

## 第Ⅳ章 チモシー・マメ科牧草混播草地の窒素施肥法

### 第1節 1番草に対する窒素施肥法

前章においてチモシー単播草地に対する効率的なN施肥時期および施肥適量が明らかとなった。本節では、この知見を基礎に、根釧地方に広く分布し理化学的性質が大きく異なる未熟火山性土、黒色火山性土、厚層黒色火山性土の各火山性土<sup>64)</sup>において造成された混播草地の1番草収量を効率よく高めるためのN施肥時期、施肥量を明らかにしようとした。

#### 実験方法および結果

##### 実験1. 早春のN施肥時期が1番草収量に及ぼす影響

###### 実験方法

本実験は、1984年に黒色火山性土で実施し、未熟火山性土と厚層黒色火山性土においては1985年に行った。施肥時期は、各試験地ともチモシーの萌芽始期に当たる5月上旬、萌芽期の5月中旬および幼穂形成期の5月下旬の計3処理である。施肥量は各処理区共通で、草地用高度化成肥料「122」号（N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-MgO = 10-20-20-5%）を用い、ha当たりNとして60kgである。各試験地における供試草地の造成年次、播種草種、施肥月日を第32表に示した。1番草の収穫は、黒色火山

性土では1984年7月4日、未熟火山性土と厚層黒色火山性土では1985年6月27~28日に行った。

乾物収量は、草種別に測定した。ただし、未熟火山性土と厚層黒色火山性土では播種されたイネ科牧草のうちオーチャードグラスとメドウフェスクは、いずれも実験実施時点においてわずかしか存在せず、チモシーがそのほとんどを占めたので、イネ科牧草の収量や全茎数、1茎重などはチモシーとして一括した。またマメ科牧草については、ラジノクローバが主体で一部アカクローバも含まれたが、これらは分離せずマメ科牧草としてまとめて取扱った。このようなイネ科牧草とマメ科牧草に対する取扱いは、本章の以下の実験についてすべて共通である。

###### 実験結果

###### (1) 各試験地の土壌の理化学的性質

実験に供試した混播草地の土壌の理化学的性質は、第33表に示したごとく大きく異なった。未熟火山性土は、他の二火山性土に比較し土壌の粒経が粗く、透水性が良好で保水性がやや劣る。またこの土壌は、腐植や全窒素含量が少なく、リン酸吸収係数、塩基交換容量（CEC）も小さい。このため、有効態Pは他の火山性土より高含量となったが、熱水抽出N、無機化N量および交換性塩基は、いずれも他の火山性土より低含量である。

第32表 試験地および供試草地の概要と処理期日

試験地	火山性土	造成年	播種草種*	実験実施年	施肥時期(月・旬)		
					5・上	5・中	5・下
標茶町虹別 (早坂俊男氏圃場)	未熟 火山性土	1982	TY, (OG), (MF) RC, LC	1985	5月7日	5月17日	5月27日
中標津町桜ヶ丘 (根釧農試験圃場)	黒色 火山性土	1981	TY, RC, LC	1984	5月8日	5月18日	5月28日
標津町北標津 (松井飄古氏圃場)	厚層黒色 火山性土	1982	TY, (OG), (MF) RC, LC	1985	5月7日	5月17日	5月27日

\*TY:チモシー, OG:オーチャードグラス, MF:メドウフェスク, RC:アカクローバ, LC:ラジノクローバ

( )内は、実験開始時にわずかに存在する程度であった草種を示す。

第33表 供試草地における土壌の主な理化学的性質

a) 物理性 (0~15cm程度の表層土)

火山性土	粒径組成 (%)				土性	水分分布 (Vol. %)			飽和透水係数 (定水位) (cm/sec×10 <sup>-4</sup> )
	粗砂	細砂	シルト	粘土		pF0-1.8	pF1.8-3.8	pF3.8-4.2	
未熟火山性土	24.8	41.1	26.8	7.3	SL	5.7	19.0	4.8	7.33
黒色火山性土	10.3	39.5	40.4	9.8	L	7.3	21.6	8.2	5.14
厚層黒色火山性土	13.4	31.4	38.0	17.2	CL	8.9	22.7	8.8	1.33

b) 化学性 (0~5 cm)

火山性土	pH (H <sub>2</sub> O)	T-N腐植 (%)	熱水抽出N (mg/100g)	無機化N量 (mg/100g)	リン酸 吸収係数	有効態P* (mg/100g)	CEC (me/100g)	交換性塩基(mg/100g)			
								K	Ca	Mg	
未熟火山性土	6.6	0.18	4.0	2.8	3.1	700	12.9	7.7	7.6	86	7.7
黒色火山性土	6.5	0.44	10.3	3.6	7.3	1650	9.5	26.4	7.6	311	20.6
厚層黒色火山性土	6.0	0.50	14.1	6.5	10.7	2410	8.8	32.8	21.0	139	12.3

\*Bray No.2法

これに対し、厚層黒色火山性土は未熟火山性土と全く逆の理化学的性質を示し、黒色火山性土は、未熟火山性土と厚層黒色火山性土の中間的な値であった。これらの結果は、これまでの報告とよく一致する<sup>17, 64, 78)</sup>。

(2) 草種別乾物収量と1番草収穫時におけるチモシーの分けつ構成および1茎重

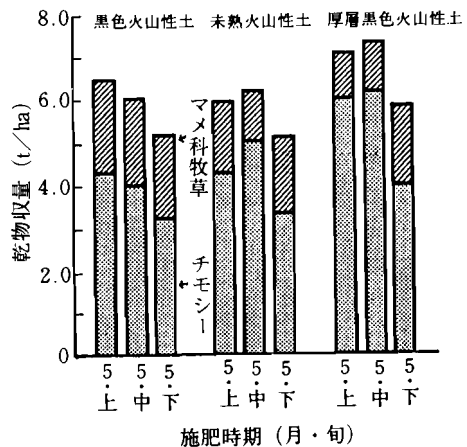
未熟火山性土におけるチモシー収量は、5月中旬区 > 5月上旬区 > 5月下旬区の順に低下した(第42図)。これに対し、黒色火山性土と厚層黒色火山性土では5月上旬区と5月中旬区のチモシー収量はほぼ等しく、5月下旬区において低下した。マメ科牧草収量は、黒色火山性土では施肥時期の影響をほとんど受けず、未熟火山性土と厚層黒色火山性土においては、チモシー収量が低下した区でやや増加する傾向にあった。

チモシー収量とマメ科牧草収量を合計した収量(以下では、これを1番草収量とよぶ)は、いずれの火山性土においても5月上旬区と5月中旬区がほぼ同等で、5月下旬区は明らかに低収であった(第42図)。また同一年次に実験を行った未熟火山性土と厚層黒色火山性土の1番草収量を比較すると、施肥時期にかかわらず、厚層黒色火山性土のほうが未熟火山性土を上回った。これらの1番草収量における結果は、チモシー収量を反映した

ものであった。

1番草収穫時のチモシーの全茎数は、黒色火山性土の5月下旬区でやや少ないことを除き、各火山性土とも施肥時期の影響がわずかであった(第34表)。しかし有穂茎数は、各火山性土とも5月上旬区と5月中旬区が同程度で、5月下旬区において減少し、チモシー収量と同様の傾向を示した。1茎重もこれと類似した傾向にあった。

これらの結果から、1番草収量はチモシー収量に規制され、チモシー収量は1茎重に支配されることが示唆される。これは前章の結果とよく一致する。



第42図 火山性土別の1番草乾物収量

第34表 1番草収穫時におけるチモシーの分けつ構成と1茎重

施肥時期	黒色火山性土				未熟火山性土				厚層黒色火山性土			
	分けつ構成(本/m <sup>2</sup> )			1茎重 (g/本)	分けつ構成(本/m <sup>2</sup> )			1茎重 (g/本)	分けつ構成(本/m <sup>2</sup> )			1茎重 (g/本)
	有穂莖数	伸長莖数	全莖数		有穂莖数	伸長莖数	全莖数		有穂莖数	伸長莖数	全莖数	
5月上旬	400	290	690	0.62	530	790	1320	0.33	680	760	1440	0.42
5月中旬	370	270	640	0.63	560	730	1290	0.39	640	840	1480	0.42
5月下旬	350	260	610	0.54	490	820	1310	0.25	560	850	1410	0.28

第35表 1番草収穫時における牧草のN吸収量(kg/ha)

施肥時期	黒色火山性土			未熟火山性土			厚層黒色火山性土		
	TY*	CL**	合計	TY	CL	合計	TY	CL	合計
5月上旬	66	62	128	66	47	113	98	35	133
5月中旬	67	61	128	80	40	120	100	36	136
5月下旬	64	57	121	73	57	130	94	58	152

\*チモシー、\*\*マメ科牧草

### (3) 牧草のN吸収

いずれの火山性土においても、チモシーのN吸収量は、施肥時期の影響を収量ほどには受けず、処理間差が明らかでない(第35表)。マメ科牧草のN吸収量は、黒色火山性土では5月下旬区でやや減少していたが、未熟火山性土や厚層黒色火山性土では5月上旬区と5月中旬区に大差がなく、5月下旬区において増加する傾向が認められた。これらの結果を反映して、未熟火山性土と厚層黒色火山性土におけるチモシーとマメ科牧草の合計N吸収量は、5月上旬区と5月中旬区に差異がなく、5月下旬区において増加した。したがって、5月下旬区では牧草がNを吸収したにもかかわらず、それが1番草の増収に結びついていないことが理解できる。

未熟火山性土と厚層黒色火山性土で牧草のN吸収量を比較すると、いずれの施肥時期においても、後者において牧草のN吸収量が多くなり、それはチモシーのN吸収量の差に起因していた。

以上の結果から、混播草地においても前章のチモシー単播草地と同様、チモシーの萌芽期に当たる5月中旬までに施肥することが重要と思われる。また、未熟火山性土と厚層黒色火山性土の1番草収量や牧草のN吸収量に土壌間差が認められ

た。

### 実験2. 1番草に対するN施肥量および秋と春の施肥配分が1番草収量に及ぼす影響

#### 実験方法

実験1で供試した混播草地において(実験1とは別の部分)本実験を実施した。

施肥処理は、以下のとおりである。すなわち、前年の2番草収穫後の秋にha当たりNを0、20、40kg施肥した。これらの各区について、翌春のチモシーの萌芽始期に当たる5月上旬に、秋のN施肥量と春のN施肥量の合計がha当たり40、60、80kgとなるように施肥した。この他に、無窒素区(-N区)を設け、計10処理で実験を実施した。これらの各処理区には各火山性土とも、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>およびK<sub>2</sub>Oを、秋にはそれぞれha当たり40kg、春には、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>として60kg、K<sub>2</sub>Oとして150kg共通に施肥した。

各火山性土における施肥処理や牧草の生育調査の期日は、第36表のとおりで、黒色火山性土では1983年から1984年にかけて、未熟火山性土と厚層黒色火山性土では1984年から1985年にかけて、それぞれ実験を行った。

越冬前後における牧草の生育調査は、越冬器官である刈株部の調査を可能とするため、30cm×

第36表 実験の調査期日

試験地	実験前年			実験実施年			
	2番草 収穫	秋施肥 処理	越冬前 調査	越冬後 調査	春施肥 処理	幼穂形成期 終了時	1番草 収穫
黒色火山性土	1983年 9月16日	9月27日	10月24日	1984年 5月8日	5月8日	6月8日	7月4日
未熟火山性土 厚層黒色火山性土	1984年 9月17日	9月19日	11月14日	1985年 5月7日	5月7日	6月4~5日	6月27~28日

30cmの枠内の牧草を供試草地から掘取って行った。早春施肥以降の生育調査は、1㎡の刈取り調査で実施した。

実験結果

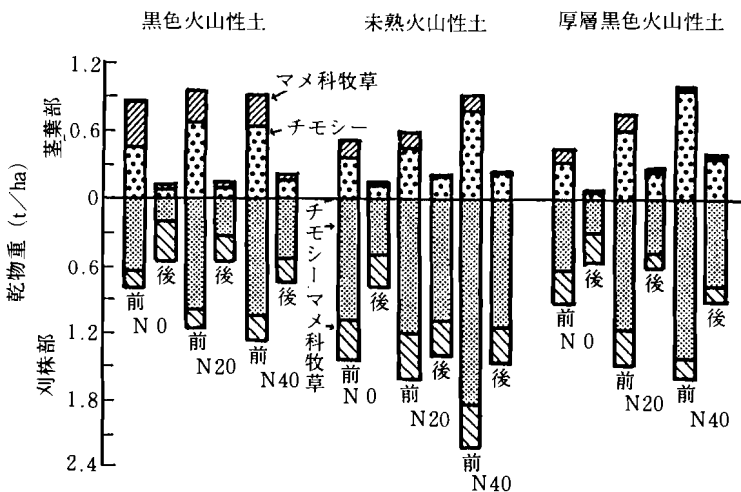
(1) 越冬前後における牧草の部位別乾物重およびチモシーの全茎数、1茎重

越冬前の茎葉部乾物重（以下では、これを茎葉重とよぶ）は、秋のN施肥量に対応して増加する傾向を示した（第43図）。これは、各火山性土とも共通に認められた。この茎葉重の増加には、チモシーの茎葉部が大きく寄与していた。越冬後においても、秋のN施肥量の増加に伴って、茎葉重が増加した。しかし越冬後の茎葉重は、チモシー

