

第15表 各生育期におけるN吸収速度と有穂茎数および1番草収量の相関係数

	N 吸 収 速 度				
	萌芽期	幼穂形成期	伸長期	節間伸長期	出穂期
有穂茎数	0.628*	0.816**	0.462	-0.067	-0.076
1番草収量	0.629*	0.770**	0.575	0.157	-0.073

* 5%水準で有意、** 1%水準で有意。1980年から1982年のデータより計算した。

(5) 各生育期におけるN吸収速度と1番草収穫時の有穂茎数および1番草収量との関係

チモシーのN吸収と有穂茎数、1番草収量との関係を明らかにするため、各生育期における茎葉部N含有量の1日当たり増加量（これをN吸収速度とよぶ）と有穂茎数および1番草収量の相関関係を検討した（第15表）。

萌芽期および幼穂形成期におけるN吸収速度は、有穂茎数との間に有意な相関を示し、1番草収量との間にも正の相関が認められた。しかし伸長期、節間伸長期、出穂期におけるN吸収速度は、有穂茎数との間に有意な相関を示さず、このため1番草収量とも相関がなかった。

以上の結果からチモシー草地の1番草において、有穂茎数を増加させて1茎重を高め、増収をもたらすためには、萌芽期から幼穂形成期までのチモシーのN吸収を旺盛にすることが重要であると考えられる。事実、第27図に示したように幼穂形成期までのチモシーのN吸収量が多いほど、有穂茎数が明らかに増加した。また第23図によると、幼穂形成期までのチモシーのN吸収量は、施肥時期が早いほど高まっていた。

実験2. 早春と1番草刈取り後のN施肥時期がチモシーの2番草生育に及ぼす影響

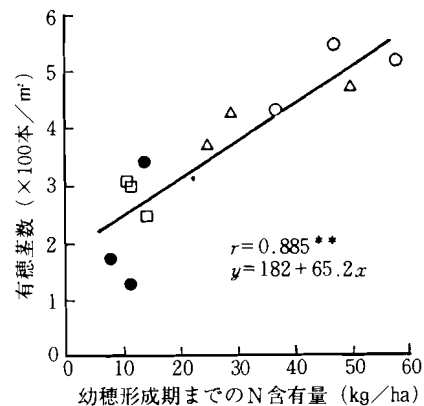
実験方法

本実験は、実験1で供試した草地と同時に造成したチモシー条播草地を供試し、実験1と同じく1980年から3年間にわたって実施した。

実験の処理は、早春の施肥時期および1番草刈取り後の施肥時期をそれぞれ3処理とし、それら

を組合わせた計9処理である。すなわち、早春の施肥時期は実験1と全く同じで、萌芽期の5月12日前後に施肥するI系列、幼穂形成期に当たる5月23日前後に施肥するII系列、および伸長期に当たる6月3日前後に施肥するIII系列の3処理である。1番草刈取り後の処理は、刈取り直後に施肥する1区、刈取り後10日日前後に施肥する2区、さらに刈取り後20日日前後に施肥する3区である。これらの施肥処理を2番草チモシーの生育期で表現すると、1区は従属再生長期、2区は独立再生長期、3区は伸長期のそれぞれ開始時点ということになる。各区の表示は各系列の区番号で行い、I-1区からIII-3区のように示す。

早春のN施肥量は実験1と同様ha当たり80kg、刈取り後は60kgである。P₂O₅の施肥量は1、2番草とも40kg/haである。K₂Oは、1番草では120kg/haとし、2番草は80kg/ha施肥した。



第27図 1番草収穫時の有穂茎数と幼穂形成期までの茎葉部N含有量との関係（記号は、第25図と同じ）

第16表 1番草刈取り時の刈株の乾物重、NおよびTAC含量

早春の施肥時期	乾物重 (t/ha)	N含有率 (%)	N含有量 (kg/ha)	TAC含有率 (%)	TAC含有量 (kg/ha)
I系列(萌芽期)	1.25	0.28	3.5	42.1	526
II系列(幼穂形成期)	0.96	0.34	3.3	40.5	389
III系列(伸長期)	0.85	0.46	3.9	38.6	328

