

牧草の周年栄養生理と肥培管理に関する研究

第2報 秋施肥の持つ意義*

坂本宣崇** 奥村純一***

Perennial Physiology of Pasture Sward Management 2. Significance of autumn nitrogen application to orchardgrass sward

Nobumitsu SAKAMOTO and Jun-ichi OKUMURA

オーチャードグラス草地において、秋施肥の効果を従来の草地管理の基本である早春施肥と関連させながら検討した。すなわち、晩秋の最終刈取りを危険帯前に刈り終え、直ちに秋施肥処理し、これに早春施肥処理を組合せた。この結果、越冬前までに秋施肥用量に比例して新分けつが発生し、同時に養分貯蔵部位である株部のN濃度も上昇したが、炭水化物濃度は僅かしか低下しなかった。翌春の萌芽再生期から栄養生長期の生育は秋施肥用量に支配され、早春施肥の効果は殆んど認められなかった。節間伸長期に至ると秋施肥は枯渇し、代わって早春施肥が生育を律速した。穂揃期の収量は節間伸長を経た有穂茎がその大部分を占めるが、秋施肥によって有穂茎数が増加し、早春施肥により一茎重が高まった。

以上のことから、秋施肥と早春施肥とが1番草生育に与える影響は他の1年生作物栽培における基肥と追肥との関係に相当しよう。

I 緒 言

草地において、最終利用後に施肥することを総じて秋施肥と称しているが、筆者ら^{6,7,8)}は先に秋期の施肥時期が翌春収量に及ぼす影響を検討し、危険帯前の最終刈取り条件でその直後に施肥すると、越冬時までに分けつ数および貯蔵養分を増加させ、この結果翌春収量が高まることを知った。

本稿では秋施肥が持つ栄養生理的意義についてある程度明らかにすることができたので、これを報告する。

秋施肥に関する研究は general purpose ley について Baker¹⁾が秋施肥と早春施肥を実施し、両者の施肥効率を比較し、後者が高いことを述べている。一方、平島、能代²⁾は放牧地において、近藤³⁾はオーチャードグラスの採草タイプについて、秋施肥が萌芽初期の生育を高めるとしている。筆者らもこれらの研究と同様な結果を得ているが、秋施肥の評価についてはさらに一歩進めた見解を持つに至った。すなわち、秋施肥と早春施肥によってもたらされた収量差を、単に施肥時期の相違としてとらえるのではなく、秋施肥の効果は萌芽から栄養生長期に限らず、それ以降の生育にも関与するものであり、1番草の最終的収量、つまり、穂

1978年5月2日受理

- * 本報の一部は、1976年度日本土壌肥料学会北海道支部会講演会(1976, 12)で発表した。
- ** 北海道立天北農業試験場 枝幸郡浜頓別町緑ヶ丘
- *** 同上(現北海道立中央農業試験場)夕張郡長沼町

揃期の収量をも左右すると考えられるからである。

また、本試験において主としてNに着目したのはP、Kなどが十分な条件において、Nは光合成能、養分分配率などを通じて生育を直接支配するからである。

なお、本研究の遂行に際し当該土壌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場永田俊郎場長並びに道立中央農試及川寛畜産部長に謝意を表する。

II 試験方法

試験は1975年秋から1976年春に実施した。供試圃場は造成7年目のオーチャードグラス草地で、品種はフロード、供試前の草地管理は年3回刈の標準的な採草利用をし、株密度は約70株/m²である。試験当年の1975年春からは各番草に対し草地化成肥料3号(8-11-8%)を用い、Nで4kg/10a宛施用した。刈取り時期は1番草;6月中旬、2番草;8月上旬、3番草;9月18日(危険帯前)にそれぞれ刈取った。秋施肥処理は前記草地化成を用い、Nで0、1、2、4kg/10aの4水準とし、ついで融雪直後の萌芽時に試験区を分割し、早春施肥処理を上記の草地化成を用い、Nで2、4、8kg/10aの3水準を設定した。試験規模は3m×3m=9m²、4反復の分割試験区法である。栽培概要は秋施肥;9月20日、早春施肥;4月22日に実施した。生育調査は越冬前;11月14日、萌芽時;4月21日、栄養生長始期;5月

12日、節間伸長始期;5月22日、および穂揃期;6月10日に実施した。また、越冬前および萌芽時などには必要に応じて掘取り調査をしたが、この規模は25cm×25cmの枠を用い4反復で実施した。なお、1975年の根雪は11月30日、翌春の融雪日は4月17日であった。

