

牧草の周年栄養生理と肥培管理 に関する研究

1 施肥法の相違が牧草生育の経年的変化に及ぼす影響

坂本 宣崇* 奥村 純一*

Perennial Physiology of Pasture and Sward Management

I. Effects of application methods of fertilizer
on pasture productivity

Nobumitsu SAKAMOTO* and Jun-ichi OKUMURA*

オーチャードグラスについて生育収量の経年推移を刈取り回数を年3回、最終刈取りを9月下旬の危険帯前の条件で、窒素の施肥配分が異なる4種の施肥法について3カ年間検討した。1年目の年間収量には差がなかったが、経年化とともに次第に変化し、3年目にいたり、秋に重点をおいた施肥法が有意な差を示した。この収量の経年変化にもっとも関与したのは1番草収量であった。すなわち、1年目の1番草は同一植生からスタートするから収量は窒素用量に単純に比例した。しかし、2年目以降では施肥配分の相違が晩秋における牧草の栄養状態に差を生ぜしめた。このため越冬時までの新分けつ発生や養分蓄積などが著しく異なった。この傾向は萌芽再生から節間伸長にいたる1番草生育に顕著な影響を与え、秋に重点をおいた施肥区の収量が飛躍的に高まった。このように牧草生育を周年栄養生理的に追跡することは永年の維持管理法を確立する上で必要であろう。

I 結 言

草地に関する研究は、主として昭和30年代の前半から開始され、その後の農業基本法制定を契機に飛躍的な展開がなされて今日に至っている。しかし、当初は導入草種の選定、造成方式、利用方法、肥培法など、時代の要請に即応するテーマが主体を占めたことは当然の趨勢でもあった。勿論、当時の土壌肥料に関する成績も、年内の生育期間を通じて収量向上を策したものが多かった。けれども、牧草は春→秋で生育が終了するのではなく、それに引き続く越冬→春へと、常に連続していくものであるから、当該年の成果のみをもって論ず

ることは危険を生ずる。これらの反省をもとに、次期の生育をも配慮しながら草地の維持管理法を追求するためには、あらたな栄養生理的概念の導入が不可欠となってきたのである。

さて、北海道の草地酪農地帯における牧草の栄養生理的研究は、高緯度、短夏、厳冬、積雪などの気象環境の枠組みのなかで、如何にこれらを克服するかにある。つまり、牧草側からみると萌芽再生の遅速、spring flash、秋の収量低下、越冬性などの項目に置きかえうと思う。

これら諸問題の解明は、前述した研究の流れを経て昭和40年代から着手された。主要なテーマとしては、放牧期間の延長の画策^{1,3,13)}、spring flashの抑制と秋の収量向上を骨子とする季節生産性の平準化^{2,4,6)}、最終利用時期と越冬性の関連¹⁰⁾、秋施肥効果の解明^{7,8,11)}、年間の施肥配分と草地の永続性

1975年12月8日受理

*北海道立天北農業試験場、枝幸郡浜頓別町

に関する試験⁵⁾などがあり、これらの諸成果は草地の維持管理法に画期的な進展を与えた。しかし、これらの研究は草地管理上の部分的問題の解決において、具体的指針を与えているに止まっている場合が多く、各番草相互の関係や草地生産の経年的変遷などに関して十分系統立てた説明を与えるには至っていないと思われる。事実、筆者らは、さきに最終番草の刈取り時期および秋の施肥時期と越冬性、そしてその後の1番草生育との関連などについて、ある程度明らかにしてきたが、これら牧草の越冬生理に関する諸研究での体験を通じて、1番草の生育条件は順次2番草のそれを規制していくものと考えている。

このように、草地を研究対象とするとき、個々の生育面の解明から一歩進めて、各番草相互の関連、年間の収量構成、草地の植生および収量の経年的変化などを一貫して追求する方法、換言すれば周年栄養生理的観点で整理することが必要と考えられる。

本稿は、各種の施肥法により特徴づけられた牧草生育の経年推移を検討したものであるが、併せて筆者らがこのシリーズで展開しようとしている意図の緒口としたい。

なお、本研究の遂行に際し当场土壤肥料科山神正弘研究員には有益な助言をいただいた。また、本報告の御校閲と貴重な御指導をいただいた当场永田俊郎場長並びに道立中央農試松代平治化学部長に謝意を表す。なお、本報告は塩安協会と共同実施した成績の一部を使用させていただいた、同協会の井利一専務理事に深謝する。

II 試験方法

本試験は同一施肥量の条件下において、窒素の施肥配分を変えることによって、特徴づけられた牧草生育の累積的経年推移を検討したものである。すなわち、天北農試第3圃場のオーチャードグラスが優占する造成5年目草地を用い、1973年春から3年間継続処理した。年間施肥量はN、P₂O₅、K₂O、それぞれ15-10-18 kg/10 a(以降kgと略す)であり、このうち共通肥料のP₂O₅(過石)は早春に全量、K₂O(塩加)は早春および1・2番草刈取り後に各6 kgを均等施肥することとし、N(塩安)の施肥配分は表1に示した通り4区とした。