2番草チモシーの生育経過、茎数および1茎重の調査方法、また2番草チモシーの生育期の名称は第1節に準じた。

実験を実施した各年次の2番草生育期間である7、8月の気象概要は以下のとおりである。1980年の7月から8月は、低温で曇天が続き、寡雨、寡照であった。この2か月間の平均気温は、15.3℃と当場で観測開始(1928年)以来、2番目に低い記録であった。このためチモシーの2番草生育は平均より劣っていた。1981年の7月下旬から8月上旬は、一時夏型の高温な日もあったが、全般的には多雨、寡照で気温は平年並か、やや低く推移した。1982年は、7月の下旬に低温であった。しかし8月は平年並となり、牧草生育は順調であった。

実験結果

チモシーの2番草生育そのものは、各年次の気象条件に影響を受けた。しかし、実験実施年次による生育経過や各処理間の差異が少なかったので、以下の結果は、すべて3年間の平均値を用いることとした。

(1) 1番草収穫時における分けつ構成および刈株のN、全有効態炭水化物(TAC)含量

本実験においては、早春のNの施肥時期および施肥量が実験1と全く同じであるので、1番草刈取り時点の収量は第13表、また分けつ構成は第14表と同様と考えられる。この時の分けつ構成の特徴をみると、早春のN施肥時期が早い系列ほど、全茎数に占める有穂茎数の割合(有穂茎率)が高

く、逆に施肥時期が遅いと、伸長茎数が多くなって有穂茎率が低い。

1番草収穫時の刈株部の乾物重は、おもに有穂茎の茎基部の乾物重に依存するため、施肥時期が早く有穂茎数の多い系列ほど増加していた(第16表)。N含有率は乾物重とは逆に施肥時期が遅く伸長茎数の多い系列ほど高まった(第16表)。その結果、刈株部のN含有量は、各系列間で大きな差異が認められない。TAC含有率はN含有率が高いほど低く、これまでの報告⁴¹⁾と一致する(第16表)。TAC含有量は刈株の乾物重の大きい系列ほど多くなった。

(2) 茎葉重の推移と2番草乾物収量

2番草における茎葉重の推移を早春の施肥処理(I、II、III系列)ごとに示したものが第28図である。各系列とも、2番草生育全体からみると従属再生長期における茎葉重の増加はわずかであった。ただし、この時期だけに限れば、再生した茎葉の乾物重は1番草刈取り時点で伸長茎数が多く、刈株部のN含有率の高いIII系列の各区が、他の系列の各区を上回り、刈取り直後に施肥されたIII-1区において、とくに明らかであった(第17表)。また刈株部のN含有率が高く、再生した茎葉の乾物重が多いIII系列は、TACの含有率や含有量が低かった。これは、刈株におけるTACの含有率が一般にN含有率と負の相関を有する⁴¹⁾ことを反映したものであって、TAC含有率の低いことが再生量を増加させた要因とは思われない。したがって、TACが従属再生長期のチモシーの再生に対して制限因子にならないと考えられ

第17表 従属再生長期終了時点*における茎葉部の乾物重およびN含有量 (kg/ha)

	I 系列			II 系列			III 系列		
	1区	2区	3区	1区	2区	3区	1区	2区	3区
乾物重	41	31	25	51	36	41	86	60	66
N含有量	2.3	1.4	1.1	2.8	1.7	1.9	4.4	2.6	2.7

*刈取り後12日目で、2区および3区は窒素が施肥されていない。

る。このような結果は、オーチャードグラスにおいても認められている⁸⁵⁾。

独立再生長期以降になると、いずれの処理区においても茎葉重の増加が明らかとなった。伸長期の終了時では、各系列とも刈取り直後に施肥された1区と独立再生長期の開始時に施肥された2区の茎葉重がほぼ同等で、この生育期の開始時に施肥された3区の茎葉重は1、2区より劣っていた。ところが葉身屈折期になると、1番草刈取り時点で有穂茎数の多かったI系列では、刈取り直後に施肥された1区の茎葉重の増加が鈍化して、独立再生長期の開始時に施肥された2区の茎葉重より低下し、刈取り後の施肥時期が最も遅い3区との差が縮小した。また出穂期になると、I-1区の茎葉重の増加はさらに鈍化し、I-3区の茎葉重