III 試験結果

1. 秋施肥が晩秋から翌春萌芽時までの生育に及ぼす影響

秋施肥は草地の最終利用を危険帯前に実施し、直ちに施肥することがその要諦である。つまり、施肥Nが牧草に吸収利用され、越冬に入るまでに茎数増、養分貯蔵などの越冬態勢が十分準備される時間的余裕を必要とする。この意味から、秋施肥後から根雪時までの旬間平均気温について、天北農試における農業気象観測値をみると、9月下旬、10月上、中、下旬、11月上、中旬の順に、14.6、11.6、8.6、4.5、2.8、2.5°Cを示した。北方型牧草の生育限界はほぼ5°Cであるから、この気温推移から推定すると、施肥後の生育可能日数は30余日となる。

(1) 茎数および株部一茎重

越冬前および萌芽時における茎数を表1に示した。秋施肥処理後から約30日経過した越冬前において、3番草刈取り時点で存在した既存分げつは勿論増えなかったが、3葉以下の新分げつ数は秋施肥用量に比例して著しく増加した。つぎに越冬を経た萌芽時の調査では、各分げつの分類の手掛かりとなる葉身および葉鞘の大部分が枯れて消失

表1 越冬前および萌芽時の茎数 (本/m²)

調査時	秋施肥量 (N. kg/10a)	既存* 分げつ	3葉** 分げつ	新分げつ***		合計
				2葉	1葉	
越冬前	0	1,124	148	148	620	2,040
	1	1,040	344	396	932	2,712
	2	1,212	508	504	764	2,988
	4	1,160	648	592	788	3,188
萌芽時	0	832	392	396	400	2,020
	1	1,000	684	324	296	2,304
	2	1,140	964	296	292	2,692
	4	1,132	1,776	560	348	3,816

- * 3番草刈取り時に存在し、1回以上の刈取りをうけている。
- ** 3番草生育途中あるいは刈取り直後に発生した分げつ。
- *** 3番草刈取り後に発生し、主として分げつ芽を指す。

しており、また、越冬前と萌芽時との調査期間に若干の生育があったとみられる。従って、分けつのクラス分け自体は必ずしも正確ではないが、単位面積当りの総数としては信頼できるものである。さて、既存分けつは各処理とも若干減少していた。しかし、3葉および2葉分けつは秋施肥用量に対応して著しく増加し、1葉分けつでは逆に減少していた。つまり、秋施肥により越冬前の時点で1葉および2葉分けつとして計数したもののうち、かなりの分けつが葉令を増したと思われる。一方、養分貯蔵部位である株部一基重について表2に示した。まず、越冬前についてみると、既存分けつの一基重ではほとんど変化がみられないが、新分けつでは秋施肥用量に比例して増加していた。萌芽時においてはいずれの分けつとも株部一基重は越冬前にくらべ約半量に減少し、この減少の様相と秋施肥用量との間には一定の傾向が認められなかった。

(2) 株部成分

既存分けつ株部の成分濃度および一基当りの量を表3に示した。これによると、越冬前のN濃度は秋施肥量が多いほど高かった。また、一般にNと全有効態炭水化物(以下TACと略す)とは負の相関にある。しかし、本試験においては施肥後から越冬に入るまでに十分な生育日数を付与した条件であるから、施肥に伴うTAC濃度の低下は秋施肥; 0, 1, 2, 4 kg/10 aの順にそれぞれ44.6, 44.2, 43.2, 41.2%を示しており、この差は僅かであった。そして、積雪下で120余日の越冬を経た萌芽時についてみると、N濃度は秋施肥用量順に高まっているが、これと越冬前の値とを比較すると、2~3倍に高まっていた。一方、TAC濃度は秋施肥用量が増すと急勾配を描いて減少していた。また、NとTACの推移を一基当りの量としてとらえ、越冬前(A)と萌芽時(B)との差(B-A)を算出すると、まずNについては明らかに増加し

表2 越冬前および萌芽時の株部一基重 (DM・mg/本)

調査時	秋施肥量 (N, kg/10a)	既存 分けつ	3葉 分けつ	新分けつ	
				2葉	1葉
越冬前	0	57.4	26.3	17.8	4.0
	1	57.2	28.6	13.2	3.8
	2	58.0	28.6	14.9	6.5
	4	59.1	34.2	18.2	7.9
萌芽時	0	30.2	14.3	8.7	3.5
	1	31.0	14.4	6.1	4.1
	2	32.8	14.9	11.3	4.0
	4	32.0	16.3	6.3	3.1