およびマメ科牧草の両草種とも秋のN施肥量にかかわらず、越冬前より大きく減少した。このような変化は、いずれの火山性土でも同様であった。

刈株部の乾物重は、越冬前後とも茎葉重と全く類似した傾向を示した（第43図）。ただし越冬前に比較し、越冬後のマメ科牧草の刈株部乾物重は、チモシーの場合ほど大きな減少を示さなかった。

越冬前のチモシーの全茎数は、各火山性土とも秋のN施肥量が多いほど増加した（第37表）。越冬後も秋のN施肥量に対応してチモシーの全茎数は増加した。しかし越冬前に比較すると、越冬後の全茎数は各処理区とも明らかに減少していた。越冬期間中に弱小分げつが枯死したものと思われる。



第43図 越冬前および越冬後における牧草の部位別乾物重

(図中の前は越冬前、後は越冬後を示す。秋のN施肥処理は、図のN0, N20, N40で示し、それぞれ0, 20, 40kg/haである。)

第37表 越冬前後におけるチモシーの全茎数\*および1茎重

調査時期	N施肥量 (kg/ha)	黒色火山性土		未熟火山性土		厚層黒色火山性土	
		全茎数 (本/m <sup>2</sup> )	1茎重 (mg/本)	全茎数 (本/m <sup>2</sup> )	1茎重 (mg/本)	全茎数 (本/m <sup>2</sup> )	1茎重 (mg/本)
越冬前	0	1660	27.3	2580	13.9	1650	20.5
	20	2470	27.2	3690	12.9	2930	21.8
	40	3010	21.2	4420	17.9	3890	25.5
越冬後	0	1430	5.2	2010	6.3	1610	3.7
	20	1660	6.4	3250	6.6	2570	10.0
	40	2250	8.2	3620	6.7	3360	11.6

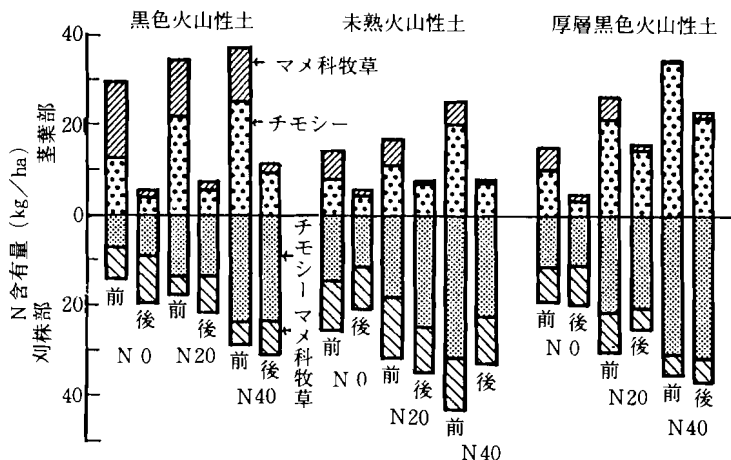
\*越冬前の全茎数には幼分げつ芽を含む。

越冬前の1茎重についてみると(第37表)、未熟火山性土や厚層黒色火山性土では秋のN施肥量が多いほど増大した。しかし黒色火山性土では、処理間差が判然としなかった。黒色火山性土の場合、秋のN施肥処理から越冬前の調査までの期間が、未熟火山性土や厚層黒色火山性土より約30日間も短いため、秋のN施肥処理によって増加した分げつの伸長期間が十分でなかったことに起因していると思われる、土壌の理化学性における差異の影響を受けたとは理解しがたい。越冬後の1茎重は、各火山性土とも秋のN施肥量に対応して増大した。また越冬後の1茎重は、チモシーの茎葉重が著しく減少したため、越冬前の1茎重より大きく減少した。

(2) 越冬前後における牧草のN吸収

茎葉部のN含有量は、越冬前および越冬後のいずれの調査時点でも、秋のN施肥量が多い区ほど増加した(第44図)。これには、茎葉重の場合と同じく、チモシー茎葉部のN含有量の増加が、大きく関与していた。また、越冬後の茎葉部N含有量は、チモシーおよびマメ科牧草のいずれも越冬前より明らかに減少した。土壌が異なっても、この越冬前後の変化は同様に認められた。

越冬前および越冬後のいずれにおいても、刈株部のN含有量は、秋のN施肥量に対応して増加した。越冬後の刈株部のN含有量は、越冬前とほぼ等しいかやや減少した程度で、茎葉部の場合ほど



第44図 越冬前および越冬後における牧草の部位別N含有量 (図の文字は、すべて第43図と同じ)

第38表 越冬前後におけるチモシー1茎当たり  
地上部N含有量 (mg/本)

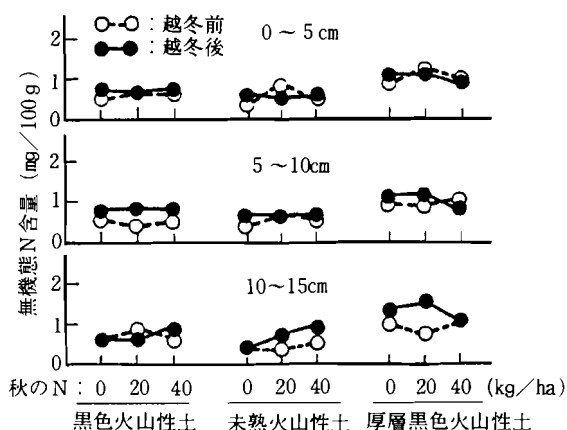
調査期日	N施肥量 (kg/ha)	黒色 火山性土	未熟 火山性土	厚層黒色 火山性土
越冬前	0	1.2	0.9	1.3
	20	1.4	0.8	1.5
	40	1.6	1.2	1.7
越冬後	0	0.9	0.8	0.9
	20	1.2	1.0	1.4
	40	1.5	0.8	1.6

著しい減少を示さなかった。

チモシーの茎葉部と刈株部のN含有量を合計した地上部N含有量を、全茎数で除して1茎当たりのN含有量を求めた(第38表)。越冬前および越冬後とも、各火山性土共通に、秋のN施肥量が多い区ほど1茎当たりのN含有量は増加した。越冬後のチモシーの全茎数は越冬前より減少したが、チモシーの地上部N含有量も減少したため、越冬後の1茎当たりのN含有量は、越冬前と同等かわずかに減少した。これも、各火山性土に共通して認められた。したがって、チモシーが越冬前に吸収したNは、越冬期間中の分けつの枯死とともに、見かけ上、損失したことになる。このことは、秋のN施肥に由来する1番草チモシーの利用可能N量が越冬期間中に減少することを示唆しており、前章の結果とよく一致する。

### (3) 越冬前後の土壤中無機態N含量

越冬前および越冬後における各火山性土の無機態N(NH<sub>4</sub>-N+NO<sub>3</sub>-N)含量は、未熟火山性土の10~15cmの層位を除き、秋のN施肥処理間に大差がなかった(第45図)。未熟火山性土の10~15cmの層では秋のN施肥量が多いほど、わずかに無機態N含量が高まった。しかしこの層位でも、無機態N含量の値そのものは、他の火山性土の各層位と同様、極めて低い。本実験の秋のN施肥量程度であれば、各火山性土とも秋に施肥されたN



第45図 越冬前および越冬後における土壤中無機態\* N含量  
\* NH<sub>4</sub>-NとNO<sub>3</sub>-Nの合計

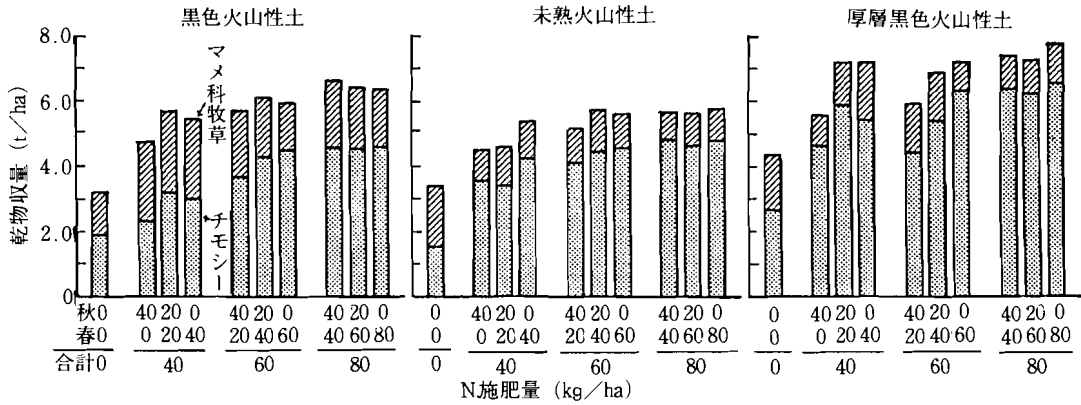
が、翌春まで無機態Nとして土壤中に残存する量はわずかで、土壤の理化学的性質の差異が大きく関与していないことが示唆される。

### (4) 1番草収量

各火山性土とも、秋と春のN施肥量の合計量(以下では、合計N施肥量とよぶ)が増加するに伴い、チモシー収量は高まった(第46図)。また合計N施肥量が60kg/haまでは、春のN施肥量が多いほどチモシー収量が増加する傾向を示した。合計N施肥量が80kg/haの場合、秋と春のN施肥配分にかかわらず、チモシー収量はほぼ等しかった。これらの結果は、各火山性土において共通に認められた。したがっていずれの火山性土の混播草地においても、前章のチモシー単播草地での結果と同様、1番草に対するN施肥量を秋と春に分施するより、春に全量施肥するほうがチモシー収量を高める上で有利と思われた。

マメ科牧草収量に及ぼすN施肥処理の影響は、チモシーほど大きくなかった。しかしチモシー収量が高まった処理区において、1番草収量に占めるマメ科牧草収量の割合は相対的に低下した。これが、一般に生草の重量割合で示されるマメ科率にも反映していた(第39表)。

1番草収量(チモシー収量+マメ科牧草収量)



第46図 混播草地に対するN施肥量、施肥配分と1番草乾物収量の関係

に対するN施肥処理の影響は、チモシー収量で認めたと同様の結果を示した(第46図)。それゆえ合計N施肥量が同じなら、秋と春にNを分施するより春に全量施肥するほうが高収となる傾向にあった。ただしチモシー収量が減少した区では、マメ科牧草収量がわずかに増加する傾向を示したため、1番草収量の処理間差は、チモシー収量ほど明らかでなかった。

1番草収量の増収に有利と考えられた春施肥のみの各区、すなわち秋のN施肥量が0kg/haで、春のN施肥量が、0、40、60、80kg/haの区における1番草収量を比較すると、黒色火山性土では60kg/ha区で6t/ha程度の収量が得られ、春のN

施肥量をそれ以上にしても増収効果はわずかであった(第46図)。また未熟火山性土や厚層黒色火山性土では、春のN施肥量を40kg/ha以上にしても1番草収量の増加が明らかでなかった。この場合の1番草収量は、未熟火山性土では5.5t/ha程度、厚層黒色火山性土では7t/ha程度で、未熟火山性土の1番草収量は、厚層黒色火山性土より低収であった。また各供試草地のマメ科率は第39表から、黒色火山性土では40%前後、未熟火山性土と厚層黒色火山性土では30%内外であった。したがって、チモシーを基幹としマメ科率が30~40%程度の混播草地における1番草のN施肥量は、40~60kg/haで十分と思われた。

第39表 1番草収穫時のマメ科率(生草重量割合, %)