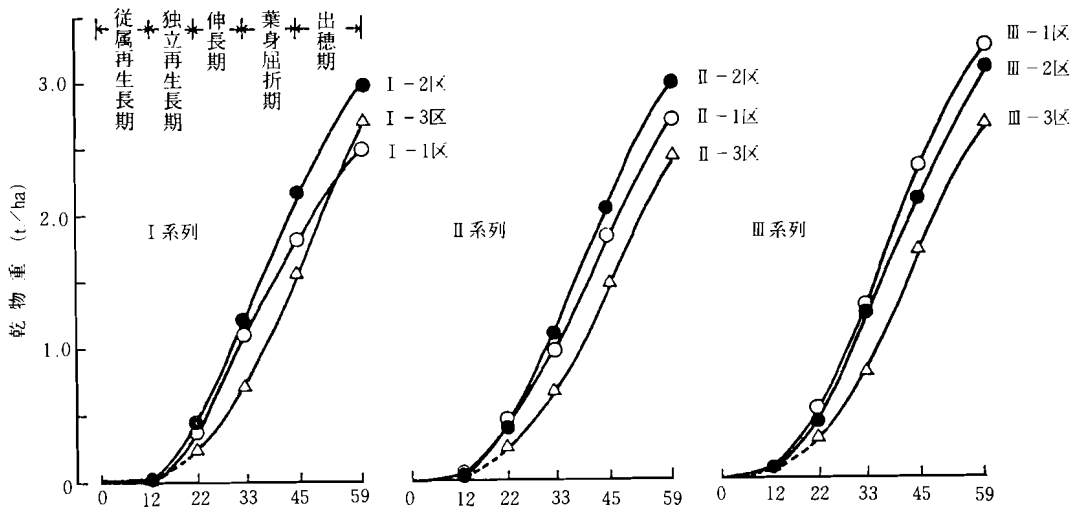
をも下回った。これに対し、II、III系列では葉身屈折期終了時における1、2、3区の処理間差がそのまま収穫時における茎葉重の処理間差となって推移した。

1番草刈取り後のN施肥時期が、2番草収穫時の茎葉重(以下では、これを2番草収量と呼ぶ)に及ぼす影響を1、2、3区の比較から検討してみると(第18表)、1番草収穫時の伸長茎数が少

第18表 2番草乾物収量 (t/ha)

早春の施肥時期	刈取り後の施肥時期		
	1区(刈取直後)	2区(10日目)	3区(20日目)
I系列(萌芽期)	2.49 (100)	2.99 (120)	2.72 (109)
II系列(幼穂形成期)	2.69 (100)	2.99 (111)	2.46 (91)
III系列(伸長期)	3.25 (100)	3.11 (96)	2.66 (82)

() 内は、1区を100とした指数を示す。



1 番草刈取り後生育日数(H)

第28図 2番草における茎葉重の推移

- : 施肥後, ... : 施肥前, 以下の図でも同じ。

なかったI、II系列では、刈取り後10日間ほど経過した独立再生長期の開始時に施肥された2区の収量が最高であった。これまで1番草刈取り後の施肥時期として、刈取り直後が慣行的に推奨されており⁷³⁾、各系列の1区がそれに相当する。したがってI-2区は、推奨施肥時期に施肥されたI-1区に対し20%、またII-2区はII-1区に対し11%、それぞれ増収したことになる。これに対し、1番草収穫時の伸長茎数が多かったIII系列では、刈取り直後に施肥された1区と独立再生長期に施肥された2区は、同程度の収量で、施肥時期の遅い3区の収量が1、2区より明らかに減少していた。