表3 越冬前および萌芽時における既存分けつ株部の成分濃度および一基当りの量

	秋施肥 (N, kg/10a)	越冬前(A)		萌芽時(B)		B/A		B-A	
		N*	TAC**	N	TAC	N	TAC	N	TAC
濃度 (%)	0	1.15	44.6	3.15	18.7	2.7	0.42	2.00	-25.9
	1	1.20	44.2	3.25	13.3	2.7	0.30	2.05	-30.9
	2	1.30	43.5	4.00	11.7	3.1	0.26	2.70	-32.4
	4	1.61	41.2	4.05	9.7	2.5	0.24	2.44	-31.5
一基当りの量 (mg/本)	0	0.66	25.6	0.95	5.6	1.4	0.22	0.29	-20.0
	1	0.69	25.3	1.01	4.1	1.5	0.16	0.32	-21.2
	2	0.75	25.2	1.30	3.6	1.7	0.14	0.55	-21.6
	4	0.95	24.3	1.30	3.1	1.4	0.13	0.35	-21.2

* 全窒素：セミマイクロケルダール法

** 0.25% 蔞酸で加水分解後Anthrone法で定量した。

ていたから、先述したN濃度が萌芽時に顕著に上昇していたことはTACが越冬中に消費したことによるNの濃縮化がまず関与しているが、他に茎葉部からの転流ないし、土壌からの吸収があったと推定される。ところが、TACは越冬前には一茎当たり約25 mgであったが、これが萌芽時では3～5 mgの範囲となり、その差約21 mgが越冬中に呼吸などによって減少していた。つまり、越冬中の貯蔵養分の動態のうち、Nは増加するが、一方TACは特徴的であって、一見すると濃度的にはN濃度の高いことが越冬中の呼吸作用を促進させ、TACの消費を惹起させたかのようにみえる。しかし、量的には表3における(B-A)の結果からTACの減少量がほぼ一定値を示していた。従って、萌芽時におけるTAC濃度がN濃度に反比例して激減する現象は、N濃度に起因する呼吸昂進という図式でなく、処理にかかわらず一定量のTACが越冬中に減少した結果とみなすことができよう。

以上のことから、秋施肥が晩秋から萌芽時までの牧草生育に与える影響は以下のように概括される。すなわち、形態的には越冬時までに新分げつ発生およびその生育が促進されるが、既存分げつ株部の乾物重にはほとんど影響しないといえる。そして、萌芽時における茎数は越冬前とほぼ同等であるが、一茎重は秋施肥用量にかかわらず約半量にまで減少した。また、生理的には越冬前までの株部N濃度は秋施肥により著しく増加するが、TAC濃度への影響は僅かであった。越冬後における株部のTAC濃度は越冬前のN濃度に反比例して著しく低下していたが、一茎当りの減少量としては近似した値であった。Nは越冬前と比較し萌芽時の濃度および一茎当りの量的にも著しく高まっていた。

2. 1 番草生育の推移

天北地方においては厳寒期に入る前の11月下旬から12月上旬にかけて草地は根雪で覆われるため、牧草や土壌は直接寒気に晒されることがなく、従って、牧草が凍害を受けることや、土壌が凍結することはない。そして、春の融雪は遅く、4月中～下旬である。一方、融雪前後の気温の推移をみると、積雪が残存している間の平均気温は3～4℃で終始しているが、融雪を境にして6

℃にまで上昇する。この後5月、6月の月間平均気温はそれぞれ9.2℃および12.6℃と北方型牧草にとってもや、低目といえるが、9時気温ではそれぞれ10.8℃および13.8℃、最高気温では14.0℃および16.9℃であるから、光合成が行われる日中ではほぼ生育適温で推移しているといえよう。このような気象的背景のもとに牧草は融雪直後から萌芽再生を始め、この後のspring flashと称される高い生育をするのである。本試験年の融雪日は4月17日で、早春施肥処理は4月22日に秋施肥処理区の試験区を分割し、上積み施用した。

(1) 乾物重

1番草生育期間における乾物重の推移を表4に掲げた。これによると、萌芽時の4月21日における茎葉部重量は秋施肥用量順に高かつたが、萌芽時に施用した早春施肥量は20日後の5月12日までの乾物重にはまったく影響せず、依然として秋施肥用量順に高い乾物重を示していた。5月22日の節間伸長始期に至ると、統計的には有意でないが、早春施肥に若干反応していた。そして、1番草刈取り適期である穂揃期では秋施肥と早春施肥のそれぞれに対応し、両施肥量が多いほど高収量を形成していた。また、秋施肥と早春施肥をそれぞれ(2+2)および(4+4) kg/10 aを組合せて施用した場合と、これに対応する早春施肥のみ4および8 kg/10 aとを比較すると、前者が明らかに高く、それぞれ8および27%の増加率であった。つまり、早春施肥単独よりも秋施肥と組合せて施用の方が単位施用量当りの収量も高く、かつ、施肥量が多いほどその効果が発揮されていた。