N施肥量 (kg/ha)			黒色火山性土	未熟火山性土	厚層黒色火山性土
秋	春	合計			
0	0	0	53	68	50
40	0	40	64	31	26
20	20	40	57	36	24
0	40	40	56	31	37
40	20	60	49	30	37
20	40	60	42	29	33
0	60	60	30	25	20
40	40	80	44	21	21
20	60	80	43	25	23
0	80	80	39	23	23

(5) 1番草収穫時におけるチモシーの全茎数、有穂茎数および1茎重とチモシー収量、1番草収量との相互関係

1番草収穫時の全茎数は、合計N施肥量に対応して増加する傾向にあった(第40表)。全茎数を各火山性土で比較すると、N施肥処理にかかわらず、黒色火山性土の全茎数が他の火山性土より明らかに少なく、黒色火山性土において供試した草地のチモシーが低密度であったことがうかがえる。いずれの火山性土においても、Nの施肥配分が全茎数に及ぼす影響は判然としなかった。これに対し、有穂茎数は、混播草地においても前章の結果と同様、オーチャードグラスのように秋のN

第40表 1 番草収穫時におけるチモシーの全茎数および有穂茎数 (本/m<sup>2</sup>)

N施肥量 (kg/ha)			黒色火山性土		未熟火山性土		厚層黒色火山性土	
秋	春	合計	全茎数	有穂茎数	全茎数	有穂茎数	全茎数	有穂茎数
0	0	0	880	90	1290	360	1600	470
40	0	40	760	300	1170	480	1300	530
20	20	40	920	310	1200	520	1310	620
0	40	40	950	330	1220	570	1330	600
40	20	60	840	330	1290	550	1340	610
20	40	60	960	380	1270	530	1460	640
0	60	60	920	400	1130	560	1200	670
40	40	80	1110	430	1490	630	1580	640
20	60	80	1100	450	1480	650	1540	680
0	80	80	1130	430	1370	650	1530	670

施肥によって増加する<sup>84)</sup>ことはなかった(第40表)。むしろ合計N施肥量が多いほど、また合計N施肥量が同じなら春のN施肥量が多いほど有穂茎数が増加した。

1番草収穫時におけるチモシーの全茎数、有穂茎数、1茎重とチモシー収量および1番草収量の相関関係をみると(第41表)、各火山性土とも1番草収量はチモシー収量が大部分を占めたため、この両者には極めて高い正の相関があった。チモシー収量と、1茎重および有穂茎数との間には、相互に高い正の相関関係が認められた。しかし、全茎数は黒色火山性土においてのみチモシー収量と有意な相関を示し、その他の火山性土では、他のいずれの要因とも有意な相関がなかった。これは、上述したように、黒色火山性土の供試草地に

おけるチモシーの低密度に起因すると思われた。

したがって混播草地の1番草収量は、チモシー収量によって規制され、チモシー収量は主に有穂茎数の増加による1茎重の増大によって支配されると理解できる。また黒色火山性土で供試した混播草地のように、チモシーの全茎数が1000本/m<sup>2</sup>内外の場合には、全茎数もチモシー収量に参与して、1番草収量に影響を及ぼすことが示唆された。

#### (6) チモシーのN吸収と有穂茎数の関係

前章でチモシーの有穂茎数は、幼穂形成期終了時までのチモシーのN吸収量によって決まることを認めた。そこで、幼穂形成期終了時に調査したチモシーのN吸収量を示すと第42表のとおりであった。チモシーのN吸収量は、いずれの火山性

第41表 混播草地における1番草収量<sup>1)</sup>とチモシーの収量および収量構成要素との相関係数

	黒色火山性土		未熟火山性土		厚層黒色火山性土	
	1番草 <sup>1)</sup> 収量	チモシー収量	1番草 <sup>1)</sup> 収量	チモシー収量	1番草 <sup>1)</sup> 収量	チモシー収量
チモシー収量	0.923**		0.981**		0.972**	
全茎数	0.633*	0.733*	0.320	0.306	-0.093	-0.131
1茎重	0.836**	0.893**	0.350	0.892**	0.914**	-0.104
有穂茎数	0.967**	0.905**	0.628	0.825**	0.896**	0.919**
				0.531	0.733*	0.913**
						0.915**
						-0.095
						0.816**

<sup>1)</sup>チモシー収量+マメ科牧草収量。 \*5%水準で有意、\*\*1%水準で有意。



第42表 幼穂形成期終了時におけるチモシーのN吸収量 (kg/ha)

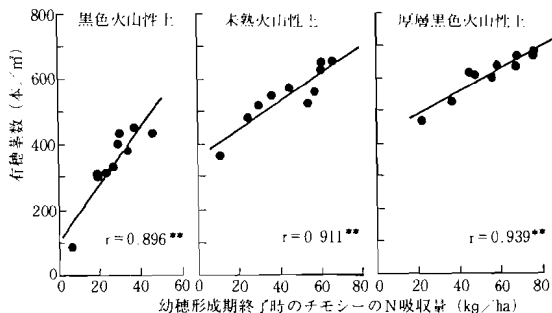
N施肥量 (kg/ha)			黒色 火山性土	未熟 火山性土	厚層黒色 火山性土
秋	春	合計			
0	0	0	7	10	22
40	0	40	20	24	37
20	20	40	23	30	45
0	40	40	27	45	56
40	20	60	27	35	47
20	40	60	34	53	59
0	60	60	29	58	68
40	40	80	30	60	68
20	60	80	37	60	76
0	80	80	46	66	76

土においても合計N施肥量が多いほど増加し、また合計N施肥量が同じなら、春のN施肥量が多いほど増加する傾向を示した。有穂茎数と幼穂形成期終了時までのチモシーのN吸収量の関係は、各火山性土共通に高い正の相関が認められ(第47図)、前章の結果とよく一致した。

同一年次に実験を実施し、チモシーの全茎数に大差が認められなかった未熟火山性土と厚層黒色火山性土を比較すると、幼穂形成期終了時におけるチモシーのN吸収量(第42表)および有穂茎数(第40表)は、いずれも厚層黒色火山性土のほうが未熟火山性土を上回った。

## 考 察

混播草地に対する秋のN施肥は、翌春の施肥前



第47図 1番草収穫時におけるチモシーの有穂茎数と、幼穂形成期終了時までのチモシーのN吸収量の関係 (r: 相関係数, \*\*: 1%水準で有意)

までのチモシーやマメ科牧草の生育およびN吸収に影響を及ぼした。しかし、越冬期間中にこれらの牧草の一部が枯死するとともに、秋施肥後の牧草によって吸収されたNが大きく減少した。その結果、秋のN施肥に由来する翌春1番草の利用可能N量が低下する。これが1番草収量に対する秋のN施肥の効果を、春のN施肥の効果より劣ったものにした要因と考えられる。この結果は、前章のチモシー単播草地における結果とよく一致する。この結果と実験1の結果を合わせて考えれば、混播草地の1番草に対するN施肥管理は、秋と春に分施するより萌芽後の早い時期に全量施肥することを基本とすべきであると考えられる。混播草地といえどもその1番草収量は、基幹イネ科牧草であるチモシーが大部分を占める。このため、チモシーの有穂茎数を効率よく増加させ、それによって1茎重の増大をもたらす増収に結びつけるという前章で認めた施肥法が、混播草地においても適用できるのであろう。

混播草地とチモシー単播草地で大きく異ったのは、混播草地におけるN施肥量の増加による増収効果が、前章で示されたチモシー単播草地の場合より明らかでなかったという点である。混播草地では、マメ科牧草に共生する根粒菌が空中窒素を固定し、宿主牧草へ固定Nを供給するとともに、イネ科牧草へもその一部が移譲される<sup>15, 19)</sup>。この量は、シロクロバ(ラジノクロバを含む)で16~39kg/ha程度<sup>19)</sup>、アルファルファでは、37~85kg/ha程度と報告されている<sup>15)</sup>。また、易分解性画分の多いマメ科牧草の残渣が、牧草収穫ごとに土壤に添加されるため、混播草地での土壤微生物活性はイネ科牧草単播草地より高く、土壤有機物の分解が速まり、土壤からのN供給量が増加する<sup>16)</sup>。このため、N少肥の段階でも比較的高収が得られ、混播草地におけるN増肥効果が小さくなったものと理解できる。したがって、混播草地におけるマメ科牧草の維持は、N施肥量の節減という面から極めて重要と考えられる。脇本<sup>99)</sup>や木曾ら<sup>33)</sup>の結果からみて、N施肥量を本実験において適量と推定された40~60kg/ha程度に抑え、マメ科牧草の維持に重要なP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>とK<sub>2</sub>O<sup>11, 19, 34, 79)</sup>

が十分に施用されれば、マメ科牧草を長期にわたって維持することが可能で、しかも1番草の高収が期待できると思われる。

一方、上述した混播草地に対する施肥の基本的考え方は、未熟火山性土、黒色火山性土および厚層黒色火山性土と理化学的性質の異なる各火山性土のいずれにおいても共通であり、土壌の理化学的性質における差異は、混播草地の施肥法に大きな影響を及ぼすほどのものでないと考えられた。むしろ土壌の違いは、未熟火山性土と厚層黒色火山性土における混播草地の1番草収量や牧草のN吸収量に認められた。この両土壌には第33表に示したように、熱水抽出Nや無機化N量に明らかな差異がある。気象条件やマメ科牧草からのNの移譲などの影響とともに、両土壌のN供給力の違い<sup>64)</sup>もチモシーの生育に影響を及ぼして、1番草収量の土壌間差に寄与したことが考えられる。

以上の検討結果から、いずれの火山性土においても、チモシーを基幹とする混播草地の1番草に対するN施肥時期および施肥配分は、前章で認めたチモシー単播草地での結果をそのまま適用し、N施肥量を、チモシー単播草地の場合より少なく40~60kg/ha程度とすることが、効率的なN施肥法と思われる。

## 第2節 2番草に対する窒素施肥法

前節にひきつづき、未熟火山性土、黒色火山性土および厚層黒色火山性土の主要三火山性土において、チモシーを基幹とする混播草地の2番草に

対する窒素施肥法を明らかにするため、1番草刈取り後のN施肥時期および施肥量について検討した。

## 実験方法および結果

### 実験1. 1番草刈取り後のN施肥時期が2番草収量に及ぼす影響

#### 実験方法

本実験は、未熟火山性土、黒色火山性土および厚層黒色火山性土の各試験地とも、造成後5年目の混播草地を供試し、1984年に実施した。供試草地の実験開始時における草種構成は、イネ科牧草ではチモシー、マメ科牧草はラジノクローバが大部分を占めていた。

1番草については、チモシーの萌芽始期に当たる5月8日に草地用高度化成肥料「122」号(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-MgO=10-20-20-5%)を用い、ha当たりNとして40kg、共通に施肥した。1番草の収穫は、未熟火山性土と厚層黒色火山性土では6月29日に、黒色火山性土では7月4日に行った。その後、1番草刈取り直後(刈取り直後区)、刈取り後10日目(10日目区)および20日目(20日目区)に施肥処理を実施した。これらの時期は、それぞれ基幹草種であるチモシーの従属再生長期、独立再生長期、伸長期の開始時点に当たる。施肥量は、草地用高度化成肥料「456」号(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-MgO=14-5-26-5%)を用いNとして42kg/haである。2番草の収穫調査は、8月28~29日に行った。

第43表 試験地および供試草地における土壌(0~5cm)の主な化学的性質

試験地	火山性土	pH (H <sub>2</sub> O)	T-N (%)	腐植 (%)	リン酸 吸収係数	有効態P* (mg/100g)	C E C (me/100g)	交換性塩基(mg/100g)		
								K	Ca	Mg
別海町西春別 (石坂未登氏圃場)	未熟 火山性土	6.3	0.33	6.0	990	19.9	15.5	4.5	164	6.2
中標津町桜ヶ丘 (根釧農試圃場)	黒色 火山性土	6.5	0.49	11.1	1770	11.2	28.1	6.1	357	19.5
別海町富岡 (本田松衛氏圃場)	厚層黒色 火山性土	5.7	0.55	13.4	2090	7.4	30.3	5.7	174	17.6

\*Bray No.2法

第44表 1番草収量、マメ科率および牧草のN吸収量

火山性土	乾物収量 (t/ha)			マメ科率・N吸収量 (kg/ha)			
	TY**	CL***	合計	(%)	TY**	CL***	合計
黒色火山性土	5.35	0.69	6.04	20	75	22	97
未熟火山性土	3.92	0.96	4.88	26	53	31	84
厚層黒色火山性土	5.06	0.84	5.90	23	68	29	97