表1 窒素の施肥配分 (kg/10 a)

試験区	施肥時期				年間合計*
	早春時	1番草刈取り後	2番草刈取り後	3番草刈取り後	
早春全量区	15	-	-	-	15.0
標準区	7.5	5.0	2.5	-	15.0
秋施肥区	5.0	5.0	2.5	2.5	15.0
後期重点区	2.5	5.0	7.5	-	15.0

*施肥法の差異を明確化させるため、慣行施肥量より多い。

すなわち、標準施肥区(以降は標準区と省略する)は当該番草の収量に対応する施肥配分であるが、早春全量施肥区(早春全量区)は年間全施肥量を早春萌芽時に投入する方法で、しばしば農家が用いることがある。秋施肥区は標準区の早春時施肥量7.5 kgのうち、2.5 kgを秋施肥として前年秋(3番草刈取り後)に先取り配分し、牧草の越冬態勢の充実を目的とする施肥法で、この理由の詳細¹¹⁾はすでに報告した。一方、後期重点施肥区(後期重点区)は標準区と全く逆の施肥配分であり、永續確収を策する間接施肥法⁹⁾である。刈取り時期は、1番草を6月上旬(穂揃い期)、2番草を8月上旬、3番草を「翌春の収量を低める危険な時間帯¹⁰⁾」以前の9月下旬までに刈り終え、秋施肥区においては直ちにN 2.5 kgを追肥した。

なお、調査法の詳細はその都度述べることとする。

III 試験結果

1 異なる施肥法が牧草の年間収量に及ぼす影響

供試した4種の施肥法と年次別合計収量について示したのが表2である。

表2 異なる施肥法と年次別合計収量

試験区	収量*(kg/10 a)		
	1年目	2年目	3年目
早春全量区	1,141	877	874
標準区	1,271	944	1,031
秋施肥区	1,163	1,011	1,126
後期重点区	1,192	980	1,000
(処理差)	N・S	N・S	5%LSD=87

*収量は以下すべて乾物で示す。

これによると、1年目では標準区>後期重点区>秋施肥区>早春全量区の順となったが、大差はない。まず、秋施肥区の3番草刈取り後に与えた2.5kgの窒素は、もはや当年の収量に貢献してはいないので、実際はN:12.5kgによってえられた収量と見なすことができる。従って、当然下位にランクされるべき施肥区である。また、後期重点区の2番草刈取り後にN:7.5kgを施用した場合も、3番草の収量水準が低いことから、施肥窒素が当該番草の収量増加に卓効を示したとは考え難いので、標準区のそれを上廻るには至らなかった。さて、施肥量の異なる秋施肥区を除く3施肥法は上述の様相を認めたものの、統計処理による有意な差がなかった。このことについて、さきに林ら⁹⁾および筆者¹²⁾らは、窒素施肥量が同一条件ならば、施用時期と回数間に有意な差を認めえなかったことを報告したが、ここでもその傾向が支持されていた。

2年目になると、収量傾向は僅少差であるが秋施

肥区>後期重点区>標準区>早春全量区に変化した。この年度からは窒素施用量が各区とも同量の15kgとなっており、秋に重点を置いた施肥処理が相対的に高い結果を示した。

3年目では前年の傾向がほぼ持続し、とりわけ早春全量区の落込みが目立ち、有意差を認めるようになった。

以上の試験期間を通じ、処理開始当年はspring flashを助長させる春期重点施肥法によって収量の確保がなされても、次第に減収を招来し、それに代って牧草の越冬態勢に寄与する施肥処理群が威力を発揮してきたとみることができる。

この収量順位の変化を検討するため、年間収量および各番草について、標準区に対する指数を算出し、また年間収量指数の変化に大きな影響を及ぼす番草を推測するために、1年目収量指数と2・3年目収量指数との差を求め、その結果を表3に示した。

表3 年間および各番草指数、および1年目指数と2~3年目指数との差

年次	試 験 区	標準区に対する指数			1年目との指数の差				
		年間合計	1番草	2番草	3番草	年間合計	1番草	2番草	3番草
1年目	早春全量区	90	110	84	58	/	/	/	/
	標準区	100	100	100	100				
	秋施肥区	92	82	99	98				
2年目	後期重点区	94	69	95	144	3	25	13	-13
	早春全量区	93	135	97	45		0	0	0
	標準区	100	100	100	100		15	44	2
3年目	秋施肥区	104	88	109	126	10	19	14	-16
	早春全量区	85	116	94	44	-5	6	10	-14
	標準区	100	100	100	100	0	0	0	0
1年目	秋施肥区	109	128	98	101	7	46	-1	3
	後期重点区	97	85	93	114	3	16	-2	-30

標準区に対する各区の年間収量指数は前掲表2の様相と同じである。これを各番草毎に検討すると特徴的な傾向がうかがわれる。すなわち、早春全量区の1年目は1番草で10%の増加を示すが、3番草では逆に42%の減少となり、2年目を経て3年目に至ればspring flashを加速化させる春期重点施肥法であっても指数116に止まり、1年目の指数との差は6となった。一方、秋施肥区における1年目の1番草は、窒素施用量が標準区に比べて少ないために82を示したが、2・3年目ではそれぞれ126、128に上昇し、1年目と比較して44、46の指