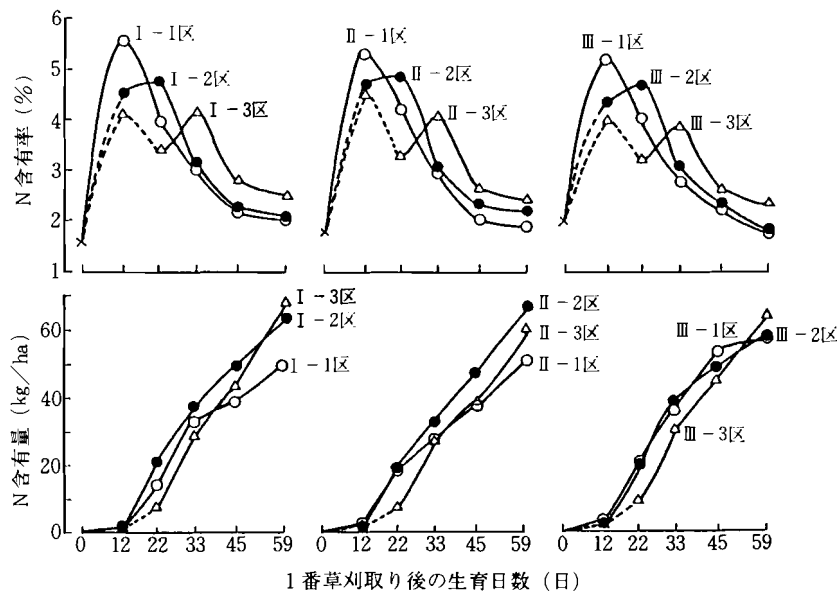
早春の施肥時期が2番草生育期間の茎葉重の推移に及ぼす影響は、各系列の刈取り直後に施肥された1区において認められた。すなわち、2番草収穫時点のみならず、いずれの調査時点においてもIII系列の刈取り直後に施肥された1区の茎葉重がI、II系列の1区を上回っていた(第28図)。

(3) 茎葉部のN含有率およびN含有量の推移
各区とも従属再生長期終了時まで再生した新

葉中のN含有率は、施肥の有無にかかわらず、1番草刈取り時の出穂期における茎葉部のN含有率より著しく高まっていた(第29図)。この後、各系列とも1区のN含有率は、生育の経過とともに低下した。2、3区も施肥されると茎葉部のN含有率は上昇するが、生育が進むに伴い低下した。2番草収穫時における茎葉部のN含有率は、各系列とも施肥時期が早いほど低い。

茎葉部のN含有量の推移をみると、各処理区とも、従属再生長期における茎葉部のN含有量はわずかに増加したにすぎない(第29図)。この時期におけるチモシーの養分吸収が十分でないという第1節および第2節の結果とよく一致する。ただし、この時期だけに限ると、刈取り後の施肥時期が同じであれば第17表に示したように、早春の施肥時期が遅かったIII系列の各区のN含有量はI、II系列の各区より高い値を示した。この時期のチモシーのN吸収がI、II系列よりIII系列において活発であったことが示唆される。

独立再生長期以降になると、チモシーのN吸収は旺盛となり、各処理区ともN含有量の増加が著



第29図 2番草における茎葉部のN含有率およびN含有量の推移

しくなった。その後、独立再生長期までに施肥された1、2区についてみると、I、II系列は葉身屈折期以降において、またIII系列では出穂期にいずれもN含有量の増加が鈍化した。刈取り後の施肥時期が最も遅かった3区は、I、II、III系列とも2番草刈取り時までN含有量の増加が持続した。

各系列で茎葉部のN含有量を比較すると、刈取り直後に施肥された1区において差異が認められ、早春の施肥時期が遅かったIII系列の1区の茎葉部N含有量は、他の系列の1区よりいずれの調査時点でも高い値であった。