(2) 1 番草収量とその構成要素

1番草刈取り適期である穂揃期の収量をその構成要素に分けて、表5に掲げた。一般に収量構成要素による生長解析法は穀実作物によく用いられているが、牧草のように栄養器官を取穫対象とする場合の適合性は低く、この手法を用いた研究は僅かに熊井ら⁴⁾の分げつ発生消長に関する研究があるのみである。しかし、1番草収量について思考すれば、生殖生長途中の節間伸長茎が収量の大部分を占め、また、生育期間についても飼料価値との関係から穂揃期をもって区切りとせざるをえない。従って、この時期の乾物収量を収量構成要素に分けてとらえることは意味があると思う。ここでは穂揃期における節間伸長した穂孕茎から出

表 4 1 番草生育期間の乾物重推移 (kg/10a)

秋施肥量 (N, kg/10a)	早春施肥量 (N, kg/10a)	萌芽期	栄養生長始期	節間伸長始期	穂揃期	
		4月21日	5月12日	5月22日	6月10日	
0	4	5.7	37	104	292	108 ¹⁾
	8		36	119	353	
1	2	9.3	46	102	289	127 ²⁾
	4		44	147	342	
	8	11.5	45	146	400	
	2		56	124	315	
2	4	14.9	54	155	347	
	8		52	173	437	
4	2	14.9	94	177	354	
	4		86	185	447	
	8	14.9	95	186	476	
	秋施肥		**	**	**	
統計的有意差	早春施肥	n.s	n.s	n.s	n.s	
	交互作用	n.s	n.s	n.s	n.s	

1), 2) 早春肥のみを100とした場合の指数 ** 1%水準有意

表 5 穂揃い期の収量構成

秋施肥 (kg/10a)	早春施肥 (kg/10a)	乾物収量(DM, kg/10a)		同左構成割合(%)		有穂茎の形質		
		有穂茎	伸長茎	有穂茎	伸長茎	莖数(本/m ²)	一莖重(mg)	草丈(cm)
0	4	232	60	79	21	484	483	51
	8	271	82	77	23	504	544	54
1	2	238	49	83	17	517	462	51
	4	281	61	82	18	525	539	50
	8	309	91	77	23	554	561	54
	2	269	46	85	15	586	464	53
2	4	294	53	85	15	594	496	53
	8	356	81	81	19	666	538	52
4	2	291	63	82	18	603	483	55
	4	377	70	84	16	780	489	57
	8	380	96	80	20	769	495	53

穂茎までを有穂茎として取扱い、これと節間伸長をしていない伸長茎の構成率および有穂茎については有穂茎収量=莖数×一莖重とした。

まず、収量についてみると有穂茎収量は秋施肥と早春施肥との用量にそれぞれよく比例しているが、伸長茎収量は秋施肥との間に一定の傾向は認められず、早春施肥用量により反応していた。そして、有穂茎と伸長茎との構成割合は前者が80%以上に及ぶほど大部分を占めていた。また、秋施

肥と早春施肥とを組合せた処理と早春施肥のみを実施したものとを比較すると、前者の方が有穂茎割合は高かった。つまり、1番草収量における有穂茎と伸長茎との関係は、秋施肥および早春施肥の時期および用量などの処理に対して第一義的に有穂茎が反応し、残余の空隙を補完して伸長茎が生育する観があった。つぎに、有穂茎収量を莖数と一莖重とに分けて、施肥効果が構成要素にいか

て表6, 7に示した。これによると、茎数増に対する秋施肥効果は早春施肥用量が多いほど高まり、また、早春施肥効果も同様のことを指摘しうる。そして、両効果を比較すると、秋施肥効果が遙かに高かった。さらに、前掲表5において秋施肥と早春施肥をそれぞれ(2+2)および(4+4)kg/10aを組合せて施用した場合と、これに対応する早春施肥のみ4および8kg/10a施用した場合について参照すると、前者がそれぞれ586, 780本/m²、後者が484, 504本/m²であった。つまり、秋と春との合計施肥量が同じ水準では早春施肥のみよりも秋施肥と組合せた方が茎数増に卓効があったのである。つぎに、一茎重に対する施肥効果を表7にみると、秋施肥効果は早春施肥水準が2kg/10aと低い場合は正負いずれの方向にもほとんど認められないが、4および8kg/10aの順に施肥量が増すほど指数は低下していた。早春施肥効果は秋施肥用量が低い水準では明らかに認められるが、秋施肥4kg/10aでは早春施肥用量が増しても指数が高まらなかった。つまり、秋施肥は有穂茎の茎数増に卓効を示すが、一茎重の増加に対する効果は認め難いことになる。

