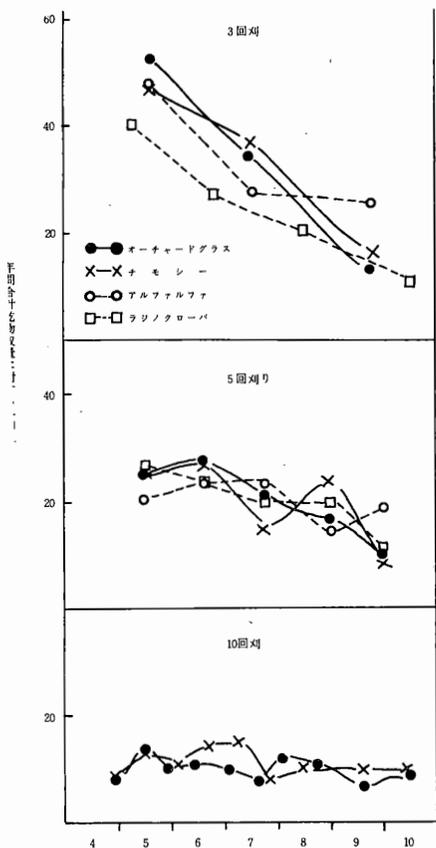


図5 刈取回数と季節生産性 (月寒 1966年)

年間合計収量 (kg/10a)		10回刈	5回刈	3回刈
草種	刈取回			
オーチャードグラス		918.9	1026.7	1615.5
チモシー		784.5	1098.6	1338.9
アルファルファ		—	869.6	1652.5
ラジノクローバ		878.4	1326.1	1257.0

* 本誌講演要旨中に示した。

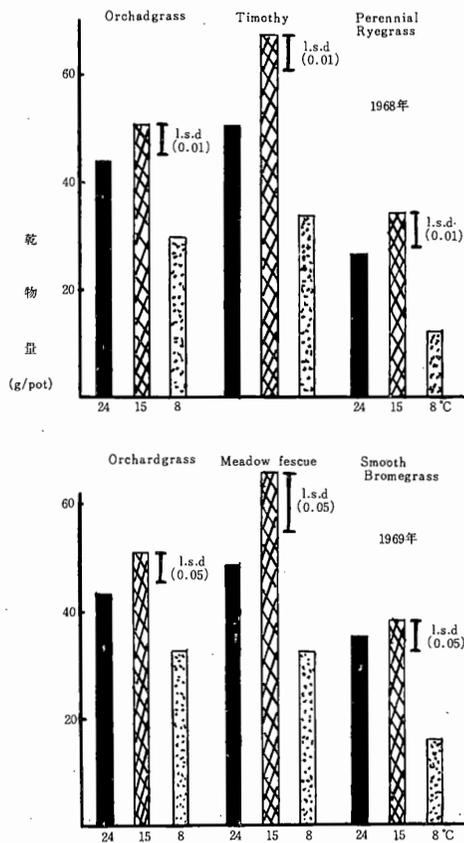


図6 生育温度を異にしたときの乾物収量

これらのことから北海道においても季節による生育の相違、とくに5、6月に生育する1番草の生産性の高い理由は、第1に生育に適する温度条件にあるといえよう。しかし温度とともに日長の問題が伴ってくることは熊井の実験からも明らか

であり牧草それ自体の季節による生育型態の相違が5、6月の生産性を高めていることは見逃せない。表1に図9に示した生産曲線の各時期最終調査時の草丈と自然草高を示したが、草丈では1、2、3番草の間に収量ほど大きな差異を示さないが自然草高では2、3番草に比べて1番草は2倍の値を示し、このような草地における自然草高の差は受光態勢において光利用効率という点においての有利性が大きい。

表1 刈取時の草丈と自然草高 (cm)