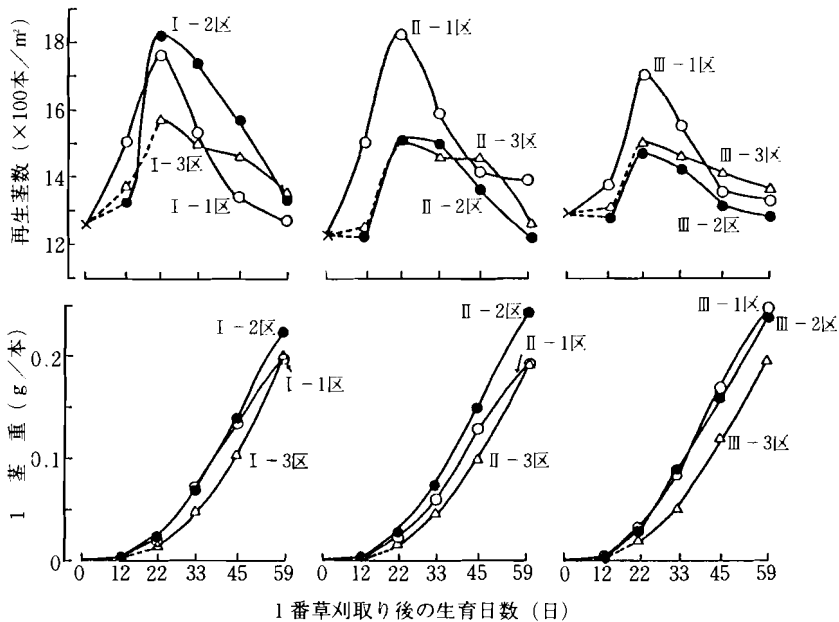
(4) 再生茎数、1茎重の推移および2番草収穫時の分げつ構成

再生茎数は、刈取り直後に施肥された1区では各系列とも従属再生長期から独立再生長期にかけて、また2、3区は独立再生長期にいずれも著しく増加した(第30図)。そして独立再生長期終了時点で最高分げつとなった。その後、経時的に再生茎数は減少し、2番草収穫時には各区とも1300

本/m内外となった。施肥の有無にかかわらず、刈取り後に分げつ発生が増加したのは、この時期のN含有率が高い(第29図)ことのほかに、1番草の収穫によって有穂茎が刈取られ、その結果、頂芽優勢が打破されたことも関係していると思われる³⁵⁾。

2番草収穫時における有穂茎数は各系列とも刈取り直後に施肥された1区において他の区より多く、施肥時期が遅れるほど減少する傾向を示した(第19表)。2番草において有穂茎となる分げつは、おもに既存分げつと考えられるので、上述した結果は、従属再生長期のN施肥が既存分げつの伸長に有効であることを示唆していると思われる、前節の水耕実験の結果と一致する。しかし1番草収穫時に比較し、2番草収穫時の有穂茎数は著しく少ない。本実験で再生茎数に占める有穂茎数の割合が、10%以上となることはなかった。したがって2番草を構成する分げつの大部分は、伸長茎である。

1茎重は、いずれの処理区も独立再生長期から出穂期まで増加した(第30図)。2番草収穫時で



第30図 再生茎数と1茎重の推移

第19表 2番草収穫時の分けつ構成 (本/m²)

分けつ茎の種類	I 系列			II 系列			III 系列		
	1 区	2 区	3 区	1 区	2 区	3 区	1 区	2 区	3 区
有穂茎数	100	80	50	100	90	40	130	80	50
伸長茎数	1170	1250	1300	1290	1130	1210	1180	1200	1310
合計(再生茎数)	1270	1330	1350	1390	1220	1250	1310	1280	1360