一方、秋施肥によって顕著に増加した3葉以下の分けつは1番草においてほとんど出穂せず、伸

長茎となっていたが、これが1番草に占める割合は高々20%であった。この伸長茎は1番草を経て、2番草以降の収量を構成するが、この推移は次回以後で報告する予定である。

以上のことから、秋施肥は1番草収量の大部分を構成する有穂茎々数を増加させるのに卓効があり、この作用を早春施肥のみで代替しえないであろうと思われた。また同時に早春施肥は主として同番草後半における一茎重を高めること、および伸長茎収量増に寄与することを知った。

3. 1番草生育期間における茎葉部のN濃度および収量生長速度

(1) N濃度および吸収量

茎葉部のN濃度および吸収量を表8に掲げた。これによると、萌芽時におけるN濃度は当然のことながら秋施肥用量に比例して高かった。そして、5月12日ではそれぞれの同一秋施肥水準において早春施肥用量に対応してN濃度は高まっていた。つまり、早春に施用されたNは吸収されていたものの、この時期までの乾物生産には反映していなかった。一方、同一早春施肥水準、例えば早春施肥4kg/10aについて秋施肥の影響をみると、秋施肥; 0, 1, 2, 4kg/10aの順にN濃度

表6 茎数に対する施肥効果(指数)

秋施肥効果				早春施肥効果			
早春施肥 (kg/10a)	秋施肥(kg/10a)			秋施肥 (kg/10a)	早春施肥(kg/10a)		
	1	2	4		2	4	8
2	100	113	117	1	100	102	107
4	100	113	149	2	100	101	114
8	100	120	139	4	100	129	127
平均	100	115	135	平均	100	111	116

表7 一茎重に対する施肥効果(指数)

秋施肥効果				早春施肥効果			
早春施肥 (kg/10a)	秋施肥(kg/10a)			秋施肥 (kg/10a)	早春施肥(kg/10a)		
	1	2	4		2	4	8
2	100	100	105	1	100	117	121
4	100	92	91	2	100	107	116
8	100	96	88	4	100	101	102
平均	100	96	95	平均	100	108	113

は5.03, 4.90, 4.85, 4.80%と秋施肥用量と逆に低下していた。この現象は前述したように、秋施肥により萌芽再生期間の生育が著しく促進されたからであろう。なお、このような傾向は栄養生長期以後においても引き続き認められた。ついで、吸収量についてみると、栄養生長期においては秋施肥の影響が色濃く、早春施肥のそれは僅かに認められたのみであった。節間伸長初期になると秋施肥0~2 kg/10 a 処理までは早春施肥用量順に吸収量が増加しているが、秋施肥4 kg/10 a では早春施肥が僅かに反映したのみであった。穂揃期に至るとすべての秋施肥水準において、早春

施肥用量に対応して吸収量が顕増していた。

(2) Nの吸収速度

1 番草の生育期間を一応萌芽再生期間; 4月21日~5月12日, 栄養生長期; 5月12日~5月22日および節間伸長期間; 5月22日~6月10日の3期間に分割し、それぞれの期間における茎葉部のN吸収速度 ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) を算出した。これによると、萌芽再生期間における早春施肥4 kg/10 a 水準での吸収速度は秋施肥; 0, 1, 2, 4 kg/10 a の順にそれぞれ85, 90, 105, 170 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ であって、秋施肥用量が多いほど吸収速度は高かった。この現象は秋施肥が生育を促進させ

表8 茎葉部のN濃度および吸収量

秋施肥量 (N. kg/10a)	早春施肥量 (N. kg/10a)	濃 度 (%)				吸 收 量 (kg/10a)			
		萌芽期	栄養生長期	節間伸長初期	穂揃期	萌芽期	栄養生長期	節間伸長初期	穂揃期
		4月21日	5月12日	5月22日	6月10日	4月21日	5月12日	5月22日	6月10日
0	4		5.03	3.35	1.83	0.24	1.9	3.5	5.4
	8	4.13	6.91	4.55	2.97		2.5	5.4	10.5
1	2		5.00	3.30	1.82		2.3	3.4	5.3
	4	4.25	4.90	3.33	2.06	0.40	2.2	4.9	7.0
	8		6.15	4.51	2.82		2.8	6.6	11.3
2	2		4.88	3.05	1.65		2.7	3.8	5.2
	4	4.45	4.85	3.40	2.07	0.51	2.6	5.3	7.2
	8		5.97	4.35	2.72		3.1	7.5	11.9
4	2		4.69	2.89	1.62		4.4	5.1	5.8
	4	4.75	4.80	3.08	1.87	0.71	4.1	5.7	8.4
	8		5.75	3.79	2.57		5.5	7.0	12.3