刈取期 草種	1 番 草		2 番 草		3 番 草	
	草 丈	自然草高	草 丈	自然草高	草 丈	自然草高
オーチャードグラス	104.5	97.0	94.2	55.0	75.1	42.0
チモシー	110.0	100.0	87.0	56.9	47.2	26.5
スムーズブロームグラス	95.4	85.0	84.0	61.0	46.3	26.0
ペレニアルライグラス	94.0	81.0	69.1	37.0	40.8	26.5
メドーフェスク	105.1	95.1	72.2	42.0	45.3	29.5
アカクローバ	69.6	61.2	73.6	55.0	30.0	23.5
アルファアルファ	103.5	100.0	92.8	81.0	58.2	56.0

このように北海道における牧草の生育型とその生産要因には府県の結果とあまり大きな差異は示されない。異なる点は生育可能期間である。牧草の生育可能平均気温を5℃以上とすると府県と比べてその日数は少なく、また5℃～20℃の適温期間も短かく、牧草の生育開始、または生育終了時点の早晩からの生長曲線は府県と多少異なり、生産性にとつても不利である。しかし20℃以上の高温下における呼吸量の増大に伴う純生産量の低下する期間は、北海道においては府県より短かく、むしろ夏季間については牧草生育には有利な温度条件にある(図7)。

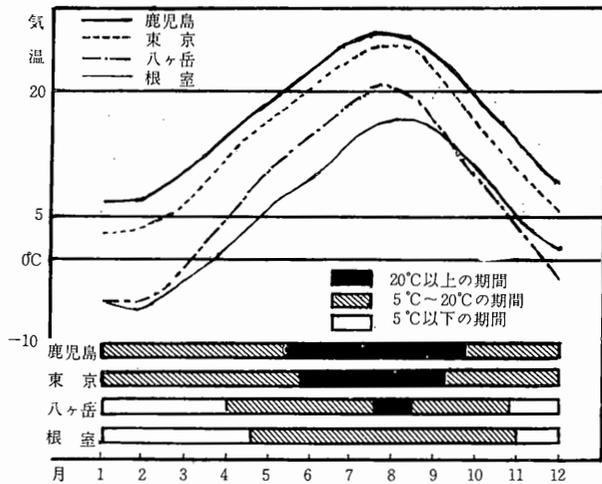


図7 日本各地の平均気温と温度区分

2 北海道における牧草収量

北海道における牧草収量は府県に比べて低いことは各種統計資料、その他資料解説等において指摘されている。例えば川鍋²⁷⁾は生草収量による資料からこれを乾物収量に算出して2表のようにまとめ、北海道の収量は府県に比べ程度にすぎない。但し生育期間は府県に比べて短かく、1日当乾物生産になおすと北海道2.65g、府県6.15g各g/m²でその差はやゝ小さくなる。それでも1/2以下であると指摘している。それでは北海道において牧草の生産力は現実どこまで高め得られるであろうか、過去の成績から考えて見ると、まず、道内各地の農家の多収量事例を第3表で見ると全道10地域平均が生草で10t/10a弱、最高は渡

表2 畜産局調査による牧草収量(g, m⁻²)

	生育 期間 (日)	標準技術の場合		改善技術の場合		調査 例数
		乾物 収量	同1日 当り	乾物 収量	同1日 当り	
北海道	150	297	1.98	397	2.65	25
東北地方	190	808	4.25	1,083	5.70	40
関東地方	220	1,507	6.85	1,694	7.70	21
東海・近畿 北陸地方	230	1,126	4.90	1,388	6.03	20
中国地方	230	1,060	4.60	1,366	5.94	8
四国地方	250	1,226	4.90	1,656	6.62	6
九州地方	250	974	3.90	1,229	4.92	26
府県平均	228	1,117	4.90	1,403	6.15	

注) (1)昭和36年、37年度飼料作物特別指導地栽培成績、畜産局自給飼料課、昭和39年9月による。(2)乾物率は14%として計算した。(3)生育期間は、最低気温5℃以上の期間とした。(4)標準技術、および改善技術は、各地域農業試験場の指導案による。