\*生草重量割合(%), \*\*チモシー, \*\*\*マメ科牧草

各試験地における土壌表層(0~5cm)の主な化学性は第43表に示したとおりである。いずれも前節で認めた各火山性土の特徴がよく現れている。

実験結果

(1) 1番草収量および牧草のN吸収量

各火山性土における1番草収量(前節と同様、1番草収穫時のチモシー収量+マメ科牧草収量を示す)は、施肥量が共通であるにもかかわらず、黒色火山性土と厚層黒色火山性土ではほぼ等しく、未熟火山性土はこれらより減収し、1番草収量に土壌間差が認められた(第44表)。これは、チモシー収量の差に起因した。マメ科率は、各火山性土とも20%前後で未熟火山性土においてわずかに高かった(第44表)。牧草のN吸収量をみると、チモシーのN吸収量が劣った未熟火山性土で少なく、黒色火山性土と厚層黒色火山性土には差異がなかった(第44表)。未熟火山性土において1番草収量や牧草のN吸収量が他の火山性土より減少したのは、前節の結果と一致する。このような草地に対して、1番草刈取り後の施肥時期の処理を行ったことになる。

第45表 2番草収穫時におけるマメ科率(生草重量割合、%)

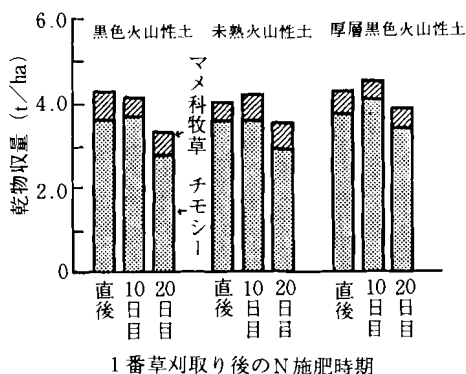
1番草刈取り後の施肥時期	黒色火山性土	未熟火山性土	厚層黒色火山性土
刈取直後	22	16	18
10日目	13	20	16
20日目	18	20	18

(2) 2番草乾物収量と2番草収穫時におけるチモシーの分けつ構成および1茎重

2番草収穫時のチモシーとマメ科牧草の合計収量(以下では、これを2番草収量とよぶ)は、各火山性土とも刈取り直後区と10日目区がほぼ等しく、20日目区において低下した(第48図)。これは1番草の場合と同様、チモシー収量に大きく規制されていた。2番草収量を各火山性土で比較すると、厚層黒色火山性土が他の二火山性土よりわずかに高収であった。

2番草収穫時のマメ科率に及ぼす1番草刈取り後の施肥時期の影響は、一定の傾向を示さなかった(第45表)。いずれの火山性土においても2番草収穫時のマメ科率は、1番草収穫時よりやや低下した程度であった。

チモシーの全茎数は刈取り直後区において減少し、他の二処理区には大差が認められなかった(第46表)。有穂茎数は全茎数の10%程度しかなく、刈取り直後区においてわずかに多い傾向を示した。1茎重は施肥時期の影響を明らかに受け、刈取直後区と10日目区はほぼ等しく、20日目区で減少した。したがって、混播草地においても2番草のチモシー収量は1茎重によって規制され、1茎重は1番草刈取り後10日目までに施肥することによって増大することが示唆された。このような分けつ構成や1茎重に対する1番草刈取り後の施肥時期の影響は、各火山性土に共通して認められ、前章のチモシー単播草地での結果と類似していた。



第48図 1番草刈取り後のN施肥時期が2番草収量に及ぼす影響

第46表 2番草収穫時におけるチモシーの分けつ構成および1茎重

1番草刈取り後の 施肥時期	黒色火山性土				未熟火山性土				厚層黒色火山性土			
	分けつ構成 (本/m <sup>2</sup> )			1茎重 (g/本)	分けつ構成 (本/m <sup>2</sup> )			1茎重 (g/本)	分けつ構成 (本/m <sup>2</sup> )			1茎重 (g/本)
	有穂莖	伸長莖	全莖数		有穂莖	伸長莖	全莖数		有穂莖	伸長莖	全莖数	
刈取直後	120	1340	1460	0.25	160	1110	1270	0.28	190	970	1160	0.32
10日目	110	1640	1750	0.21	150	1160	1310	0.27	140	1150	1290	0.32
20日目	110	1550	1660	0.17	150	1250	1400	0.21	170	1080	1250	0.27

第47表 2番草収穫時における牧草のN吸収量 (kg/ha)

1草番刈取り後の 施肥時期	黒色火山性土			未熟火山性土			厚層黒色火山性土		
	TY*	CL**	合計	TY	CL	合計	TY	CL	合計
刈取直後	74 (2.1)	21 (3.1)	95	50 (1.4)	13 (2.8)	63	64 (1.7)	16 (3.0)	80
10日目	72 (2.0)	14 (3.2)	86	47 (1.3)	16 (2.6)	63	59 (1.5)	14 (2.8)	73
20日目	71 (2.5)	18 (3.3)	89	52 (1.8)	17 (2.8)	69	62 (1.8)	16 (3.4)	78

\*チモシー、\*\*マメ科牧草。( )内は、N含有率(乾物中、%)を示す。

### (3) 牧草のN吸収

いずれの火山性土においても、チモシーのN含有率は施肥時期が遅く低収であった20日目区において高まった(第47表)。このため、チモシーのN吸収量は収量ほど施肥時期の影響を受けなかった。チモシーとマメ科牧草の合計N吸収量も同様であった。したがって20日目区においては、牧草のN吸収が必ずしも2番草収量に結びつかないことが理解できる。

以上の結果から、混播草地においてもチモシーの独立再生長期開始時に当たる刈取り後10日目までに施肥することが重要と思われた。この結果は、土壌の理化学性における差異の影響をほとんど受けず、前章で認めたチモシー単播草地での結果とよく一致した。

## 実験2. 1番草刈取り後のN施肥量が2番草収量に及ぼす影響

### 実験方法

本実験は、未熟火山性土、黒色火山性土および厚層黒色火山性土のいずれにおいても1985年に実

施した。未熟火山性土と厚層黒色火山性土では、前節で供試した混播草地において、前節の実験とは別の部分を供試して本実験を行った。黒色火山性土の場合は、1983年に造成し、標準管理していたチモシー、アカクローバ、ラジノクローバ混播草地を供試した。未熟火山性土と厚層黒色火山性土における供試草地の概要は、第32表のとおりである。黒色火山性土の供試草地は、アカクローバの生育が極めて旺盛で、アカクローバがマメ科牧草の中心となっていた。

1番草に対する施肥量は各火山性土共通に、Nとして60kg/ha(このうち20kg/haは、1984年の2番草刈取り後に施用)である。1番草の収穫は、未熟火山性土と厚層黒色火山性土では6月27日、黒色火山性土は7月4日である。この後、2番草に対するN施肥処理を行った。すなわち、各火山性土ともチモシーの独立再生長期開始時点に当たる1番草刈取り後10日目に、ha当たりNとして20、40、60kg施肥した。これに無窒素区(-N区)を併置した。1番草に対するP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>とK<sub>2</sub>Oは、前節の実験2と全く同様に施肥した。また2番草に

対しては、各区共通にha当たりP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を40kg、K<sub>2</sub>Oは100kg施肥した。

2番草の収穫調査は黒色火山性土では8月22日、未熟火山性土と厚層黒色火山性土は8月26～27日にそれぞれ実施した。

**実験結果**

**(1) 1番草収量とチモシーの分けつ構成および1莖重**

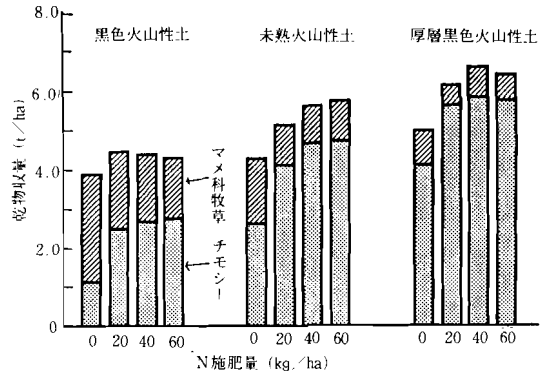
本実験の未熟火山性土と厚層黒色火山性土における1番草の処理は、前節実験2のN施肥量が秋20kg/ha春40kg/ha区と同一である。それゆえ、両試験地の1番草収量、マメ科率、1番草収穫時のチモシーの分けつ構成などは、前節の結果と同様と考えられるため、結果は省略し、黒色火山性土における結果のみ、第48表に示した。

黒色火山性土における1番草収量は、アカクロバの生育が旺盛であったことを反映し、マメ科牧草収量の占める割合が、未熟火山性土や厚層黒色火山性土の場合よりはるかに大きかった。チモシーの全莖数は、第40表に示した未熟火山性土や厚層黒色火山性土に比較すると、著しく少なく690本/m<sup>2</sup>であった。有穂莖数は、全莖数の75%に達した。アカクロバがチモシーに侵攻的となった<sup>99)</sup>こと、さらにチモシーの有穂莖の繁茂などにより、1番草生育期間中に発生するチモシーの分けつの伸長が著しく抑制されて、1番草収穫時の伸長莖の確保が十分でなかったことがうかがえる。マメ科率も47%と高かった。このような草地に対して2番草の施肥処理を行ったことになる。

第48表 黒色火山性土における1番草収量、マメ科率およびチモシーの分けつ構成

乾物収量 (t/ha)			分けつ構成 (本/m <sup>2</sup> )			
TY**	CL***	合計	マメ科率* (%)	有穂莖	伸長莖	全莖数
4.72	2.36	7.08	47	520	170	690

\*生草重量割合(%)、\*\*チモシー、\*\*\*マメ科牧草



第49図 1番草刈取り後のN施肥量が2番草収量に及ぼす影響

**(2) 2番草収量**

各火山性土とも1番草刈取り後にNが施肥された処理区のチモシー収量は、-N区より明らかに増加した(第49図)。しかし、黒色火山性土および厚層黒色火山性土ではNを20kg/ha以上、また未熟火山性土でも40kg/ha以上施肥しても、2番草のチモシー収量の増加はわずかであった。マメ科牧草収量は、黒色火山性土では-N区で著しく多く、チモシー収量の3倍以上に達した。またNが施肥された各区では、その施肥量が多いほど、マメ科牧草量がわずかに減少する傾向を示した。未熟火山性土と厚層黒色火山性土でも、-N区のマメ科牧草収量は他の処理区より増加した。しかしNが施肥された各区分では、マメ科牧草収量に大差がなかった。

2番草収量(チモシー収量+マメ科牧草収量)は、各火山性土ともチモシー収量とほぼ類似した傾向を示し、黒色火山性土と厚層黒色火山性土では20kg/ha以上、未熟火山性土でも40kg/ha以上、それぞれNが施肥されても2番草収量の増収効果は、わずかであった。ただし-N区ではマメ科牧草収量が増加したため、-N区の2番草収量はチモシー収量の場合より、Nが施肥された各区との差が縮小した。

2番草収量の土壌間差は、N施肥量が同じ処理区で比較すると、いずれも黒色火山性土<未熟火山性土<厚層黒色火山性土の順に増加した。これは、主にチモシー収量の差に起因していた。

2番草収穫時のマメ科率は、-N区においてい

第49表 2番草収穫時におけるマメ科率  
(生草重量割合、%)

N施肥量 (kg/ha)	黒色 火山性土	未熟 火山性土	厚層黒色 火山性土
0	69	44	26
20	43	26	13
40	45	26	17
60	42	23	13

ずれの火山性土も明らかに高まった(第49表)。しかしNが施肥された区ではほぼ同等のマメ科率で、黒色火山性土では約40%、未熟火山性土では約25%、厚層黒色火山性土の場合は15%程度であった。

したがってチモシーを基幹とし、マメ科率が約15%以上である混播草地の2番草に対するN施肥量は、20~40kg/haで十分と思われた。

### (3) 2番草収穫時におけるチモシーの分けつ構成および1茎重

チモシーの全茎数は、未熟火山性土において20kg/ha区が他の区より増加した程度で、各火山性土とも処理間差が小さかった(第50表)。有穂茎数も、未熟火山性土の-N区で例外的に少なかったことや、厚層黒色火山性土の40kg/ha区が多かったことを除き、各火山性土とも処理間差は明らかでない。これに対し1茎重は、いずれの火山性土においても-N区で小さい。また、黒色火山性土と厚層黒色火山性土では、Nを20kg/ha、未熟火山性土の場合には40kg/ha以上施肥しても