表9 Nの吸収速度 ($\text{N} \cdot \text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)

秋施肥量 (N. kg/10a)	早春施肥量 (N. kg/10a)	萌芽再生期間	栄養生長期	節間伸長期間
		4月21日~5月12日	~5月22日	~6月10日
0	4	85	160	100
	8	115	290	267
1	2	95	110	100
	4	90	270	111
	8	120	380	247
2	2	111	110	74
	4	105	270	100
	8	130	440	232
4	2	185	70	37
	4	170	160	142
	8	240	150	278

た結果、早春施肥要素の吸収を早めたことによるのか、それとも牧草体内の貯蔵部位に存在していたNが茎葉に転流したことに起因するのかは明らかでない。しかし、山神、奥村¹⁰⁾による模擬的越冬実験によれば萌芽初期の茎葉部で増加したNは株部からの転流によるとの報告を考慮すると、茎葉部で増加したNのかなりの部分は転流によると類推された。栄養生長期においては、秋施肥0～2 kg/10 a水準で早春施肥用量順にN吸収速度が急激に高まり、その吸収が旺盛であることを看取しうが、秋施肥4 kg/10 a水準では早春施肥にさして反応していなかった。節間伸長期にいたると、Nの吸収速度は秋施肥1～2 kg/10 a水準で早春施肥処理2 ≤ 4 < 8 kg/10 aであり、秋施肥4 kg/10 a水準で早春施肥処理2 < 4 < 8 kg/10 aであった。このN吸収速度と生育との関連は次項で触れることとする。一方、同一早春施肥水準について検討すると、早春施肥が少ない2 kg/10 aでは、秋施肥1, 2, 4 kg/10 aの順にそれぞれ、100, 74, 37 mg・m⁻²・d⁻¹と吸収速度が減少していた。これは秋施肥用量が多いほど初期生育が促進されたため、節間伸長期のN給源が枯渇していたことを物語るといえよう。

(3) 収量生長速度

1 番草生育期間の収量生長速度およびLAIを表10に示した。これによると、萌芽再生期間の収

量生長速度(乾物日増加量 g・m⁻²・d⁻¹, 以降CGRと略す)は早春施肥に反応せず、秋施肥用量に比例して高い値であった。この間の新葉形成に要する炭水化物は貯蔵部からの転流と光合成とに由来しようが、両者の力関係を論ずるための本試験におけるデータは乏しい。しかし、萌芽時における単位面積当りのTACとN量とを既掲表1～3を基礎として概算すると、秋施肥0, 1, 2, 4 kg/10 aの順にTAC; 5.3, 4.7, 4.7, 4.6 g/m²であり、これに対し、N; 1.4, 1.9, 2.7, 3.7 g/m²であった。つまり、萌芽再生時のCGRは単位面積当りの株部TACとではなく、N量に比例していたのである。従って、萌芽直後の新葉形成に対し株部に貯蔵されていたTACが利用されるとしても、萌芽再生期間の後半における体組織形成に用いられた炭水化物は貯蔵部位から供給されたNを利用しつつ光合成によって賄われていたと推論されよう。ついで、栄養生長初期におけるLAIは早春施肥の影響はほとんど認められず、秋施肥0, 1, 2, 4 kg/10 aの順におよそ0.6, 0.9, 1.1, 1.8と顕著な差を生じていた。このLAIを基礎にして栄養生長期の乾物生産が展開されるのであるが、この間のCGRは秋施肥1～2 kg/10 a水準において早春施肥処理2 < 4 ≒ 8 kg/10 aであり、秋施肥4 kg/10 a水準においては早春施肥処理2 ≒ 4 ≒ 8 kg/10 aであった。つま

表10 1 番草生育期間の収量生長速度およびLAI

秋施肥量 (N, kg/10a)	早春施肥量 (N, kg/10a)	収量生長速度(g・m ⁻² ・b ⁻¹)			LAI		
		萌芽再生期間	栄養生長期	節間伸長期	萌芽期	栄養生長初期	節間伸長期
		4月21～5月12日	～5月22日	～6月10日	4月21日	5月12日	5月22日
0	4	1.6	6.7	9.9	0.11	0.6	2.3
	8	1.5	8.3	12.3		0.7	3.0
1	2	1.9	5.6	9.8	0.19	0.9	2.3
	4	1.8	10.3	10.3		0.9	2.6
	8	1.8	10.1	13.4		1.0	3.6
2	2	2.3	6.8	10.0	0.23	1.1	2.6
	4	2.2	10.1	10.1		1.2	2.9
	8	2.1	12.1	13.9		1.1	4.2
4	2	4.0	8.3	9.3	0.30	1.7	3.6
	4	3.6	9.9	13.8		1.8	4.0
	8	4.0	9.1	15.2		2.0	4.6