島、北見の13t、最低は宗谷における7tで、いずれも10a当りで南から北、東に行くにつれてや

表3 道内各地の多収量事例

支庁	刈取期 町村	1番草		2番草		3番草		4番草		合計
		収量	*	収量	*	収量	*	収量	*	
渡島	亀田町	4980	36.6	2790	20.5	3130	230	2710	19.9	13610
松山	今金町	3870	49.8	1448	18.6	1464	18.8	990	12.9	7772
後志	小樽市	3500	38.3	2700	29.6	1760	19.3	1170	12.8	9130
胆振	室蘭市	4290	45.3	3990	42.0	1200	12.7	—	—	9480△
石狩	江別市	4360	42.3	2640	25.6	2160	20.9	1160	11.2	10320
"	千歳市	5430	42.2	3000	23.3	2400	18.6	2050	15.9	12880△
十勝	大樹町	4200	50.6	2100	25.3	2000	24.1	—	—	8300
北見	女満別町	5330	39.3	4337	31.9	2910	21.4	1000	7.4	13577
網走	東藻琴村	4068	51.5	2100	26.6	1725	21.9	—	—	7893
根室	別海村	4100	50.1	2300	28.1	1785	21.8	—	—	8185
宗谷	猿払村	4200	60.3	1710	24.6	1050	15.1	—	—	6960
"	稚内市	3700	35.9	2400	23.3	2850	27.7	1350	13.1	10300
平均		4335	43.9	2625	26.6	2034	20.6	873	8.9	9867

* 合計収量に対する割合(%) △ アルファアルファ混播

「昭和42年飼料作物利用管理優良事例集」 昭和43.3 北海道

や低下する傾向にある。これは生育期間の問題で当然といわなければならない。これを乾物収量に概算すると（乾物率を14%として）渡島で1900kg/10a、宗谷で1000kg/10a、全道平均で1400kg/10aとなりかなり高い生産が現実に行なわれている。また試験機関における過去の成績から高い収量値をひろつて見ると表4のようになり、ほとんどの生草で8t/10a以上、乾物で1500kg前後で、地域間で石狩が一般にやゝ高い傾向にある。以上の事例から各季節の生産量を見ても、1番草が生

表4 試験機関における多収量事例

支庁	試験機関	10a当収量(kg)上段生草・下段乾物					草種掲載成績
		1番草	2番草	3番草	4番草	年合計	
石狩	北農試草地開部	5540	2445	2540	—	10548	オーチャードグラス単播
	草地第3研究室	990	416	434	—	1840	昭和39年度成績書
	〃	4150	2370	2010	—	8530	アルファルファ単播
	〃	780	450	422	—	1652	昭和41年度成績書
	〃	3590	3020	1800	1050	9460	ラジノクロバ単播
	〃	513	341	257	145	1257	〃
	〃	5200	2430	1200	—	8830	アルファルファ単播
	牧草第1研究室	1054	529	242	—	1825	昭和44年度試験成績書
	〃	3350	2100	1380	—	6830	オーチャードグラス単播
	〃	754	489	323	—	1566	本書第1図より
〃	〃	3270	2100	1700	1400	8170	アルファルファ単播
	〃	684	399	349	218	1649	〃
〃	酪農大学(江別市)						オーチャードグラス単播
	〃	535	360	443	281	1618	酪農大学紀要3(1967)
宗谷	道立天北農試	3972	2355	1843	—	8170	アルファルファ単播
	天塩支場	594	467	392	—	1453	昭和41年度試験成績書
網走	北農試	4868	1058	1460	—	7386	アカクロバ・チモシー混播
	草地第5研究室						昭和43年度試験成績書
	興部町	5300	3500	—	—	8800	オーチャード・アカクロバ・チモシー・ラジノクロバ混播
〃	北農試;道北農業	742	490	—	—	1232	昭和39年度道北農業の新技术導入に関する試験成績書
	〃						
宗谷	猿払村(道営牧場)	4950	2700	—	—	7650	〃
	〃	693	378	—	—	1071	〃
十勝	北農試畑作部	5155	1688	1438	—	8281	チモシー単播
	家畜導入研究室	1289	270	244	—	1803	昭和42年度試験研究成績書