1茎重に明らかな差異が認められず、チモシー収量と全く同様の結果であった。各火山性土共通にチモシー収量は、全茎数や有穂茎数より1茎重と密接な関係にあることが理解できる。この結果は、前章で認めたチモシー単播草地における2番草の場合と同様である。

全茎数や1茎重を各火山性土と比較すると、黒色火山性土の全茎数が他の火山性土より著しく少なかった。しかし1茎重は、N施肥量が同じなら厚層黒色火山性土でやや大きく、未熟火山性土と黒色火山性土では大差が認められなかった。したがって黒色火山性土で、とくにチモシー収量が他の火山性土より低下したのは、チモシーの茎数不足に起因するものと思われた。

### (4) 牧草のN吸収

各火山性土とも-N区におけるチモシーのN吸収量は、Nが施肥された各区より減少した(第51表)。しかしNが施肥された各区のチモシーのN吸収量は、必ずしもN施肥量と対応していなかった。マメ科牧草のN吸収量についてみると、-N区が他の処理区より明らかに多かった。これは各火山性土に共通して認められた。Nが施肥された各区におけるマメ科牧草のN吸収量の処理間差は、判然としなかった。

これらの草種別N吸収量の結果を反映し、いずれの火山性土においてもチモシーとマメ科牧草の合計N吸収量は、-N区が他の処理区よりわずかに減少したが、Nが施肥された各区には処理間差が明らかでない。すなわち、N施肥量が20kg/ha以上となっても、チモシーおよびマメ科牧草のN

第50表 2番草収穫時におけるチモシーの分けつ構成および1茎重

N施肥量 (kg/ha)	黒色火山性土				未熟火山性土				厚層黒色火山性土			
	分けつ構成(本/m <sup>2</sup> )			1茎重 (g/本)	分けつ構成(本/m <sup>2</sup> )			1茎重 (g/本)	分けつ構成(本/m <sup>2</sup> )			1茎重 (g/本)
	有穂茎	伸長茎	全茎数		有穂茎	伸長茎	全茎数		有穂茎	伸長茎	全茎数	
0	100	590	690	0.16	70	1290	1360	0.19	150	1190	1340	0.31
20	180	520	700	0.35	190	1560	1750	0.23	170	1170	1340	0.42
40	170	530	700	0.38	210	1190	1400	0.33	270	980	1250	0.46
60	190	540	730	0.38	220	980	1200	0.39	220	1070	1290	0.44

第51表 2番草収穫時における牧草のN吸収量 (kg/ha)

N施肥量 (kg/ha)	黒色火山性土			未熟火山性土			厚層黒色火山性土		
	TY*	CL**	合計	TY	CL	合計	TY	CL	合計
0	21	88	109	58	54	112	74	32	106
20	48	65	113	93	34	127	105	17	122
40	45	60	105	84	30	114	113	23	136
60	47	53	100	105	29	134	107	25	132

\*チモシー、\*\*マメ科牧草。

吸収に施肥量が大きな影響を及ぼさないことがうかがえる。

## 考 察

本実験の結果から、混播草地であってもその2番草収量は、基幹イネ科牧草であるチモシーの収量によって大きく規制され、チモシー収量は、1茎重に支配されたことが示唆される。この2番草チモシーの1茎重は施肥時期の影響を受け、1番草刈取り後20日間程度経過した伸長期開始時に施肥された区の1茎重が、刈取り後10日目までに施肥された区の1茎重を上回ることにはなかった。この結果は、チモシー単播草地の2番草において、1番草刈取り後10日間程度経過した独立再生長期開始時にNを施肥することが、最も効率よくチモシーの1茎重を増大させるとした前章の結果と、基本的には一致するものと思われる。1番草の場合と同様、混播草地の2番草収量も大部分がチモシー収量に依存する。それゆえ、2番草チモシーの1茎重を効率よく増加させ、増収に結びつけるというチモシー単播草地で認めた施肥時期が、混播草地においても適用できるのであろう。

混播草地に対する2番草のN施肥適量についても、1番草の場合と同様、チモシー単播草地の2番草に対するN施肥適量より、はるかに少ない量で十分であった。マメ科牧草の混播によるN施肥量節減効果が大きく、マメ科牧草を維持することの重要性が理解できる。

しかし、混播草地における乾物収量の主体となるのは、あくまで基幹イネ科牧草である<sup>100)</sup>。本

実験2の黒色火山性土で認められたように、チモシーの茎数の著しい減少は、収量そのものを低下させる。もともと、根釧地方の基幹イネ科牧草であるチモシーは再生力に劣る。このため、黒色火山性土で供試した草地のように2番草におけるアカクロバの旺盛な生育は、しばしばチモシーに対して侵攻的となり<sup>99)</sup>、チモシーの茎数を減少させる。このような場合には、マメ科牧草の生育を抑制するような施肥あるいは利用管理が重要になると思われる。

一方、土壌の理化学的性質の差異は、1番草の場合と同じく、混播草地の2番草に対する効率的なNの施肥時期や施肥量には大きな影響を及ぼさなかった。むしろそれらの差異は、2番草収量に影響していた。

すなわち、実験2において低収であった黒色火山性土は、チモシーの茎数不足に起因すると理解され、土壌の理化学的性質の影響とは考えがたい。しかし、チモシーの茎数に大きな差異がなかった未熟火山性土と厚層黒色火山性土を比較すると、実験1および2のいずれにおいても、後者の2番草収量のほうが、前者を上回り、前節の結果とよく一致した。両土壌におけるN供給力の違い<sup>64)</sup>を反映したものと思われる。

以上のことから、チモシーの茎数が十分確保され、マメ科率が約15%以上である混播草地の2番草に対する効率的な施肥法は、いずれの火山性土においても、N施肥時期をチモシーの独立再生長期開始時点（1番草刈取り後10日目頃）とし、N施肥量を20~40kg/haとすることと考えられる。

## 第V章 総合論議および結論

根釧地方は、寒冷・寡照という気象条件下で、比較的安定した生産が期待される牧草を利用した、わが国を代表する草地酪農地帯である。この地方の草地において牧草生産の主体を占める基幹イネ科牧草は、耐凍性に優れ、冬枯れの被害を受けることの少ないチモシーである。そこで本研究では、チモシーの栄養生理的特性を明らかにし、それらに基づき、施肥効率を高めて増収に結びつく窒素施肥法を明確にしようとした。

第III章の結果によると、チモシーの1番草収量は、1茎重に規制されていた。1茎重は有穂茎数に依存し、有穂茎数は萌芽期にNを施肥し、幼穂形成期までのチモシーのN吸収量を多くすることによって、増加することが明らかにされた。それゆえ、幼穂形成期までのチモシーのN吸収量を効率よく増加させることが、1番草の増収にとって重要となる。

幼穂形成期までのチモシーのN吸収量を増加させるためには、早春の萌芽期に多肥することがまず考えられる。根釧地方には未熟火山性土、黒色火山性土および厚層黒色火山性土が広く分布しており<sup>21, 94)</sup>、このうち厚層黒色火山性土は他の二火山性土に比較し、保水性に優れ、かつ養分保持能が大きいという特徴を持つ<sup>64, 65)</sup>。このような土壌では、萌芽期にNを多肥しても施肥Nの損失が少なく、チモシーに効率よくNが吸収されるものと思われる。しかし、未熟火山性土は土壌の粒径が粗く腐植に乏しいことから、保水性がやや劣り、透水性が良好な上に養分保持能が小さい<sup>64, 65)</sup>。そのため、未熟火山性土において萌芽期にNを多肥すると、施肥Nの溶脱が懸念される。一方、オーチャードグラスでは、前年の秋にNを施肥することによって有穂茎数が著しく増し、1番草収量が増加すると指摘されている<sup>84)</sup>。チモシーにおいてもオーチャードグラスと同様のことが認められるのであれば、1番草に対するN施肥量を前年

の2番草刈取り後の秋と翌春に分施することによって、有穂茎数が多数確保されて1番草の増収が期待される。とくに未熟火山性土のように施肥成分が溶脱しやすいと思われる土壌では、萌芽期に全量施肥するより、上述したように秋と春にNを分施することによって、チモシーの幼穂形成期までのN吸収量を効率よく増加させることができると考えられる。そこで1番草に対するN施肥量を前年の2番草刈取り後の秋と早春の萌芽期に分施することを試みた。

2番草刈取り後に施肥されたNは、チモシーに十分吸収されたにもかかわらず、越冬後までチモシー体内に保持されなかった。すなわち、秋のN施肥効果の大きいオーチャードグラスでは、越冬期間中に茎葉部が枯れ上がりリター化するに伴って、この部位に集積したNが越冬器官である刈株部に再転流して、越冬後まで体内に保持される<sup>84)</sup>のに対し、チモシーでは、このような現象が認められなかった。秋のN施肥後にチモシーによって吸収されたNの一部は、見かけ上、越冬期間中に失われたことになる。これは、秋のN施肥に由来する1番草チモシーの利用可能N量が減少することを意味している。したがって、1番草に対するN施肥量を秋と春に分施しても、当初予想したほどには幼穂形成期までのチモシーのN吸収量が増加しなかった。またオーチャードグラスのように、秋のN施肥によって有穂茎数が著しく増加することもなかった。この結果は、チモシー単播草地あるいはマメ科牧草との混播草地のいずれにおいても共通に認められ、土壌の理化学的性質の差異による影響もほとんど認められなかった。

これらの結果から、チモシーを基幹とする草地の1番草において、有穂茎数を効率よく増加させて1茎重を増大させ、1番草の増収をもたらすためには、いずれの火山性土でも、Nを早春の萌芽期に全量施用することが望ましいと思われた。



チモシーの2番草収量も、1番草の場合と同じく1茎重によって規制されていた。チモシーは、1番草刈取り時に生長点が切除される分げつの割合が、他のイネ科牧草に比較し、著しく高い<sup>89)</sup>。生長点が切除されると、その分げつは再生不能となり、2番草において新たに発生する新分げつが2番草を構成することになる<sup>90)</sup>。チモシーの1番草刈取り後から10日間程度の従属再生長期は、この新分げつの発生を待つ時期でもあり、チモシーの再生や養分吸収が劣る。2番草チモシーの養分吸収が活発となるのは、独立再生長期以降である。この独立再生長期のチモシーのN吸収は、それまでに発生した新分げつの伸長を促進し、2番草収穫時の1茎重を増大させる効果を有した。それゆえ、2番草に対する効率的なN施肥時期は、従来から慣行的に推奨されていた刈取り直後<sup>73)</sup>より、むしろ1番草刈取り後10日間程度経過した独立再生長期の開始時点であると考えられた。

水耕条件で検討した結果でも、新分げつが中心となったチモシーの2番草に対しては、独立再生長期からのN供給が重要であった。しかしこの場合には、独立再生長期以降の旺盛なチモシーのN吸収によって、新分げつの発生を助長し、茎数を多数確保することで2番草収量を高めていた。上述した実際の草地の場合と水耕の場合で、収量を規制する収量構成要素が異なっていた。

水耕では、独立したチモシーを対象とするため、光が分げつ発生制限因子とならず、培地にNが供給されるかぎり分げつが発生し続け、茎数が増加する。これに対し、実際の草地では、群落状態にあり2番草の後半には茎葉の繁茂による分げつ間の相互遮へいや、チモシーのN吸収の鈍化による分げつ芽へのN供給不足などによって、分げつ発生が著しく抑制されるとともに弱小分げつが枯死し、全茎数は減少する。このため、茎数に代わって1茎重が2番草収量を規制したものと思われた。

土壌の理化学的性質が異なり、マメ科牧草との混播条件下でも、2番草に対する効率的なN施肥時期に変化が認められなかった。したがって、チモシーを基幹とする草地の2番草に対する効率的

なN施肥時期は、いずれの火山性土においても、1番草刈取り後10日間程度経過した独立再生長期開始時であると考えられた。

以上述べてきたように、1番草および2番草の収量を規制する収量構成要素を効率よく増大させて増収に結びつけるためのN施肥時期は、チモシー単播草地あるいはマメ科牧草との混播草地のいずれにも共通であった。混播草地といえども、その収量はチモシーが大部分を占めるため、チモシー収量を効率よく増加させるための施肥時期が適用できるであろう。

チモシー単播草地とマメ科牧草との混播草地とで大きく異なったのは、各番草に対するN施肥適量であった。混播草地では、イネ科牧草に対してマメ科牧草からNの移譲がある<sup>15, 19)</sup>。その結果、N少肥の段階でも比較的高収が得られ、N増肥による増収効果が小さい。このため、混播草地におけるN施肥適量がチモシー単播草地より少量で十分となったと考えられる。