】：差が無いかわりであることを示す。

り、前者のように秋施肥水準が低い場合において、早春施肥 2 kg/10 a ではこの期間の生育に対し N が不足することにより CGR が低下し、一方、秋施肥 4 kg/10 a と高い場合には早春施肥 2 kg/10 a でも十分な生育をしていたといえよう。節間伸長始期の LAI は秋施肥および早春施肥用量の両者に反応し、それぞれの用量に対応して高かった。この後の節間伸長期間の CGR は秋施肥 1 ~ 2 kg/10 a 水準において早春施肥処理 $2 \div 4 < 8$ kg/10 a であり、秋施肥 4 kg/10 a 水準では早春施肥処理 $2 < 4 < 8$ kg/10 a であった。なお、この期間における CGR の傾向は前項での N 吸収速度のパターンと類似していた。従って、秋施肥 1 ~ 2 kg/10 a 水準での早春施肥 2 および 4 kg/10 a 処理間に差がない現象は、両者ともこの期間の生育に対して N 供給が制限因子として作用していたため、ほぼ同じ CGR となり、一方、早春施肥として 8 kg/10 a 施用された場合には N がなお残存していたからと理解されよう。

以上のことを概括すると、萌芽再生は株部の貯蔵養分として一応十分な TAC 量を基礎とし、秋施肥に由来する高 N 栄養が萌芽再生期間の生育を促進させていた。そして、この生育量の差が栄養生長期間およびこれ以後の葉面積拡大に影響し、この結果が再び生育を律速していた。また、秋施肥水準が低い場合は栄養生長期間からその N が枯渇し、代って早春施肥がこれ以後の生育を支配し、一方、秋施肥水準が高い場合には引き続き秋施肥によって栄養生長期間の N 供給が賄なわれていた。節間伸長期間においては秋施肥用量にかかわらず、その N は節間伸長期以前の生育に大部分が利用され尽くし、早春施肥用量が生育を支配するに至ったのである。

IV 考察および論議

秋施肥により 1 番草収量のみならず年間合計収量としても高まることは前報までに明らかにしてきた。しかし、これら既報における生育経過の調査は不十分であり、従来までの草地施肥の基本とされた早春施肥との関連も考察されていなかった。そこで、本報告では上述の事項の解明を一步進めようとした。

まず、秋施肥によって萌芽時における株部 N は濃度および量的にも高まり、これに比例して萌芽

再生期間の生育が開始された。一方、TAC は越冬期間に著しく減少し、N のそれに逆比例していたが、萌芽再生期間の生育に TAC 減少の影響はほとんど認められなかった。このような結果をえた原因の一つに、萌芽再生期間を 4 月 21 日 ~ 5 月 22 日の 20 日間とし、同期間がや、長過ぎたためと考えられる。つまり、その期間は新葉形成に要する炭水化物を、貯蔵部からの TAC に負う初期と、展開された葉面積上での光合成により供給される後期とに分けられるはずと思う。後者では N が生育をより律速すると推測され、この影響を偏って計測したきらいがある。事実、最終刈取り時期と翌春生育との関連においては萌芽時の刈株の TAC 濃度が 1 番草生育に影響していた⁶⁾。従って、萌芽再生期間をより細分化し、それぞれの時期における生育が萌芽時の諸形質といかにかかわり合うかはさらに検討を要すると思う。しかし、上述のような問題が若干あるにせよ、本試験における方法——晩秋時の最終利用を危険帯前に終え、直ちに施肥すること——によって、オーチャードグラスは越冬時までには十分な生育日数が確保され、TAC を多量に集積しえたことになる。この結果、越冬を経た萌芽再生時においても TAC が十分量存在し、これを基礎として萌芽再生速度は秋施肥に由来する N によって支配されたのであろう。

ついで、穂揃期の収量をみると、秋施肥によって 1 番草収量を特徴づける有穂茎数が顕増していた。この現象は当初、秋施肥によって晩秋時に増加する新分けつが関与していると想定していた。そこで、穂揃期の有穂茎数についてみると、早春施肥のみの場合は 400 ~ 500 本/m²に過ぎないが、秋施肥により約 800 本にまで高まった。しかし、この数は萌芽時の既存分けつ数を越えるものではない。また、萌芽時からの経時的調査を通じて、3 葉以下の分けつの生育が既存分けつとしてマークしたものを追い越した例もなかった。従って、秋施肥によって増加した新分けつが有穂茎として加わるのではなく、既存分けつの有効歩合が高まったと判断されよう。また、早春施肥は萌芽初期から吸収されて、茎葉部の N 濃度は若干高まっていたものの、生育にその効果が認められるのは秋施肥が少ない場合で、しかも栄養生長期間からであり、乾物生産にその効果が顕在化するの