草 10a 当り 4~5 t、乾物で 800kg 前後、2 番草では生草 2~3 t、乾物で 400kg 前後と低下し、3 番草ではさらに少なく生草 2 t、乾物 300kg 前後で、年間合計収量に占める割合は 1、2、3 番草それぞれ 50、30、20% の割合で、1 番草収量の高い事例ほど年間収量が多い。

とにかくこれらの事例から北海道においても現段階で生草 8t/10a 前後、乾物 1.5t/10a の生産は可能であつて、決して高位生産技術がないわけではない。

それではなぜ北海道の牧草収量は低いのであろうか。生育可能期間は府県に比べて短かく、また道内においても 10~20 日間位の差が見られ(図 8) それだけ収量は低くなる。

しかし各季節の乾物生産速度は府県に比べて

かならずしも低くはない。また各季節における生育の Pattern もやゝ類似し、乾物生産の基本的要因にはそれほど問題とすべき点はないように思う。

府県にくらべて北海道が一般に低収量である理由は経営的側面、すなわち、立地条件からの経営形態の相違による、集約生産の要求度が少ないという点が大きく働いているのではなからうか。これから多頭化が進み草地の集約生産の要求度が多くなつたときには収量のレベルアップはそう難しい問題ではないと筆者は考える(少なくとも生草 7~8 t/10a の収量に対しては)。なぜならば、統計表に示される収量数値について、それを得るための肥料代についてみると、表 5 に生草収量と肥料

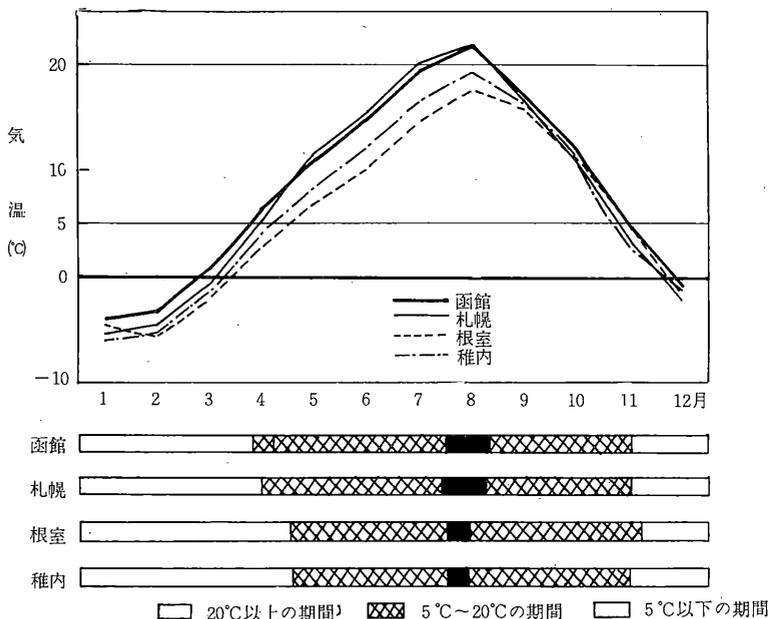


図 8 北海道各地の平均気温

表 5 牧草の肥料投入費

草 種	10a 当肥料代 (円)		北海道対する 府県の倍率	10a 当生草収量 (kg)		北海道対する 府県の倍率
	府 県	北海道		府 県	北海道	
チ モ シ ー	2,801	701	4.0	5,753	2,774	2.1
オーチャードグラス	2,585	35	7.4	3,743	2,725	1.4
ク ロ ー バ	1,455	256	5.7	4,839	3,363	1.4
混 播	1,529	591	2.6	4,522	2,967	1.5