数増をえた。しかし2、3番草間では顕著な差が認められなかった。後期重点区の場合は、標準区とは全く逆の施肥法であるから、1→3番草へと指数の急激な上昇があるのは当然としても、1年目における1番草と3番草を比較した場合の極端な差は、3年目に至ると小さくなっている。つまり、年次の経過とともに2番草刈取り後に多用した窒素が、その後における3番草の生育を通じて越冬態勢を徐々に高めた結果として、施肥量の少ない条件でも1番草が次第に収量指数を増加するに至ったことによると考えられる。

これらの事実から、異なる施肥法によって年間収量指数の変化にもっとも影響を及ぼしたのは1番草収量であったといえる。換言すれば、牧草に対する施肥法の優劣は、当該年の収量をもってのみ論ずることは危険性があり、経年的な累積施肥効果、とりわけ秋→越冬→春を経た1番草生育の生産の重要性を指摘しうる。次項以降は、この点を念願に入れ、牧草の生育経過を順次述べることにする。

2 試験1年目と2年目の各1番草同志間の収量構成の比較

草地に対して異なる施肥配分をした場合1年目と2年目以降の年間収量傾向に明らかな変化が認められたが、この主たる原因は1番草であった。1番草収量の成立について前報¹¹⁾において、前年秋の利用管理によって越冬時における貯蔵養分量や

分けつの構成が決定され、この結果として越冬性および萌芽性などの春の生育の出発点が支配されることを指摘した。また、1番草収量は生殖生長期における節間伸長に由来した急激な乾物生産の有無により、他の番草とは決定的に区分され、この乾物増の担い手である出穂茎数は前年秋までに確保された分けつが大部分である。従って、牧草のように栄養体の全部を収穫対象とする作物であっても、出穂茎数を中心に分けつを区分して検討することは、1番草収量と肥培管理法との関連を理解するうえで有効であろう。

1番草収穫時における分けつの分類には、生育相によって栄養生長茎、生殖生長茎と分ける方法や、出穂の程度によって閑塚¹⁴⁾が出穂茎、穂孕茎、節間伸長の途中の節間伸長茎および幼苗茎に区分した報告があり、また出穂茎、伸長茎、幼苗茎などの

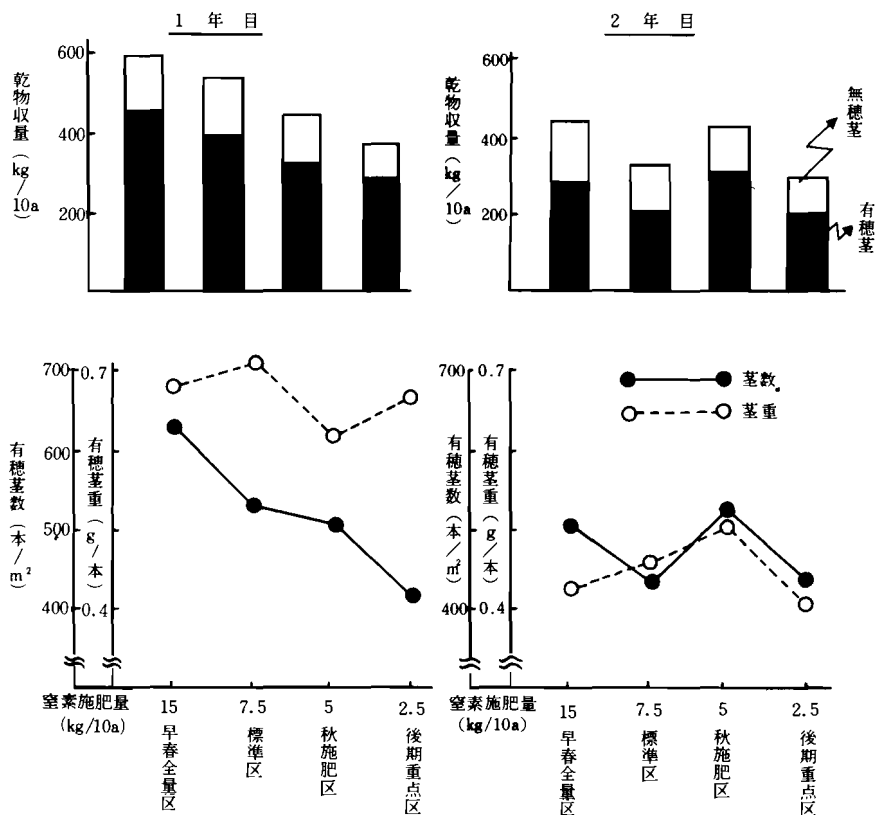


図1 1年目および2年目の1番草収量とその構成

分類法がある。本試験では、1番草の刈取りを穂揃い期に実施しているが、この時点における開花始期から出穂、穂孕および節間伸長途中までの分けつ、すなわち生殖生長茎を有穂茎としてグルーピングし、節間伸長が外見的に認められない分けつ、および幼分けつを便宜上無穂茎とした。なお有穂茎が刈取られると、その後の再生は不能であり、無穂茎が次期番草へと再生してくる。