の各系列間における1茎重の差異は、刈取り直後施肥の1区で認められ、早春の施肥時期が遅かったIII系列の1区の1茎重はI、II系列の1区より高まった。

(5) 2番草収量と2番草収穫時の収量構成要素との関係

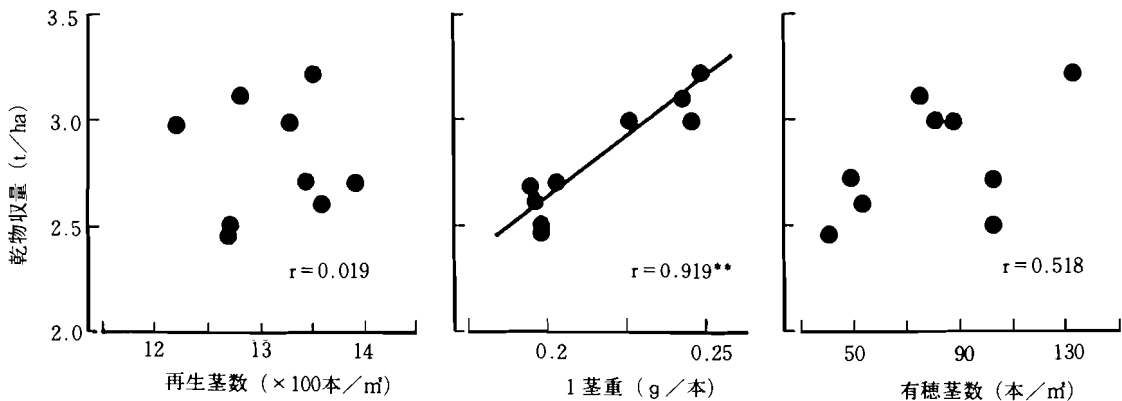
第31図によると、2番草収量は収量構成要素のうち1茎重と高い正の相関を示したが、再生茎数および有穂茎数との間には密接な関係が認められなかった。水耕実験の結果では、既存分けつが多い場合には有穂茎数が、また新分けつが中心となっている場合には再生茎数が、それぞれ2番草収量と高い正の相関を示し、1茎重とは相関が認められなかった。したがって本実験で認めた結果は、水耕実験での結果と一致していない。

(6) 各生育期におけるN吸収速度と2番草収穫時の1茎重、2番草収量との相互関係

チモシーのN吸収と2番草収量に大きな影響を及ぼした1茎重との関係を明らかにするため、各生育期におけるN吸収速度と1茎重の相互関係を検討した(第20表)。

独立再生長期におけるN吸収速度は、2番草収穫時の1茎重と高い正の相関があり、2番草収量との間にも有意な相関関係を示した。しかし従属再生長期および伸長期、葉身屈折期さらに出穂期のN吸収速度はいずれも2番草収穫時の1茎重との相関が認められず、したがって2番草収量との間にも有意な関係がない。

以上の結果から、2番草収量は1茎重によって規制され、1茎重は独立再生長期のN吸収速度が



第31図 2番草収量と収穫時の収量構成要素との関係

第20表 各生育期におけるN吸収速度と1茎重および2番草収量の相関係数

	N 吸 収 速 度				
	従属再生長期	独立再生長期	伸長期	葉身屈折期	出穂期
1 茎 重	0.316	0.717*	-0.240	0.488	-0.531
2 番草収量	0.409	0.739*	-0.277	0.561	-0.606

* 5%水準で有意

大きいほど増大するため、この時期のチモシーのN吸収が、2番草の増収に重要な意味を持つことになる。

考 察

チモシー草地の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するため、有穂茎数を多数確保することが1番草収量の向上に重要な意味をもつ。これまでの調査結果^{97, 101, 102)}によれば、1番草チモシーの有穂茎は、その大部分が越冬前までに発生した分けつに由来している。実験1において、越冬後の分けつ数はいずれの処理区も1100~1200本/m²の範囲にあり、大きな差異はなかった。しかもこの茎数は、1番草収穫時の有穂茎数よりはるかに多く、越冬分けつ数に有穂茎確保の制限因子にならないと思われる。このため、幼穂形成期までのチモシーのN吸収量が多いほど有穂茎数が増加したという結果は、越冬した分けつから有穂茎となる分けつの割合(有効茎歩合)が、幼穂形成期までのチモシーのN吸収によって規制されていることを示唆するものと考えられる。したがって、萌芽期に施肥して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番草収量の増収につながる。

この1番草収量に対するチモシーの重要なN吸収期間は、前節の水耕条件で認めた重要な時期より短い。水耕では、1番草後半のN供給が茎数の増加をもたらして、収量に寄与していた。しかし実際の草地では、1番草後半の茎葉繁茂による分

げつ間の相互遮へい、およびチモシーのN吸収鈍化により、茎数が著しく減少し、茎数の増加による増収は期待できない。このため、水耕で重要と考えられた節間伸長期におけるチモシーのN吸収が、圃場条件では必ずしも重要でなくなるのであろう。