昭和 41 年度「農産物費調査報告」第 4 集 43. 12. 農林省統計調査部

「北海道農畜産物生産費調査成績」42. 8. 北海道農林統計協会

代を府県の平均値と比べて示したが、肥料投入費は府県に比べて $\frac{1}{2}$ にすぎない、しかし収量では $\frac{1}{2}$ 以下である。また表3、4の多収量事例における施肥料をみると(表6)統計表にみられる施肥量よりはるかに多くこれを金額に換算すると平均2,600円前後で、丁度、統計表にみられる府県における肥料代と同じ額になり、収量ではむしろ多く、相対的には同じ施肥量で高い収量が得られる計算に

表6 多収量事例の施肥量

支 庁	施 肥 量 町 村	年間合計施肥量(要素kg/10a)				肥料および分施肥回数
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	そ の 他	
渡島	亀田町	43.0	21.0	21.0	堆肥4t 牛尿6t炭カル 150	単肥配合 6回分施
松山	今金町	13.7	7.5	1-2.0	堆肥2t	単肥配合、草地用高度化成 3回分施
後志	小樽市	11.0	6.4	4.0	尿4.5t	" 化肥1回 尿3回
胆振	室蘭市	5.4	9.9	9.9		草地化成 3回分施
石狩	江別市	5.4	4.0	7.0	牛尿2t	単肥配合 2回分施
"	千歳市	5.1	12.2	11.0	炭カル 200 尿2t	草地化成 3回分施
十勝	大樹町	8.7	2.7	8.7		" 分施 回数不明
北見	女満別町	17.0	23.0	35.0	炭カル 300	単肥配合 5回分施
網走	東藻琴町	15.0	5.1	8.0		" 2回分施
根室	別海村	11.0	6.0	11.0		単肥配合、NK化成 2回分施
宗谷	猿払村	6.7	11.6	8.8		草地用高度化成 2回分施
"	稚内市	2.8	8.4	0.8	牛尿(取ごと)	単肥+草地化成 1回牛尿4回
平 均		12.1	9.8	11.4	単肥換算 硫安=60、過石=50、硫加=22kg/10a	
肥料代(円)		1210	882	570	計 2662 (kg当N=100円、P ₂ O ₅ =90円、K ₂ O=50円として算出した)	

第3表の資料による

なる。したがって収量向上は施肥量を増加することのみによつても達成できると思われる。牧草が施肥に対する反応が大きいことはすでに多くの試験結果で示されている。しかし単なる施肥量の増加のみであつてはならない。合理的施肥体系のもとに、効果的に施与しなければならないことはいうまでもない。また施肥量の増加は当然牧草の生産費を増大し、経営全体に影響を与えるものであるが、増肥は必ずしも金肥には限らない。多頭化によつて当然増大する家畜の排泄物を効果的に利用することによつて軽減されるであろう。