さて上述の観点をもとに、試験1年目と2年目の各1番草同志間の収量およびその構成について検討した。この調査結果を図1に、また収量構成要素と1番草に対する窒素用量との相関を表4に示した。

表4 1番草の収量構成要素と窒素用量との相関表

年次	有穂茎数	一茎重	有穂茎収量	無穂茎収量	合計収量
1年目	0.9585*	0.2691	0.9525*	0.8439	0.9247
2年目 a	0.0575	0.6939	0.2594	0.8657	0.7227
" b	0.1721	0.6516	0.0299	0.9577*	0.8594

a 秋施肥区の施肥量を 5.0kg/10a とした場合

b " " 7.5 " "

* 5%水準で有意

これによると1年目の1番草収量は窒素用量に比例し、この収量の大部分は有穂茎によって占められている。有穂茎収量は窒素用量と高い相関($r=0.9525$)を示し、またこれを構成する単位面積当たりの有穂茎数と一茎重のうち、前者は高い相関($r=0.9585$)を示したが後者には明確な傾向が認められなくなった。2年目になると、収量は窒素用量に比例しなくなり、相対的に早春全量区が低下し、秋施肥区および後期重点区の収量が上昇した。この内容についてみると、有穂茎の様相が一変したことである。すなわち、4処理間の比較において、早春全量区の有穂茎数が低下し、秋施肥区および後期重点区では高まっている。一茎重も早春全量区が激減し、秋施肥区での上昇が著しかった。

これらの理由について若干の推測をすると、施肥処理を開始した1年目では、萌芽時における茎数や貯蔵養分濃度などの栄養生理的態勢が同一条件のために、窒素用量に単純に response したと考えられる。しかし2年目になると、前年中の施肥配分の相違に由来した萌芽時における牧草の状態が異なってくる。つまり、1番草収量の構成要素を規制する力は、前年の施肥法が支配的に作用する

ようになってくるものと思われ、早春の窒素施肥は秋から醸成された構成要素の資質を強く引き出す技術として受けとることができよう。これらの傾向は、後述する3年目1番草でもさらに増幅した姿で反映していた。

3 2年目2番草から3年目1番草にかけての生育追跡

つぎに、2年目2番草から3年目1番草までの収量および収量構成要素の軌跡を辿ってみた。まず表5に2年目2番草収量の構成について示した。

表5 2年目2番草の収量構成 (1974.8.1)

試験区	2番草に対する施肥量(kg)	N含有率 (%)	収量 (kg/10a)	一茎重* (g/本)	茎数 (本/m ²)
早春全量区	0	1.94	309	0.31	1,000
標準区	5.0	2.13	317	0.32	1,040
秋施肥区	5.0	2.13	318	0.32	1,010
後期重点区	5.0	2.05	339	0.31	1,100

*一茎重は以下すべて乾物である。

早春全量区を除いた各区の2番草に対する窒素施肥量はいずれも5kgである。しかし、収量およびこれを構成する茎数、一茎重は各処理間であまり差が認められなかった。このことから考えると、早春全量施肥した場合の残効が2番草へほぼ持続していたとみることができる。

さて、1番草は有穂茎が主体を占めたが、当該茎の次期再生は不能であるから、無穂茎として分類されたものが2番草に引き継がれることになる。一方、前掲表4において、2年目1番草の無穂茎収量は1年目のそれよりも当該番草に対する窒素施肥量との相関が若干高い傾向を示していた。従って、早春全量区は無施肥状態のためさておくとして、2番草へは標準区(早春時にN7.5kgの施肥)が他区よりも良好な収量構成因子を継承させてよいはずなのに、大差のない値であった。これは2番草の姿が実際は多岐の内容を含む分けつ茎の1番草生育における栄枯盛衰の結果であるから、これらの分けつを一括して論ずることは問題であろう。本報告では有穂茎、無穂茎にグルーピングして一応の目安としたが、今後2番草の収量構成を検討するに際しては、改めて詳細な分けつ茎消長を辿る積りである。

つぎに、3番草の収量構成について調査した結果を表6に示した。

表6 2年目3番草の収量構成(1974.9.18)

試験区	3番草に対する施肥量(kg)	N含有率(%)	収量(kg/10a)	一茎重(g/本)	茎数(本/m ²)
早春全量区	0	2.29	124	0.17	730
標準区	2.5	2.41	277	0.24	1,190
秋施肥区	2.5	2.35	278	0.25	1,130
後期重点区	7.5	2.69	348	0.28	1,260

3番草になると、後期重点区>秋施肥区、標準区>早春全量区の収量順を示し、当該番草に対する窒素施用量に従った。この傾向は、早春全量区においての茎数と一茎重の明らかな減少、および後期重点区での一茎重の増加と茎数の高まりによってもたらされた。一方、施肥量の等しい標準区と秋施肥区では収量とその構成内容も同じ値を示し