オーチャードグラスでは、秋のN施肥によって翌春の1番草における有穂茎数の増加と、それに伴う増収効果が明らかにされている⁸⁴⁾。この場合、1番草前半のオーチャードグラスのN吸収は、秋のN施肥によって促進されている。チモシーにおいてもこれと同様の現象が得られるなら、1番草に対する施肥N量を、2番草刈り後の秋と翌春の萌芽期に分施することによって、幼穂形成期までのチモシーのN吸収が効率よく高まり、1番草収量の増加に寄与すると考えられる。この点については、節を改めて検討する。

2番草の場合も1番草と同様、1茎重が収量を規制した。1番草では、1茎重の増大を有穂茎数の増加に依存していた。しかし1番草と比較すると2番草の有穂茎数は少なく、1番草のように有穂茎数を増加させて1茎重の増大を図ることは困難である。それゆえ、2番草収穫時の1茎重を高めるためには、最高分けつとなった独立再生長期終了時まで確保された分けつ自身の伸長に依存せざるを得ない。

実験2の結果によれば、独立再生長期におけるチモシーのN吸収は、それまでに再生していた分けつ自身の伸長を促進し、1茎重を高める効果を有していると考えられる。したがって独立再生長

期のチモシーのN吸収を旺盛にすることが、2番草収穫時の1茎重を増大させ高収をもたらす要因となる。

この結果は、新分けつが中心となっている2番草において、独立再生長期以降のN供給が重要であるとした水耕での結果とよく一致する。しかし水耕ではこの時期のN供給の効果として、再生茎数の増加に注目したのに対し、圃場条件では2番草後期における再生茎数が著しく減少するため、再生茎数に代わって1茎重の増大が重要となり、この効果を高く評価している点で異なっている。

ところで、独立再生長期までに再生した分けつは、既存分けつと新分けつによって構成されている。早春の施肥時期が遅いと、1番草収穫時の伸長茎数が多くなり、このうちの一部は既存分けつとして2番草に持ちこされる。このことは、おもに既存分けつの再生に依存する従属再生長期の茎葉部の再生量やこの部位のN含有量が、早春の施肥時期の遅いⅢ系列で多かったことからもうかがえる。刈取り直後施肥は、既存分けつの伸長促進効果が大きいので、刈取り直後に施肥された1区では、既存分けつ数の差異が1茎重や2番草収量に反映されやすい。各系列の1区においてチモシーのN吸収、1茎重および2番草収量が大きく異なったのは、上述した既存分けつ数の差によると思われる。

しかし、各系列で比較すると既存分けつが多いと考えられたⅢ系列でさえ、刈取り直後に施肥された1区の2番草収量は、同じⅢ系列で独立再生長期に施肥された2区の収量をわずかに上回ったにすぎない。しかも、2番草で既存分けつを多数確保するためには、早春の施肥時期を遅くする必要がある。これは、実験1の結果からも明らかのように、1番草収量の著しい減収をもたらす。したがって、チモシー草地の2番草において既存分けつを多くし、刈取り直後に施肥する施肥法は、必ずしも有効であるとは思われない。

牧草を対象にし、1番草刈取り後の施肥時期が2番草生育に及ぼす影響を検討した例はほとんどない。このため、牧草の栄養生理的根拠が十分解明されないまま、刈取り直後施肥がこれまで推奨

されてきた⁷³⁾。オーチャードグラスのような多げつ性の草種は、チモシーと比較し、1番草収穫時に生長点が切除される分けつの割合が少ない⁸⁹⁾。そのため既存分けつが2番草を構成する分けつの主体を占める^{74, 75, 85)}。その結果、既存分けつの伸長促進に有効な刈取り直後施肥によって、2番草収量が高まるものと思われる。しかし、チモシーの2番草を構成する分けつの多くは、新分けつであると考えられる。この分けつの1茎重を高めて収量増をもたらすには、実験2の結果から、刈取り直後施肥より独立再生長期に施肥するほうが有効であると思われる。