草地の施肥と生産性については紙面の都合上別な機会に紹介したい。

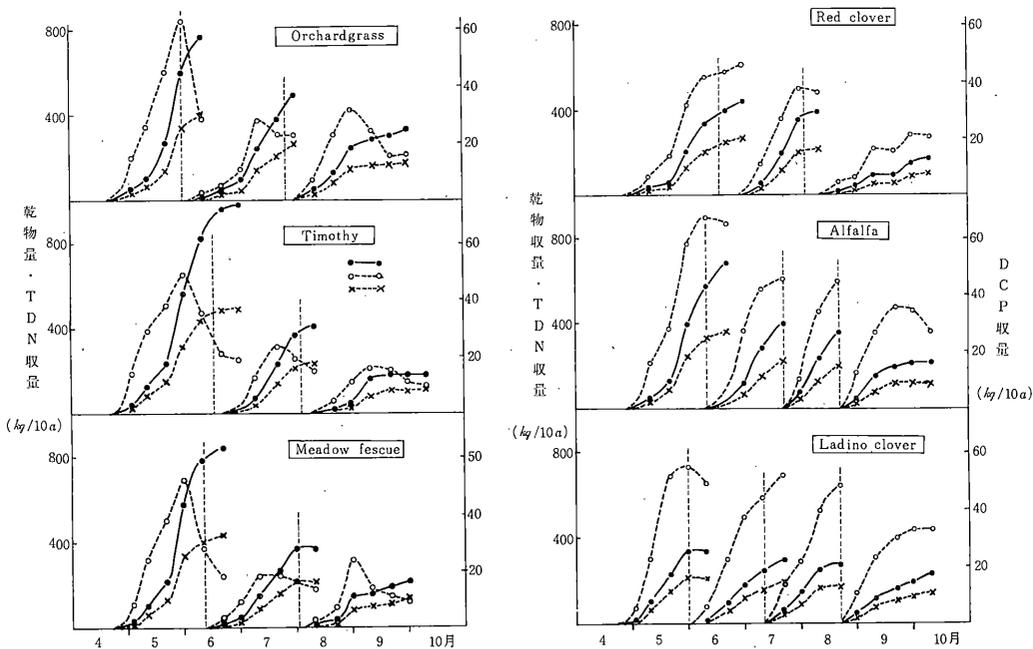


図9 乾物、DCP、TDN各収量の生産曲線

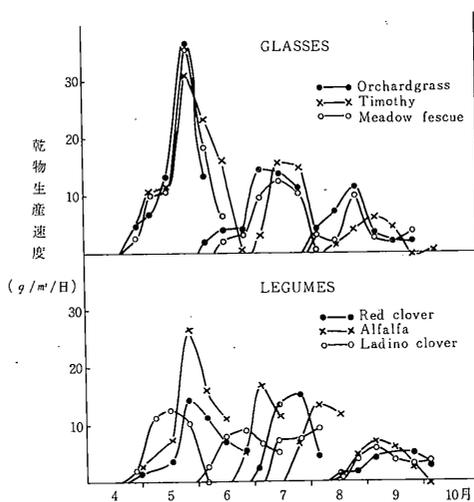


図10 乾物生産速度

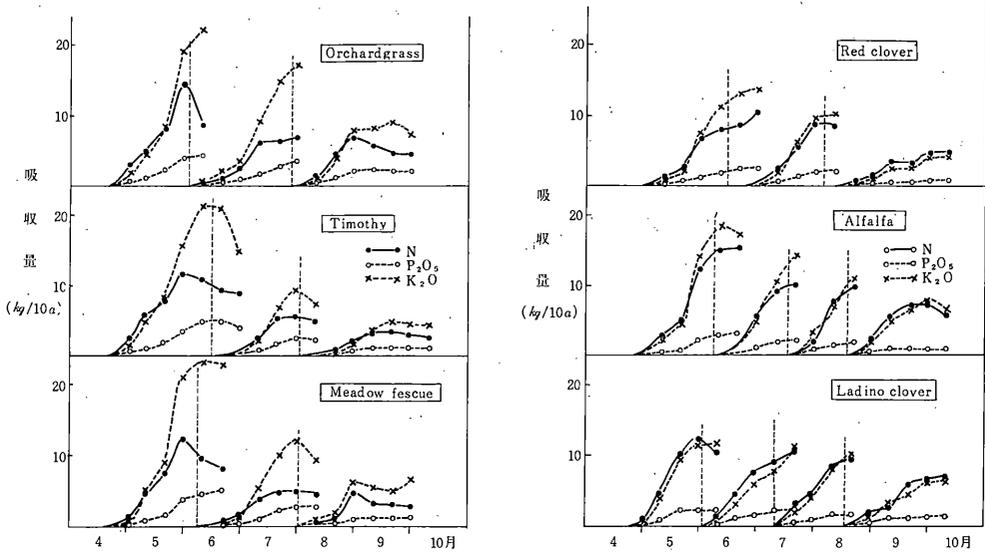


図 11 3要素の吸収経過

引用文献

- 1) Watson, D. J. (1952); The Physiological basis of variation in yield. *Advances in Agronomy*, 4. 105-
- 4) 石塚喜明・田中明 (1963); 「水稻の栄養生理」(養賢堂)
- 5) 串崎光男・星忍・伊藤邦男 (1953); 北海道における主要農作物の肥料要素吸収量に関する試験、*「北農」* 28(5). 3-25
- 6) 大島栄司 (1962); 受光条件を中心としたてん菜の光合成に関する研究、*北・農・試報告*、59
大島栄司 (1964); てん菜の生育相に関する研究 I. 環境要因の正味の同化量に対する影響、*北・農・試彙報*、83. 17-23
- 7) 串崎光男・安田環 (1964); てん菜の生育過程における物質の消長、*北・農・試彙報*、83. 71-77
- 8) 串崎光男・安田環 (1957); 馬鈴薯の栄養生理学的研究 (第1報) 馬鈴薯の生育過程における無機要素の推移、*北・農・試彙報*、72. 72-81
- 9) 梅村芳樹 (1968); ばれいしょ育種、とくに高澱粉育種における生育解析的方法の導入 第9号、62-64
- 10) 石塚喜明・金雄柱 (1967); トウモロコシの栄養生理学的研究 (第1報) 生育に伴う同化物の生成と養分吸収に関する研究、*土肥誌*、38. (11) 407-412
- 11) 田中明・石塚喜明 (1969); 同上 (第2報) 生育相の展開にともなう無機養分および炭水化物の集積・移動経過、*土肥誌*、40. 113-120
- 12) Donald, C. M. (1963); Competition among crop and pasture plant. *Advances in Agronomy*, 15. 1-105
- 13) Black, J. N. (1957); *Herb. Abst.* 27. 89-
- 14) Brougham, R. W. (1958); Interception of light by the foliage pure and mixed stands of pasture plants. *Aust. J. Agric. Res.* 9(1) 39-52