た。つまり、2番草時点での収量はほぼ無穂茎によって占められ、また各区間の差が認められない状態で3番草の生育がスタートしたから、収量を構成する要因は各区とも整一な条件であった。従って、窒素施肥の多寡がこれらの様相を惹起せしめたものと思う。

3番草を9月18日に刈取った後の生育は、形態的には株部および根部重量の増大、新分げつと新根の発生が進行する。また生理的には、これらの部位の炭水化物濃度が高まってくる。この活動は11月上旬まで続き、以後の気温低下によってほとんど停止するに至る。表7は越冬前(11月8日)における各分げつを掘取り調査(25cm×25cm枠、3反復)した結果を示した。

表7 2年目越冬前の茎数および株部一茎重(1974.11.8)

試験区		既存分げつ*		3葉分げつ**	秋の新分げつ***	
		主茎	4~6葉		2葉	1葉
早春全量区	茎数(本/m ²)	469	225	384	48	187
標準区		688	282	331	176	586
秋施肥区		655	388	395	801	725
後期重点区		635	160	426	225	629
早春全量区	一茎重(g/本)	83.6	26.0	18.7	15.3	8.2
標準区		85.3	34.0	19.7	22.3	7.6
秋施肥区		100.0	52.0	31.0	26.3	11.2
後期重点区		105.7	48.0	28.0	22.0	10.0

- * 3番刈取り時にはすでに存在し、茎葉部は1回以上刈取られている。
- ** 3番草の生育途中で発生し、3番草刈取り時において刈取り高さに達していなかった分げつを指す。
- *** 3番草刈取り後に発生した分げつで、主として分げつ芽を指す。

これによると、各施肥処理間における既存分げつ数には大差がないが、3番草刈取り時において1~2葉分げつであったとみられる3葉分げつ数は、後期重点区でやや多かった。さらに、3番草刈取り後に発生した新分げつ数は秋施肥区において卓越して高く、次いで後期重点区>標準区>早春全量区の順となっていた。また一茎重についてみると、既存分げつでは後期重点区>秋施肥区>標準区>早春全量区、3葉分げつ以下では秋施肥区>後期重点区>標準区>早春全量区の傾向であった。つまり、3番草刈取り後から越冬直前まで生育に対し、窒素供給が多いほど茎数および一茎重が高水準に達していたことになる。

つぎに、晩秋における株部の貯蔵炭水化物濃度

は越冬性と深いかかわりあいがあるので、3番草刈取り時点および越冬直前(11月8日)のTACとT-Nについて分析し、その結果を表8に示した。

表8 2年目3番草刈取り時および越冬前の株部のTAC、T-N濃度

試験区	TAC(%)		T-N(%)	
	3番草刈取り時	越冬前	3番草刈取り時	越冬前
早春全量区	30.3	46.3	0.70	0.95
標準区	16.3	45.5	1.03	1.10
秋施肥区	17.4	41.4	0.97	1.53
後期重点区	13.6	42.5	1.25	1.16

*0.25%蓚酸で抽出しAnthrone法で定量した。

これによると、3番草刈取り時における TAC 濃度は、3番草の生育時に供給される窒素量が少ない区ほど高い。すなわち、窒素供給の枯渇していた早春全量区では、すでに 30% に達し、施肥量の等しい標準区と秋施肥区はそれぞれ 16%、17% で低い値を示し、窒素施用量の多かった後期重点区は 13% に過ぎなかった。しかし越冬前の 11 月 8 日になると、TAC 濃度は全般的に上昇し、早春全量区、標準区では 46% と高く、次いで後期重点区は 43%、3番草収穫後に N 2.5 kg が追肥された秋施肥区で 41% を示した。TAC 濃度の各処理間差は僅かであり、いずれも 40% 以上であることから、越冬性については問題のない値^{8,10)}と思われる。一方、単位面積当たりの貯蔵炭水化物量は、茎数×一茎重×TAC 濃度として示されるから、秋施肥区や後期重点区といえども越冬に要する貯蔵養分量はきわめて高い水準であると判断された。

このような条件で 3 年目を迎えたのであるが、越冬後の融雪から 1 週間を経過した萌芽時(4 月 25 日、早春時の施肥直前)における各分けつごとの茎数と一茎重を調査し、表 9 に掲げた。なお調査法は前掲表 7 の場合に準拠したが、萌芽時においては前年秋に存在した刈取り跡の葉鞘や葉身など分けつの分類上の目安はほとんど消失しているので必ずしも十分な区分とは言い難かった。また越冬中に呼吸消耗および雪腐れ病などによって幾分分けつが脱落していることが観察された。一方越冬前の調査後から春の萌芽 1 週間に若干の生育があった。従って表 9 のデータはこれらの作用の合計値ということになる。これより特徴的な事項を抽出すると、茎数は既存分けつにおいて大差は

表 9 3年目萌芽時の茎数および一茎種(1975.4.25)