一般に、草地は一度造成されると、長年にわたって利用される。したがって、草地の施肥管理に対する配慮は、上述した施肥当年の施肥時期や施肥量だけの影響ではなく、長年にわたるこれらの施肥管理が、草地の牧草生産に及ぼす影響も考慮される必要がある。

未熟火山性土は、すでに述べたように厚層黒色火山性土と比較すると、保水性にやや劣り、透水性が良好な上に養分保持能が小さいため<sup>64, 65)</sup>、塩基類が溶脱しやすい。その結果、未熟火山性土では草地造成後の経過年数が進むに伴って土壌の酸性化が容易で<sup>62)</sup>、ケンタッキーブルーグラスやレッドトップといった生産性の低い草種および雑草が侵入しやすい<sup>60, 79)</sup>。さらに未熟火山性土地帯は内陸地域に分布するため、冬期間における気象条件は、沿海地域に分布する厚層黒色火山性土地帯より厳しく<sup>20)</sup>、土壌凍結深度も深い<sup>57)</sup>。このような冬期間の気象条件は、牧草に冬枯れをもたらして経年的に草地の草種構成の悪化を助長し、施肥による増収効果を低下させる<sup>32, 63)</sup>。

したがって同じような草種構成の草地に対する施肥法は、土壌の理化学的性質によって差異がな

いとしても、草地を長期にわたって利用していく場合には、土壤の理化学的性質を考慮する必要があると思われる。未熟火山性土地帯では土壤の酸性化防止に留意するとともに、耐凍性に優れた草種、品種を選定するといった配慮が望まれる。

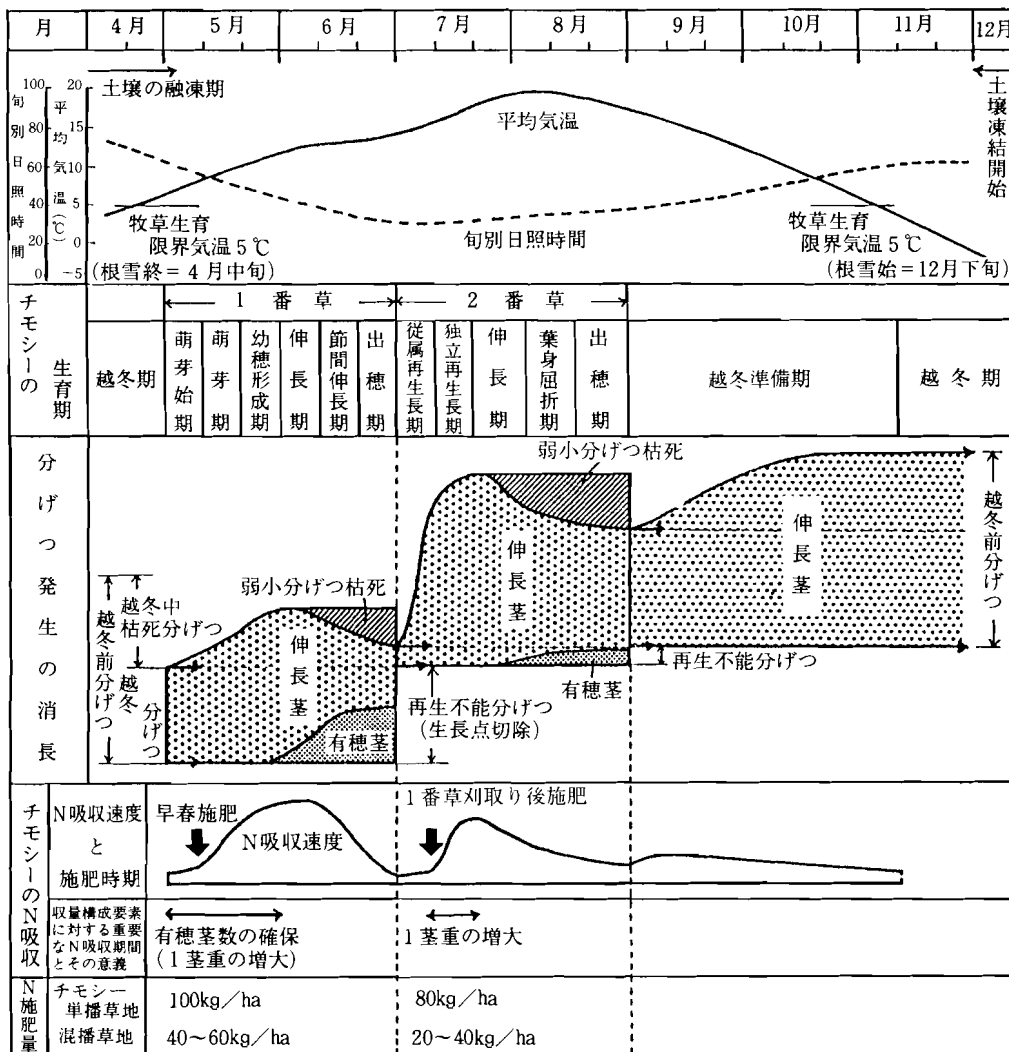
混播草地の牧草収量は草種構成によって大きく規制される<sup>63)</sup>。とくにマメ科牧草の維持は、N施肥量の節減効果が大きいことからみても、重要な課題である。当地方の火山性土のように土壤のK供給力が劣る場合<sup>9)</sup>、マメ科牧草の維持にKの十分な施肥は不可欠である<sup>11, 19, 34, 79)</sup>。また、PやCa、Mgなどの施肥もマメ科牧草の維持にとって重要である<sup>19)</sup>。さらにPの施肥は、草地の造成段階にある牧草の幼植物期間に有効で、草地造成時に十分なリン酸質資材の施用をおこなれば、牧草の定着そのものが失敗に終わることが多い。したがって本研究で検討したNのみならず、PやK、Ca、Mgなどの塩基類の施肥法も重要であることは言うまでもない。N以外の要素に対する効率的な施肥法については、マメ科牧草の維持という観点から、検討されるべき課題であると思われる。

以上、本研究で論じてきた根釧地方における(1)

チモシーの生育経過、分けつ発生の消長、(2)チモシーのN吸収と収量構成要素の関係、さらに(3)それらに基づく効率的なNの施肥時期、施肥量を模式的に第50図に示した。この図は、根釧地方に分布する主要な火山性土のいずれにおいても適用でき、さらにチモシーを基幹とする草地において施肥効率を高めて増収をもたらすために寄与するものと考えられる。

本研究において得られた知見を総括すると、寒冷・寡照地域のチモシーを基幹とする草地において、収量を規制する収量構成要素を効率よく増大させて、増収に結びつけるためのN施肥法は、次のように結論づけられる。

- (1) 春はチモシーの萌芽期に、また1番草適期(穂揃期)の刈取り後には、10日間程度経過したチモシーの独立再生長期に施肥するのを基本とし、2番草刈取り後のN施肥は必ずしも必要でない。
- (2) 上記の基本的なN施肥法は、土壤の理化学的性質が大きく異なる未熟火山性土、黒色火山性土、厚層黒色火山性土のいずれにおいても変化しない。



第50図 根釧地方におけるチモシーの生育と窒素の効率的な施肥時期および施肥量

## 第Ⅵ章 要 約

寒冷・寡照という気象条件にある北海道根釧地方において、基幹イネ科牧草であるチモシーの栄養生理的特性を明らかにし、それらに基づき、施肥効率を高めて増収に結びつく窒素施肥法を確立しようとした。得られた結果は、以下のとおりである。

### 1. チモシーの栄養生理的特性とそれに基づく窒素施肥法

- (1) チモシーは、春から夏にかけての1番草生育時に旺盛な乾物生産と養分吸収を示す。また、1番草刈取り後の再生や養分吸収は、他のイネ科牧草より劣る。
- (2) 水耕条件で、チモシーの窒素吸収と収量構成要素の関係を検討したところ、1・2番草のいずれにおいても、生育初期のチモシーの窒素吸収は1茎重の増大に効果があり、生育後期の窒素吸収は茎数増加に有効であった。
- (3) チモシー単播草地において、1番草収量は1茎重に規制されていた。1茎重は有穂茎数に依存するため、有穂茎の確保が1番草の増収に重要であった。
- (4) 1番草の有穂茎数は、幼穂形成期までのチモシーの窒素吸収量によって決まった。前年の2番草刈取り後と早春に窒素を分施するより、むしろ早春の萌芽期に全量施肥するほうが、幼穂形成期までのチモシーの窒素吸収量を増加させて有穂茎数の増大をもたらした。この場合の1番草に対する窒素施肥適量は、100kg/ha程度であった。
- (5) 2番草収量も1茎重に規制されていた。2番草の1茎重は、独立再生長期のチモシーの窒素吸収量に支配された。刈取り直後の従属再生長期におけるチモシーの窒素吸収は、著しく劣る。それゆえ、1番草刈取り後10日間程度経過し、チモシーの養分吸収が旺盛とな

る独立再生長期に窒素を施肥することで1茎重が増加した。

- (6) 2番草を構成する分けつの大部分は、2番草において新たに発生する分けつである。このため、1番草刈取り後の独立再生長期に十分な窒素施肥を行えば、早春の窒素施肥量の差異は、2番草チモシーの生育に大きな影響を及ぼさなかった。この場合、窒素施肥適量は80kg/ha程度であった。
- (7) 以上の結果から、1番草に対しては萌芽期に100kg/ha、2番草には独立再生長期に80kg/haの窒素を施肥することが、チモシー単播草地の収量を規制する収量構成要素を、効率よく増大させる窒素施肥法であると考えられた。

### 2. チモシー・マメ科牧草混播草地の窒素施肥法

- (1) チモシーとマメ科牧草の混播草地といえども、その乾物収量はチモシー収量が大部分を占めた。このため、チモシー単播草地において認められた効率的な窒素施肥時期が、混播草地においても適用できた。
- (2) しかし、混播草地における窒素施肥適量は、1番草では40~60kg/ha、また2番草では20~40kg/haであり、前述したチモシー単播草地の窒素施肥適量よりはるかに少ない量で十分であった。これは、マメ科牧草からイネ科牧草への窒素移譲があるためと思われる。
- (3) 未熟火山性土、黒色火山性土および厚層黒色火山性土の理化学的性質の差異は、混播草地における上述した基本的な窒素施肥法を変えるほどの影響を、牧草生育に与えなかった。

### 3. 結 論

以上の結果を総括すると、根釧地方のような寒冷・寡照地域のチモシーを基幹とする草地において、収量を規制する収量構成要素を増大させて増

収に結びつけるための窒素施肥法は、未熟火山性土、黒色火山性土、厚層黒色火山性土の比較に関する限り、土壌の理化学的性質が異なっても本質的に変わりはなく、早春の萌芽期および1番草刈

取り後10日間程度経過した独立再生長期に施肥するのを基本とし、2番草刈取り後の施肥は必ずしも必要でないと結論づけられた。

## 謝 辞

本報告を取りまとめるに当たり、北海道大学教授岡島秀夫博士には、終始懇篤なる御指導と御校閲を賜った。また、北海道大学教授田中 明博士および同教授後藤寛治博士には、有益な御助言と本稿の御校閲をいただいた。謹んで、深甚なる謝意を表する。

本研究は、北海道立根釧農業試験場において行われた、農林水産省指定試験事業の研究成績のうち、1977年から1985年までの分について取りまとめたものである。農林水産省農林水産技術会議事務局の関係各位には、絶大なる御支援を賜った。この間、根釧農業試験場長として在任された、平沢一志氏（現雪印種苗株式会社）、松代平治氏（現石川県立農業短期大学教授）、奥村純一博士（現全国農業協同組合連合会）、田辺安一氏（現新得畜産試験場長）および現場長岩淵晴郎博士には、研究途上で御指導と御激励を賜った。

本研究の遂行に当たり、根釧農業試験場草地科長であった平島利昭博士（現北海道農業試験場草地開発第一部長）、小関純一博士（現熱帯農業研究センター主任研究官）および同場土壌肥料科長であった赤城仰哉氏（現三菱化成工業株式会社）、菊地晃二博士（現北見農業試験場土壌肥料科長）、近藤 熙博士（現草地試験場山地支場主任研究官）