は節間伸長期間であった。この効果の収量構成要素に対する内訳は、主として有穂茎の一茎重に対してであって、茎数増へは僅かに影響したのみであった。つぎに、秋施肥の効果を生理的に考えると、萌芽再生期間から栄養生長期における茎葉部のN濃度を向上させることによって、光合成能を高める⁹⁾とともに、水稻におけるこの時期のN供給が穂数増を招来する³⁾ことと類似の効果を示したと推察された。

つまり、秋施肥というものは生育期間では萌芽再生期から節間伸長始期、収量構成要素に対しては有穂茎数の増加に作用し、一方、早春施肥はそれぞれ栄養生長期から節間伸長始期以降および一茎重を高めることに影響していたと判断しうる。従って、以上のような秋施肥と早春施肥とが1番草生育に与える役割は他の一年生作物における基肥と追肥との関係になぞらえることができ、ここに牧草栽培における秋施肥の重要性を新たに主張しうる論拠がある。

引用文献

- 1) Baker, H. K. "The production of early spring grass. 1. The effect of autumn management and different levels of nitrogenous manuring on the production of early spring grass from a general purpose ley". J. Br. Grassl. Soc. **15**, 275-280 (1960).
- 2) 平島利昭, 能代昌雄. "極寒冷地における放牧草地の維持管理法, 3, 主要イネ科牧草に対する秋施肥効果". 日草誌, **19**, 53-62 (1973).
- 3) 石塚喜明, 田中明. "水稻の栄養生理; 生育に伴なう要素要求の変遷". 養賢堂, 1962, p.105-116.
- 4) 熊井清雄, 広瀬又三郎, 真田雅. "牧草の再生に関する研究, X, 収量構成要素上からみたオーチャードグラスの分けつ群について". 畜試報究速報, 85-88 (1967).
- 5) 近藤秀雄. "牧草地に対する秋施肥に関する研究, 1, 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).
- 6) 坂本宣崇, 奥村純一. "晩秋から早春にかけての牧草生育と肥培管理, 1, 秋期の刈取り時期が翌春収量に及ぼす影響". 道立農試集報, **28**, 22-23 (1973).
- 7) ———, ———. "同上, 2, 秋期の施肥時期が翌春収量に及ぼす影響". 道立農試集報, **30**, 65-74 (1974).
- 8) ———, ———. "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". 道立農試集報, **36**, 31-41 (1977).
- 9) 田中明. "乾物生産, 個葉の光合成能". 植物栄養土壤肥料大辞典, 養賢堂, 1976, p.192-198.
- 10) ———, 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, 3, 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". 道立農試集報, **34**, 41-50 (1976).

Perennial Physiology of Pasture Sward Management

2. Significance of autumn nitrogen application to orchardgrass sward.

Nobumitsu SAKAMOTO* and Jun-ichi OKUMURA**

Summary

The present studies deal with effects of nitrogen application to orchardgrass sward in autumn investigated from a physiological standpoint also taking into account effects of its application in early spring in the following year.

The sward was cut in mid-September, that is, prior to the critical period, followed immediately by application of nitrogen fertilizer at the rates of 1, 2 and 4 kg/10 a (treatment 1), while in the following early spring nitrogen fertilizer was added to the same sward at the rates of 2, 4 and 8 kg/10 a (treatment 2).

In the period from the autumnal dressing till before wintering in late November, the number of tillers remarkably increased in proportion to the amount of nitrogen fertilizer applied. At the same time, nitrogen concentration of stubbles rose, but carbohydrate concentration decreased slightly. There were no problems in wintering in all plots, as dead tillers were not found at the time of sprouting in the following spring in mid-April.

The growth rate from the sprouting time to the vegetal stage was dependent on treatment 1 regardless of treatment 2. Before the internode elongation stage the nitrogen fertilizer applied in autumn was exhausted by the herbage uptake. Therefore, the rate of dry matter production through the internode elongation stage was influenced by treatment 2. It has been generally known that the most part of the yield in the full heading time was composed of internode elongated tiller, so this experiment presented an important indication that treatment 1 resulted in a great increase in the number of heading tillers, whereas treatment 2 resulted in the rise of weight per tiller.

In the final analysis the significance of autumn nitrogen application to orchardgrass sward lied in the way in which the application should be looked on as basal dressing technique suitable to annual crop cultures, while application of nitrogen in early spring is considered to correspond to the application of additional manure.

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

**Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13. Japan.