- 15) Cooper, J. P. and N. M. Tainton (1968); Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses. Herb. Abst. 38. 167-176
- 16) Anslow, R. C and J. O. Green (1967); The seasonal growth of pasture grasses. J. Agric. Sci. 68. 109-
- 17) Anslow, R. C (1967); Frequency of cutting and sward production. J. Agric. Sci. 68. 377-
- 18) Langer, R. H. M (1958); A study of growth in swards of Timothy and Meadow fescue. I. Uninterrupted growth. J. Agric. Sci. 51. 347-
- 19) 熊井清雄・広瀬又三郎・真田雅(1965); 飼料作物の乾物生産に関する研究(第1報)ラジノクローバの生育相ならびに季節別の生長解析について、日草誌、11. (1) 7-13
- 20) 大泉久一・渡辺潔・関村栄(1964); オーチヤードグラス生育の季節的变化、東北農・試・研究報告、30. 95-104
- 21) 酒井博・川鍋裕夫・藤原勝見(1969); オーチヤードグラス草地の乾物生産と生産過程、I. 季節間の生産量の比較、日草誌、15. (3) 198-205
- 22) 熊井清雄(1969); 牧草の電照栽培、「農業技術」 24. 574-576
- 24) 能勢公・平島利昭(1969); 放牧用牧草(単葉)の時期別同化量について、昭和44年度北海道草地研究会講演要旨 p18
- 25) 原田勇(1964); 牧草の養分吸収過程並びにそれに基づく合理的施肥に関する研究、(第1報)普通栽培による牧草類の養分吸収 土肥誌、35. (1) 6-12
 ——(1964); 同上(第2報)普通栽培による牧草の生育に伴う有機構成成分の変遷、土肥誌、35. (5) 165-170
 ——(1964); 同上(第3報)牧草類の再生長過程における養分吸収、土肥誌、35. (8) 290-295
- 26) 林 満(1968); 北海道における主要草種の生育特性、北海道開発局官房調査課、または昭和42年度北・農・試草地開発部、草地第3研究室成績〔II〕(1968)
- 27) 川鍋裕夫(1969); 牧草の乾物生産、「農業技術」 24. 10-15