試験区		既存分けつ	4葉分けつ	3葉分けつ	2葉分けつ	1葉分けつ
		茎数(本/㎡)	408	219	251	139
早春全量区	標準区	428	176	357	128	192
秋施肥区	後期重点	517	443	784	299	208
早春全量区	標準区	496	245	347	155	213
秋施肥区	後期重点	48.7	28.2	12.8	10.6	3.4
早春全量区	標準区	35.9	17.9	12.3	6.0	3.5
秋施肥区	後期重点	44.4	24.5	15.4	7.3	3.7
早春全量区	標準区	36.9	21.8	10.5	6.6	2.9
秋施肥区	後期重点					

ないが、4葉および3葉分けつは秋施肥区>後期重点区>標準区>早春全量区の順となり、また、2葉および1葉分けつもほぼ同様な傾向がうかがえた。一茎重は各分けつとも越冬期間中に低下したが、早春全量区が他区に比べ各分けつとも乾物重は高かった。これは同区の株中の窒素濃度が低く TAC 濃度が高かったことによって越冬中の呼吸消耗が少なかったからと思われた。しかし、一茎重と茎数との積によって貯蔵炭水化物の容器が決定されることを考えれば、秋期における適量の窒素供給は、多量の分けつ数を確保する手段とみなせる。

以上のことから、前掲表 7 で示した既存分けつも含め、前年秋に発生した分けつが翌春の収量を構成するから、これら分けつの脱落を如何に防止し、有効化させるかが問題となろう。その意味において秋施肥区の効果は高いと思うし、後期重点区の 1 番草収量が年次の経過とともに徐々に上昇した事実も首肯しうる。

つぎに、3年目 1 番草の収量構成について調査した結果を表 10 に掲げた。

表 10 3年目 1 番草収量および収量構成 (1975.6.10)

試験区	収量 (kg/10 a)					出穂茎割合(%)	有穂茎一茎重(mg/本)			有穂茎数(本/㎡)		
	有穂茎			無穂茎	計		出穂茎	穂孕茎	平均	出穂茎	穂孕茎	計
	出穂茎	穂孕茎	計									
早春全量区	90	90	180	227	407	50	632	430	510	143	210	353
標準区	82	91	172	178	351	48	606	438	503	135	209	344
秋施肥区	183	82	265	184	449	69	606	417	525	302	203	505
後期重点区	111	64	175	122	297	63	601	449	535	184	143	327

この番草の収量推移については1項で、また1年目と2年目の各1番草の収量構成は前項でそれぞれ述べた。3年目になると、これらの傾向はさらに増幅されている。すなわち、① 収量は秋施肥区が早春全量区を凌駕するに至り、後期重点区は標準区との差を短縮していた、② 有穂茎収量のうち生育 stage の度合いを出穂茎割合いでみると、秋施肥区が高く、次いで後期重点区となり、他の2区より進展していた、などを特記しうる。

この収量を構成する内訳として、まず有穂茎の一茎重は早春全量区が萌芽時(表9)からの若干高い傾向を保持しているようにみえた。しかし萌芽時点での一茎重は、前年秋の施肥管理によってもたらされた結果で、本表で示された値はむしろ早春時の窒素多施用に原因していると考えられる。ともあれ、各区間にはそれほど差があるとは思われなかった。一方有穂茎数は、すでにその収量についても述べたように、秋施肥区で高く、出穂茎数から考えても、当該区は勿論のこと後期重点区に1番草生育 stage の進展振りをうかがうことができる。従って、前表9においての分げつに関する論議をも併せて考えると、1番草収量を構成する要因の力関係は茎数>一茎重と推定される。これらの件については別途報告する予定である。

なお、3年目2,3番草の生育は2年目のそれに類似したので、重複を避ける意味で省略した。

IV 考 察

緒言で述べたように、牧草の生育過程を周年栄養生理的観点で整理することによって、草地の経年的維持管理法の確立を図ろうと考えている。まず本報では、その手はじめとして、各種の施肥法によって特徴づけられた牧草生育の経年推移について検討した。

まず、1年目の年間収量は春に多く施肥される区ほど高収を示した。これは処理開始時の茎数や越冬を経た貯蔵炭水化物量など、牧草の萌芽再生の態勢が同じ状態であるために、施肥窒素の用量に応じて1番草収量が直線的に増加したことに起因すると思われる。勿論この考え方は、牧草特有の spring flash に彩られた1番草が年間の合計収量を支配する事実立脚している。

さて、本試験における重要な設定条件は、最終の3番草刈取りを9月下旬に収穫することにある。

この時点での刈取りは、牧草の越冬性向上に大きく貢献するもので、その意義についてはすでに報告済みである¹⁰⁾。しかし、刈取り後から気温が5℃以下(11月中旬)に低下するまでの生育可能期間における牧草の生育は、施肥管理の差による体内の栄養状態によって顕著な相異を生ずるに至る。すなわち、早春全量区では3番草生育当初ですでに窒素の供給が跡絶え、また標準区においても3番草を生育させるに足るだけの施用量であるから、その後の窒素栄養条件が低く、従って両処理では晩秋の分げつ発生が不十分であったと思われる。これに対し、後期重点区では2番草刈取り後に多量の窒素が施用されるので、3番草の生育を十分ならしめ、さらにその後も比較的窒素栄養的に恵まれた環境にあり、秋施肥区も3番草刈取り後の窒素施用によって分げつ数や株部などの乾物重を確保するに十分な条件が具備されたと考えられる。