および現土壌肥料科長能代昌雄氏には、終始変わらぬ懇切な御指導をいただいた。

また、根釧農業試験場草地科研究職員の袴田共之博士（現国立公害研究所主任研究官）、早川嘉彦博士（現農業環境技術研究所主任研究官）、馬久地隆行氏（現日本緑営(株)芝生研究所）、三浦周氏（現上川農業試験場）および同場土壌肥料科研究職員の関口久雄氏（現中央農業試験場栽培第一科長）、山口 宏氏（現北海道主任専門技術員）、松原一實氏、大村邦男氏（現中央農業試験場）、木曾誠二博士、日笠裕治氏（現中央農業試験場）、三枝俊哉氏、さらに天北農業試験場の研究職員坂本宣崇博士（現上川農業試験場）、北海道農業試験場草地第三研究室長井上隆弘博士および同場主任研究官近藤秀雄氏には、有益な論議をともにしていただいた。

酪農学園大学教授原田 勇博士、および元北海道首席専門技術員西 勲氏（現北海道畜産会）、元北海道主任専門技術員金川直人氏（現北海道畜産会）、同故伊藤鉄太郎氏、さらに十勝南部地区農業改良普及所次長小林勇雄氏（元南根室地区農業改良普及所主任）には、終始適切な御指導と御激励を賜った。

以上の諸氏に、心から感謝の意を表する。

## 引用文献

- 1) 安達 篤：牧草の越冬性，第1報，耐寒性の草種間差異，北海道草地研究会報，10，74-76 (1976)
- 2) 相田隆男：草地酪農経営の簡易診断法(1),(2)，畜産の研究，29，1421-1424，1568-1570(1975)
- 3) 赤塚 恵，坂柳迪夫：畑土壌におけるN供給力の推定方法に関する2，3の考察，北農試験彙報，83，64-70 (1964)
- 4) 安藤忠男，尾形昭逸：硝酸態Nの微量迅速定量法，土肥誌，51，48-54 (1980)
- 5) AUDA, H., BLASER, R. E. and BROWN, R. H. : Tillering and carbohydrate contents of orchardgrass as influenced by environmental factors. *Crop Sci.*, 6, 139-143 (1966)
- 6) 江原 薫，佐々木統治，池田 一：牧草の再生に関する生理・生態学的研究，第1報，オーチャードグラスおよびイタリアンライグラスの再生に及ぼす貯蔵養分量および温度の影響，日草誌，10，214-220 (1965)
- 7) 江原 薫，三好 環，水城光男，池田 一：牧草の再生に関する生理・生態学的研究，第3報，肥料3要素および窒素施用の時期がバヒアグラスの再生におよぼす影響，日草誌，11，105-113 (1966)
- 8) 原田 勇：牧草の養分吸収過程並びにそれに基づく合理的施肥法に関する研究，酪農大紀要，3，1-160 (1967)
- 9) 原田 勇，篠原 功：草地農業における加里輪廻に関する研究，第2報，牧草に対する土壌の加里供給の様相について，土肥誌，40，184-191 (1969)
- 10) 早川康夫，橋本久夫：根釧地方火山灰地における牧草地土壌の理化学的特性とその施肥法に関する試験，第1報，チモシー及び赤クローバの肥料3要素試験，道立農試集報，4，9-19 (1959)
- 11) 早川康夫，橋本久夫：根釧地方火山灰地における牧草地土壌の理化学的特性とその施肥法に関する試験，第2報，採草用主要牧草の肥料適量試験，道立農試集報，4，20-44 (1959)
- 12) 早川康夫，橋本久夫：根釧地方火山灰地における牧草地土壌の理化学的特性とその施肥法に関する試験，第6報，採草用混播牧草の施肥法について，道立農試集報，8，1-12 (1961)
- 13) 早川康夫：根釧地方に分布する火山性土の理化学的特性と主幹作物の肥培法について，道立農試報告，11，1-115 (1962)
- 14) 林 満：牧草の生育曲線からみた生産性，北海道草地研究会報，4，12-24 (1970)
- 15) 東田修司：混播草地におけるN循環とマメ科草の維持，北海道草地研究会報，20，30-36 (1986)
- 16) 東田修司，西宗 昭，高尾欽弥：草地表層の土壌微生物相に及ぼす施肥処理の影響，道立農試集報，54，9-19 (1986)
- 17) 日笠裕治，三枝俊哉，菊地晃二：根釧管内における草地の土壌診断に関する研究，第1報，土壌養分含量の実態について，北海道草地研究会報，18，77-81 (1984)
- 18) 平島利昭，能代昌雄：極寒冷地域における放牧草地の維持管理法，第3報，主要イネ科草に対する秋施肥効果，日草誌，19，53-62 (1973)
- 19) 平島利昭：根釧地方における永年放牧草地の維持管理に関する研究，道立農試報告，27，1-97 (1978)
- 20) 北海道開発局釧路開発建設部，釧路気象台：大規模農業開発事業基礎調査，釧路・根釧両原野地域気象調査報告書，p176-180 (1967)
- 21) 北海道立中央農業試験場：北海道の農牧地土壌分類，第2次案，道立農試資料，10，1-89 (1979)
- 22) 北海道立根釧農業試験場：北海道立根釧農業

- 試験場50年史, p23-33 (1977)
- 23) 星野正生, 守屋直助, 金武フミエ: Orchard-grass の採種に関する研究, 農技研報, G12, 29-35 (1956)
- 24) HUNT, I. V. : Studies of response to fertilizer nitrogen, part 1, The effect of pre-harvest application of fertilizer nitrogen on herbage production of S24 perennial ryegrass. J. Br. Grassland Soc., 26, 133-141 (1971)
- 25) HUNT, I. V. : Studies of responses to fertilizer nitrogen, part 2, Effects of pre-harvest application of fertilizer nitrogen on mineral uptake of S24 perennial ryegrass. J. Br. Grassland Soc., 27, 119-127 (1972)
- 26) 石田良作: 人工草地の植生構造, 第5報, 施肥量と刈取回数を異にした数種イネ科牧草地の面積当り茎数の推移および茎数と収量の関係について, 日草誌, 21, 47-51 (1975)
- 27) 石塚喜明, 田中 明: 水稻の栄養生理, 養賢堂, 東京, p163-165 (1969)
- 28) 伊藤睦泰, 中村民夫: 刈取頻度を異にするオーチャードグラス草地における茎数の季節変化と時期別にみた出現分けつの消長, 日草誌, 21, 1-8 (1975)
- 29) JEWISS, O. R. : Tillering in grasses—it's significance and control. J. Br. Grassland Soc., 27, 65-82 (1972)
- 30) 川村秋男, 山崎清功: 暖地型牧草の土壤適応性について, 第1報, バヒアグラスの初期生育に対する磷酸の影響, 四国農試報, 24, 109-122 (1972)
- 31) KELLY, A. F. : A comparison between two methods of measuring seasonal growth of two strains of *Dactylis Glomerata* when grown as spaced plants and in swards. J. Bri. Grassland Soc., 13, 99-105 (1958)
- 32) 木曾誠二, 菊地晃二: 根釧地方におけるチモシー草地の生産性向上に関する土壤肥料学的研究, 第2報, 牧草収量に対する植生条件と窒素施用量の影響, 北海道草地研究会報, 19, 94-98 (1985)
- 33) 木曾誠二, 菊地晃二, 近藤 熙: 根釧地方におけるチモシー草地の生産性向上に関する土壤肥料学的研究, 第3報, 植生条件および窒素施用量の相違がTDN・CP収量に与える影響, 北海道草地研究会報, 20, 159-162 (1986)
- 34) 北岸確三: 火山灰土壌における牧草の集約栽培に関する土壤肥料学的研究, 東北農試研報, 23, 1-67 (1962)
- 35) KNIGHT, R. : The effects of plant density and frequency of cutting on the growth of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). I. The production of vegetative and reproductive tillers. Aust. J. Agric. Res., 21, 9-17 (1970)
- 36) 小松輝行: Lolium 属牧草の再生に関する研究 - Italian ryegrass と perennial ryegrass の再生における貯蔵炭水化物の意義について, 東北大農研報, 29, 13-60 (1978)
- 37) 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)
- 38) 近藤秀雄: 牧草地に対する秋施肥に関する研究, 第2報, オーチャードグラス草地の早春の生産性に対する秋季の施肥時期の影響, 北農試研報, 107, 63-72 (1974)
- 39) 小関純一, 松代平治, 松中照夫, 三谷宣允, 赤城仰哉, 西陰研治: 根室地方における採草地の牧草生産力の実態とその問題点, 北農, 50(12), 11-28 (1983)
- 40) 熊井清雄, 野本達郎, 長沢 忠: 牧草の再生に関する研究, XI, オーチャードグラスの分けつ発生におよぼす日長, 生長ホルモンならびに刈取り高さの影響, 日草誌, 15, 222-223 (1969)
- 41) 熊井清雄, 真田 雅: 牧草の再生に関する研究, 第IV報, オーチャードグラスの再生に及ぼす貯蔵炭水化物ならびに体内窒素の意義, 草地試研報, 3, 25-32 (1973)
- 42) 熊井清雄: 牧草の季節生産性の機作ならびにその調整技術に関する研究, 草地試研報, 5,

- 137-268 (1974)
- 43) LAMBERT, D. A. : A study of growth in swards of Timothy and meadow fescue. III. The effect of two levels of nitrogen under two cutting treatments. *J. Agr. Sci.*, 59, 25-32 (1962)
- 44) LANGER, R. H. M. : Growth and nutrition of Timothy. Part I. The life history of individual tillers, *Ann. appl. Biol.*, 44, 166-187 (1956)
- 45) LANGER, R. H. M. : Growth and nutrition of Timothy. Part II. Growth of the plant in relation to tiller development. *Ann. appl. Biol.*, 45, 528-541 (1957)
- 46) LANGER, R. H. M. : A study of growth in swards of Timothy and meadow fescue. I. Uninterrupted growth. *J. Agr. Sci.*, 51, 347-352 (1958)
- 47) LANGER, R. H. M. : Changes in the tillers population of grass swards. *Nature*, 182, 1817-1818 (1958)
- 48) LANGER, R. H. M. : Growth and nutrition of Timothy. Part IV. The effect of varying nutrient supply on growth during the first year. *Ann. appl. Biol.*, 47, 211-221 (1959)
- 49) LANGER, R. H. M. : Growth and nutrition of Timothy. Part V. Growth and flowering at different levels of nitrogen. *Ann. appl. Biol.*, 47, 740-751 (1959)
- 50) LANGER, R. H. M. : A study of growth in swards of Timothy and meadow fescue. II. The effects of cutting treatments. *J. Agr. Sci.*, 52, 273-281 (1959)
- 51) LANGER, R. H. M. : Tillering in herbage grasses. *Her. Abst.*, 33, 141-148 (1963)
- 52) 前野休明, 江原 薫 : 牧草の再生に関する生理・生態学的研究, 第10報, 牧草の再生に及ぼす温度の影響, 日草誌, 16, 136-140 (1970)
- 53) 前野休明, 江原 薫 : 牧草の再生に関する生理・生態学的研究, 第11報, 牧草の再生に及ぼす窒素追肥の影響, 日草誌, 16, 141-144 (1970)
- 54) 前野休明, 江原 薫 : 牧草の再生に関する生理・生態学的研究, 第12報, 刈株の諸形質と再生との関係についての考察, 日草誌, 16, 149-155 (1970)
- 55) 丸山純孝 : 施肥量および栽植密度を異にしたオーチャードグラスの分けつ生産, 東北大農研報, 24, 15-54 (1972)
- 56) 丸山純孝 : Orchardgrass の分けつに関する研究, 第2報, 帯広地方における分けつの季節的発生長, 帯大研報, 10, 211-216 (1976)
- 57) 松原一實, 菊地晃二 : 根釧地域における農業立地に関する研究, 第2報, 土壤凍結類型区分図について, 日土肥要旨集, 30, 160 (1984)
- 58) 松中照夫, 小関純一 : チモシーの1番草生育に及ぼすN・P・K供給時期の影響, 土肥誌, 53, 99-105 (1982)
- 59) 松中照夫, 小関純一 : チモシーの2番草生育に及ぼすN・P・K供給時期の影響, 土肥誌, 54, 137-142 (1983)
- 60) 松中照夫, 小関純一, 松代平治, 赤城仰哉, 西陰研治 : 根室地方の採草地における植生、施肥量、土壤の化学性が生草収量に及ぼす影響, 道立農試集報, 49, 22-31 (1983)
- 61) 松中照夫, 小関純一, 松代平治, 赤城仰哉, 西陰研治 : 草地の牧草生産力が飼料給与、牛乳生産に及ぼす影響, 道立農試集報, 50, 34-42 (1983)
- 62) 松中照夫, 小関純一, 松代平治, 赤城仰哉, 西陰研治 : 経年化に伴う草地生産力低下の土壤間差異, 日草誌, 29, 212-218 (1983)
- 63) 松中照夫, 小関純一, 松代平治, 赤城仰哉, 西陰研治 : 収量規制要因としての草種構成の重要性, 日草誌, 30, 59-64 (1984)
- 64) 松中照夫, 三枝俊哉, 松原一實, 菊地晃二 : 北海道根釧地方に分布する主要火山性土の理化学的性質, 道立農試集報, 53, 81-92 (1985)
- 65) 松中照夫, 三枝俊哉 : 根釧地方に分布する主要火山性土の養分保持特性, 日土肥道支部要旨集, p17 (1985)
- 66) MITCHELL, K. J. and LUCANUS, R. : Growth of