つまり、2年目萌芽時の茎数、一茎重および両者の積である単位面積当たりの株の乾物量は、前年の秋期に重点を置いた施肥処理ほど優勢になってきたといえる。

この基礎の上に早春施肥が実施されるのであるから、早春全量区のように萌芽再生態勢の低水準な場合や、それに次ぐ状態の標準区に対しては、多量の窒素が施用されても収量への応答性が乏しいことになる。また、後期重点区は当該番草への施肥量が少ないので、萌芽時の有利な態勢を収量面に反映させえないうらみがあった。一方秋施肥区は、晩秋から引き継がれた高水準の収量構成要素を適量の早春施肥によって増大させ、高い収量を形成せしめたと考えられた。従って、1年目のような早春時の窒素施用量に呼応した収量性を示さなくなったのは当然の帰結であり、ここに収量構成の要素となる分げつ数、一茎重およびこれらの栄養状態の消長が問題となってくるのである。

3年目1番草では、今まで述べた様相が一層明確化され、とりわけ秋施肥区で顕著となった。そこで、秋施肥のもつ意味について若干の考察を加えてみたい。この処理は、窒素の添加によって、3番草刈取り後から生育停止時までの太陽エネルギーを、牧草体内に効率よく固定し、これを spring board として春期の牧草生育に適した環境へ提供していると解釈される。換言すれば、秋施肥は9月下旬以降の生育期間を、翌春の収量に対する基礎

づくりとして有効に利用する方法と読み変えることができる。勿論、当該期間内で享受しうるエネルギーを牧草収穫の形として直接的に利用する方法——例えばASP法^{4,13)} (autumn saved pasture)、電照栽培法⁹⁾など——がある。しかし、前者は草地経営上の優れた技術であるが、越冬性の低下、萌芽再生の遅延などによる翌春収量への損失に連なり、後者は秋の気温低下が急速な北海道での適合性がない。従って、高緯度寒冷地での晩秋の草地管理に際して、秋施肥は有力な技術の一つとなりえよう。

一方、後期重点区として取扱った施肥法も、牧草の越冬態勢を高める意味では秋施肥と同じ範疇にある。本試験は3年間で切ったために、当該区の特長——草地を永續させながら確収する間接施肥技術——が発揮されないうらみがあった。つまり、両施肥法が牧草の収量構成要素に付与する役割りは大きな相違があり、秋施肥区では一茎重の増加よりも分けつ数の確保に、後期重点区は一茎重を高める⁵⁾のにそれぞれ卓効があると考えられる。後者の一茎重が増加する傾向を把握するには試験年次が短かすぎたかもしれない。しかし、与えられた期間内で増収を示した秋施肥区の収量構成に関する内容こそ、今後とも検討に値すると思う。現在の処、筆者らは、3番草刈取り後に発生する幼分けつ(表7)の量的確保と、その質的育成が翌春の萌芽再生を左右する鍵だと考えている。

このように、異なる施肥配分によって特徴づけられた晩秋～1番草の生育相を通じて、収量構成要素としての分けつ茎の果たす役割りについて若干の考察をした。分けつ茎の発生を促す有力な手段である秋施肥について、その時期¹¹⁾やとり込まれた窒素の形態¹⁵⁾に関してはすでに発表した。しかし、多量の窒素施肥はむしろ越冬態勢を阻害したり、また気象、土壌条件によってはマイナスに作用することも考えられる。従って、これらの点も念頭に入れながら、当該時期における分けつ茎の消長を、栄養生理的観点で今後さらに検討していきたい。

2番草になると、既掲表5で述べたように、1番草生育に関与した各種分けつ茎の栄枯盛衰の結果とみなせるから、一段と収量構成の解析が複雑になろう。本報告で用いた手法では理解し難いので、早春のスタートを規制したり、1番草の生育 stage

をも加味しながら検討する必要がある。引き続き3番草については、大部分が無穂茎で占められるから、その収量に関しては栄養生長型であるけれども、越冬準備の開始期にも当たるので、むしろ後者に留意すべきと思う。

以上、異なる窒素の施肥配分によって醸成されたオーチャードグラスの生育を3年間にわたって追跡した。主体となった考察は晩秋～翌春の1番草に偏重したが、その理由は、筆者らの対象とする天北地方が寒冷地のため、牧草の越冬態勢に関する諸研究を進行させていたこと、1番草が年間の合計収量を支配するので常時重視していたこと、本試験の設計上、当該時期の検討が他の番草よりも容易であったこと、による。しかし、ここでえられた知見から、収量構成要素の内容は、確実に次期番草へと順次継承されるものであって、それゆえに草地の各管理技術は個々の側面にのみ固執することなく、牧草生育の流れのなかで論じなければならない。この意味において、周年栄養生理的観点で牧草の生活史を解析することの必要性を痛感するものである。