- pasture species under controlled environment. Ⅲ. Growth at various levels of constant temperature with 8 and 16 hours of uniform light per day. N. Z. J. Agric. Res., 5, 135-144 (1962)
- 67) 水野直治, 南 松雄: 硫酸-過酸化水素による農作物中 N, K, Mg, Ca, Fe, Mn 定量のための迅速前処理法, 土肥誌, 51, 418-420 (1980)
- 68) 名田陽一, 江原 薫: 牧草の再生に関する生理・生態学的研究, 第17報, 数種イネ科牧草の生育段階別再生量と株, 根の化学成分および分けつとの関係, 日草誌, 16, 254-262 (1970)
- 69) 日本分析化学会関東支部会編: 公害分析指針 5, 水・土壤編 2-C, p44-49, 共立出版, 東京 (1972)
- 70) 能代昌雄, 平島利昭: 牧草の耐凍性に関する研究, 第1報, 北海道根釧地方におけるイネ科牧草の凍害と雪腐大粒菌核病害, 日草誌, 23, 289-294 (1978)
- 71) 能代昌雄, 平島利昭: 根釧地方におけるオーチャードグラス草地の冬枯れ対策法, I. オーチャードグラス単播草地の周年的管理法, 日草誌, 24, 277-284 (1979)
- 72) 能代昌雄: イネ科草の凍害と雪腐大粒菌核病発生との関連, 日草誌, 25, 386-388 (1980)
- 73) 農林水産省畜産局: 草地管理指標, p95 (1981)
- 74) 小野 茂, 中島尚徳, 江原 薫: 牧草の再生に関する生理・生態学的研究, 第8報, 刈取りの時期と高さがオーチャードグラスの既存分けつの再生ならびに新分けつの出現に及ぼす影響, 日草誌, 14, 10-19 (1968)
- 75) 小野 茂: イネ科牧草の分けつの消長と再生収量, 飼料作物と草地の研究, 養賢堂, 東京, p61-70 (1971)
- 76) 大泉久一, 渡辺 潔, 関村 栄: オーチャードグラス生産の季節変化, 東北農試研報, 30, 95-104 (1966)
- 77) 大村邦男, 野村 琥: 土壤凍結地帯の牧草に対する早春施肥法に関する試験, 北農, 39(4), 20-28 (1972)
- 78) 大村邦男, 赤城仰哉: 根釧火山灰草地の施肥法改善, 第1報, 採草地における土壌と牧草の無機組成の実態, 北農, 48(12), 20-37 (1981)
- 79) 大村邦男, 木曾誠二, 赤城仰哉: 火山灰草地における施肥管理が草地の経年変化に及ぼす影響, 道立農試集報, 52, 65-75 (1985)
- 80) 大崎玄佐雄, 中村文士郎, 豊田広三: 牧草に対する越冬前後の施肥が早春の再生長に及ぼす影響, 北農, 35(12), 44-51 (1968)
- 81) 大崎玄佐雄, 奥村純一, 関口久雄: 根圏土壌の理化学性が牧草生育に及ぼす影響, 第2報, 鉍質土壌における牧草根の発達分布, 道立農試集報, 32, 35-44 (1975)
- 82) 酒井 博, 川鍋祐夫, 藤原勝見: オーチャードグラス草地の乾物生産と生育過程, 第1報, 季節間の生産量の比較, 日草誌, 15, 198-205 (1969)
- 83) 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, II, 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)
- 84) 坂本宣崇, 奥村純一: 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, 道立農試集報, 40, 40-50 (1978)
- 85) 坂本宣崇, 奥村純一: 牧草の周年栄養生理と肥培管理に関する研究, 第3報, 越冬前後の肥培管理が2番草生育に及ぼす影響, 道立農試集報, 43, 12-23 (1980)
- 86) 坂本宣崇: 高緯度積雪地帯におけるオーチャードグラスの周年管理に関する栄養生理的研究, 道立農試報告, 48, 1-58 (1984)
- 87) 佐久間 勉, 成田武四: イネ科牧草とくにオーチャードグラスの雪腐大粒菌核病について, 道立農試集報, 11, 68-84 (1963)
- 88) 佐藤 庚, 西村 格, 伊藤睦泰: 草地の密度維持に関する生態生理学的研究, 第5報, 単一クローンで作ったオーチャードグラス草地における栽植密度, 窒素施用量, 刈取り回数が分けつの消長および収量に及ぼす影響, 日草誌, 13, 128-142 (1967)
- 89) 佐藤 庚: 寒地型イネ科4草種の出穂期にお

- ける生産構造の比較, 日草地, 19, 208-214 (1973)
- 90) 関塚清蔵：イネ科牧草の生育過程と栽培理論, 畜産の研究, 11, 1424-1428 (1957), 同, 12, 8-12 (1958)
- 91) SHEARD, R. W. : Influence of defoliation and nitrogen on the development and fructan composition of the vegetative reproductive system of Timothy. *Crop Sci.*, 8, 55-60 (1968)
- 92) SMITH DALE, PAULSEN, G. M. and RAGUSE C. A. : Extraction of total available carbohydrates from grass and legume tissue. *Plant Physiol.*, 39, 960-962 (1964)
- 93) 鈴木慎二郎, 三上 昇：2番草の刈取時期とその前後の窒素施肥が晩秋草の生育に与える影響, 日草誌, 27, 372-380 (1982)
- 94) 富岡悦郎編：北海道土壌図, 60万分の1, 北海道農業試験場 (1985)
- 95) 坪松戒三：牧草サイレージを主体とする乳牛飼養法確立に関する研究, 道立農試報告, 17, 1-184 (1969)
- 96) 上野昌彦, 吉原 潔, 川鍋祐夫：オーチャードグラス草地の根系発達におよぼす刈取りの影響, 農技研報, G20, 177-189 (1961)
- 97) 脇本 隆：チモシーの分けつおよび根の発生過程とその実用的考察, 北農, 36(8), 26-32 (1971)
- 98) 脇本 隆, 吉良賢二, 堤 光昭：根釦地方における主要イネ科草種の生育過程, 道立農試集報, 29, 38-54 (1974)
- 99) 脇本 隆：混播牧草の草種構成に関する研究, 道立農試報告, 31, 1-80 (1980)
- 100) 吉田 重治：草地の生態と生産技術, 養賢堂, 東京, p125-130 (1976)
- 101) 吉沢 晃, 下小路英男：チモシーにおける秋の分けつ発生におよぼす刈取時期の影響, 北海道草地研究会報, 13, 63-67 (1979)
- 102) 吉沢 晃, 佐々木絃一：チモシーにおける収量構成分けつの推移, 北海道草地研究会報, 14, 72-73 (1980)
- 103) 吉沢 晃, 下小路英男, 大槌勝彦：チモシーにおける早春と秋の施肥法が収量に及ぼす影響, 北海道草地研究会報, 15, 89-91 (1981)

# Studies on the Effective Application of Nitrogen Fertilizer to Timothy Sward in Konsen District of Japan

by

Teruo MATSUNAKA

## Summary

Konsen district is located in the eastern part of Hokkaido in Japan. The climate of this district is characterized by cool summer with short duration of sunshine hours and very cold winter in which soil freezing depth is nearly 40 cm. Especially the severe winter weather condition often causes a winterkilling to some of the temperate grasses, such as orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.), meadow fescue (*Festuca elatior* L.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Since winter survival of timothy (*Phleum pratense* L.), which is one of the temperate grasses, is superior to the other temperate grasses described above, timothy is the dominant grass in this district.

The purpose of these studies is to establish the effective application of nitrogen fertilizer to timothy sward on the basis of the nutritional and physiological characteristics of timothy.

The results obtained were summarized as follows:

### 1. The method of nitrogen application to timothy pure sward.

1) Timothy showed a vigorous dry matter production and nutrient absorption during the growing period of the first flush. The regeneration of timothy after the first cutting, which was done at the full heading stage of timothy, was slower than the other temperate grasses.

2) Several experiments were conducted under solution culture condition to elucidate the relation between nitrogen uptake by timothy, number of tillers and dry weight per tiller, since the yield of timothy was calculated from the product of the number of tillers and the dry weight per tiller. The nitrogen uptake by timothy in the early stage of the growing period of the first flush was more effective in increasing the dry weight per tiller and the nitrogen uptake in the latter stage was more effective in increasing the number of tillers. The same tendency mentioned above was recognized in the growing period of the second flush. These results suggest that the nitrogen uptake during specific stages of the growing period influences the development of dry weight per tiller and the number of tillers, thus contributing to an increase in the yield.

3) In field trials, the dry matter yield of timothy at the time of the first cutting was dependent on the dry weight per tiller, and the dry weight per tiller increased with the number of heading tillers. Therefore, it was important for an increase in the yield of timothy at the time of the first cutting to produce a large number of heading tillers.

4) The number of heading tillers at the time of the first cutting increased with the amount of nitrogen absorbed by timothy from the sprouting stage to the ear-initiation stage. The split application of nitrogen in autumn and successional early spring increased no more the amount of nitrogen absorbed from the sprouting stage to the ear-initiation stage than did the same rate of nitrogen applied only in early spring. For this reason, the application of nitrogen in the early spring produced a large number of heading tillers and brought about higher yield. In this case, the optimum application rate of nitrogen for maximum yield at the time of the first cutting was 100kg-N/ha.

5) The yield at the time of the second cutting, which was done at the heading stage of timothy in this growing period, was also dependent on the dry weight per tiller. The dry weight per tiller increased with the amount of nitrogen absorbed from about 10 days after the first cutting to about 20 days after the cutting. Therefore, the application of nitrogen at 10 days after the first cutting promoted the increase in the dry weight per tiller and caused higher yield at the time of the second cutting.

6) Most of the tillers regenerated after the first cutting were new tillers which emerged during the growing period of the second flush, so that the regeneration of these new tillers was hardly affected by the rate of nitrogen applied in early spring. From this reasoning, it was clear that the nitrogen applied after the first cutting provided the main influence on the yield of timothy at the time of the second cutting and the optimum rate of nitrogen applied after the first cutting for maximum yield at the time of the second cutting was 80kg-N/ha.

7) For the above reasons, the application of 100kg-N/ha at the sprouting stage in early spring and of 80kg-N/ha at 10 days after the first cutting appears to be the most effective application of nitrogen fertilizer to timothy pure sward. When this effective method is applied to the sward, it is possible to expect a high dry matter yield ranging from 10ton/ha to 11ton/ha per year, in this district.

## **2. The method of nitrogen application to timothy—legumes mixtures**

1) The dry matter yield of the mixtures, which was given by the sum of the yield of timothy and legumes, was mostly occupied by the yield of timothy rather than the yield of legumes, so the most effective time of nitrogen application to the mixtures was the same as the case of timothy pure sward.

2) The optimum application rate of nitrogen to the mixtures in early spring and after the first cutting, however, was 40–60kg/ha and 20–40kg/ha, respectively. These rates were remarkably less than the optimum application rate for timothy pure sward, since it was considered that a part of the nitrogen fixed by legumes was transferred to timothy in the mixtures.

3) The difference in physical and chemical properties among regosolic, ordinary and cumuric andosol, which were the main andosols in this district, did not influence the response of timothy and legumes in the mixtures to nitrogen application. Consequently, the most effective time and rate of nitrogen application mentioned above to the mixtures could be adaptable in these andosols.

### 3. Conclusion

From these results, the following is recommended on the basis of the nutritional and physiological characteristics of timothy, in order to obtain a stable high yield of 10–11ton/ha per year in the Konsen district of Japan;

a) The application of the optimum rate of nitrogen described above at the sprouting stage in early spring and at 10 days after the first cutting is the most effective application of nitrogen fertilizer to timothy pure sward and also to timothy–legumes mixtures.

b) This effective application of nitrogen fertilizer is not changed by the difference in the physical and chemical properties among regosolic, ordinary and cumuric andosol.