引用文献

- 1) 早川康夫, 宮下昭光. "放牧期間の延長 第1報 Foggageの維持管理と利用限界". 北農試験報. 97, 28-38 (1970).
- 2) _____, 佐藤康夫. "永年放牧草地の特性と管理 第6報 季節生産平準化のための施肥法". 北農試験報. 99, 110-116 (1971).
- 3) _____, _____. "放牧期間の延長 第3報 延長利用草地における翌春の収量と家畜の利用". 北農試験報. 102, 117-123 (1972).
- 4) _____, _____. "_____ 第4報 ASP草種の選定と晩秋放牧". 北農試験報. 104, 19-32 (1973).
- 5) 林 満, 新田一彦. "牧草の肥培管理技術の改善に関する研究 I 牧草に対する追肥時期と配分法に関する試験" 日草誌. 17 (別号1), 21-22 (1971).
- 6) 平島利昭. "北海道根釧地方における永年放牧草地の施肥法 第5報 放牧用牧草に対する時期別施肥効果". 日草誌. 19 (別号2), 76-77 (1970).
- 7) _____, 能代昌雄. "極寒冷地における放牧草地の維持管理法 第3報 主要イネ科牧草に対する秋施肥効果". 日草誌. 19, 53-62 (1973).
- 8) 近藤秀雄. "牧草地に対する秋施肥に関する研究 第

- 1報 オーチャードグラス草地の早春の生産性に対する秋施肥と春施肥の比較”. 北農試研報. **106**, 109-123 (1973).
- 9) 熊井清雄. “牧草の電照栽培”. 農業技術. **24**, 574-577 (1969).
- 10) 坂本宣崇, 奥村純一. “晩秋から早春にかけての牧草の生育特性と肥培管理 第1報 秋期の刈取り時期が翌春の収量に及ぼす影響”. 道農試集報. **28**, 22-32 (1973).
- 11) _____, _____. “_____ 第2報 秋期の施肥時期が翌春収量に及ぼす影響”. 道農試集報. **30**, 65-74 (1974).
- 12) _____, _____, 中村文士郎. “天北地方における草地の季節生産性に及ぼす施肥の影響”. 北農. **38** (12), 12-27 (1971).
- 13) 沢村 浩, 鈴木慎二郎, 高野信雄, 山下良弘. “乳牛の晩秋放牧用草地の特性と利用”. 畜産の研究. **25**, 687-690 (1971).
- 14) 関塚清蔵. “イネ科牧草類の生育過程と栽培理論 [2]”. 畜産の研究. **12**, 8-12 (1957).
- 15) 山神正弘, 奥村純一. “晩秋から早春にかけての牧草の生育特性と肥培管理 第3報 模擬的越冬実験による越冬再生過程での施用窒素の動きについて”. 道農試集報. **34**, 41-50 (1976).

Perennial Physiology of Pasture and Sward Management

I. Effects of application methods of fertilizer on pasture productivity

Nobumitsu SAKAMOTO* and Jun-ichi OKUMURA*

Summary

The present studies deal with the productivity of orchardgrass sward investigated from a physiological standpoint by cutting the grass three times a year for a period of three years in direct connection with application methods of a nitrogen fertilizer.

A nitrogen fertilizer was applied at the rate of 15kg / 10a / annum as follows: (1) once: 15kg of N before sprouting (early spring); (2) three times: 7.5kg, 5.0kg, and 2.5kg of N before sprouting and after the first cutting (mid-June), and the second cutting (early August) respectively (conventional method); (3) four times: 5.0kg, 5.0kg, 2.5kg and 2.5kg of N before sprouting and after the first, the second and the third cutting (in the end of September, which corresponds to the critical period in the Tenpoku District) respectively; and (4) three times: amounts of N applied in the order reverse to the one described in (2). The results obtained are summarized as follows:

No distinctive difference was observed among the plots in the annual total yield for the first year, but for the subsequent two years it was shown that treatments (3) and (4) gave the larger annual total yield than the other treatments. In the first year the initial growth started under the same condition of sprouting irrespective by of the treatments, but the pasture growth during the subsequent stages up to the first cutting time was in proportion to the amount of nitrogen applied in early spring. It was shown that, as to the second growth, treatments (2), (3) and (4) resulted in the yield and the number of tillers similar to each other, reflecting the fact that the equal amount of nitrogen was applied after the first cutting. However, although the third growth started under similar regrowth conditions, the yield responded to the different amount of nitrogen applied after the second cutting. At the same time, the weight of tillers showed an increasing tendency in treatment (4), but the grass subjected to treatment (1) appeared to decrease in weight and the number of tillers because of a nutrient deficiency. On the other hand, in the case of treatment (3), tillering was shown to be active by application of nitrogen after the third cutting during the period from the third cutting till wintering.

The yield components for the subsequent two years were observed to vary with different nitrogen treatments; that is, the first cut yield in treatment (3) for those years was shown to be remarkably higher than that in the first year. A similar trend was observed in treatment (4). Therefore, a difference in the first cut yield between the first year and the subsequent two years had an effect on the total annual yield for each of those years.

*Hokkaido Prefectural Tenpoku Agricultural Experiment Station, Hamatonbetsu, Hokkaido, 098 -57, Japan.