以上の検討結果から、チモシー草地において収量構成要素を増大させて増収をもたらすために最も効率的な施肥時期は、早春では萌芽期、1番草刈取り後には刈取り後10日間程度経過した独立再生長期開始時点であると指摘できる。

第4節 秋から春にかけての窒素施肥量、施肥配分とチモシーの1番草生育

前節で1番草チモシーの収量構成要素からみた効率的なNの施肥時期が明らかにされたが、施肥量が収量や収量構成要素に及ぼす影響は、未検討であった。またオーチャードグラスでの結果⁸⁴⁾によると、1番草に対するN施肥を前年秋と早春に分施することによって、早春施肥のみより有穂茎数が明らかに増加して増収となることが指摘されている。しかし、チモシーでの検討は、必ずしも十分でない¹⁰³⁾。

本節では、1番草に対するN施肥量および2番草刈取り以降の秋と翌春の施肥配分が、チモシーの1番草収量および収量構成要素に及ぼす影響を明らかにしようとした。

実験方法および結果

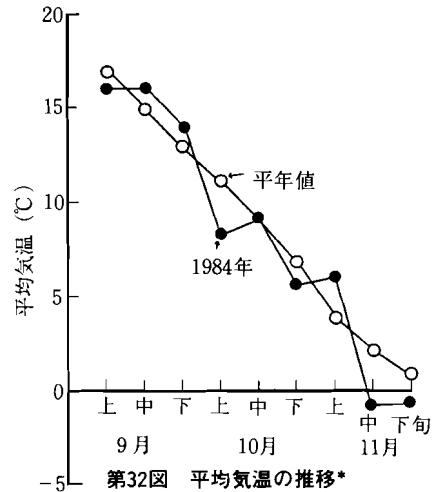
実験1. 2番草刈取り後の施肥時期が越冬前後及び翌春の1番草生育に及ぼす影響

実験方法

1983年に造成し、1984年の2番草（8月25日刈取り）まで均一栽培したチモシー単播草地を実験に供試した。2番草刈取り後9月13日（9月中旬施肥区、9中区と略）から朝夕に土壤表面の凍結が認められ始めた11月15日（11月中旬施肥区、11中区と略）まではほぼ20日間隔の4時期について、Nとしてha当たり40kg施肥する処理区を設けた。これらの各区に対して、越冬後の萌芽期に当たる1985年5月10日に、Nをさらにha当たり80kg施肥した。つまり1番草に対するN施肥量は、ha当たり120kgである。以下でこの4処理区を総称する場合には、秋春分施系列と呼ぶ。2番草刈取り後には施肥せず、1番草に対する施肥Nの全量を萌芽期に施肥した区を早春施肥区とした。また無窒素区（-N区と略）も併置した。これらの6処理区には、2番草刈取り後にP₂O₅とK₂Oをそれぞれha当たり40kg、早春にはP₂O₅として60kg、K₂Oとして150kgをいずれも共通に施肥している。

チモシーの生育経過の調査は、越冬前（1984年11月14日）と越冬後（1985年5月7日）には、越冬器官である刈株部を調査するため、それぞれ30cm×30cmの枠内のチモシーを供試草地から掘取って行い、早春施肥の後チモシーの幼穂形成がほぼ終了した時点（6月3日）、および1番草収穫時（穂揃期、6月29日）には、1㎡の刈取り調査で実施した。

2番草刈取り後からの平均気温の推移は（第32図）、施肥処理を開始した9月中旬より低下し続



*根拠農試作況データによる

け、10月下旬には牧草の生育が停止する5℃前後となった。越冬時の2月20日における土壤凍結深は、44cmで平年より11cm深かった。根雪始は12月19日、根雪終が4月5日で、いずれも平年に比較し前者は3日、後者は8日早かった。

実験結果

(1) チモシーの乾物重

越冬前のチモシーの各部位における乾物重は、2番草刈取り後の施肥時期による影響を受けた（第21表）。気温のやや高い時期に施肥され、再生可能期間の長い9中区では、茎葉部の乾物重が明らかに他の区より増加した。9中区より気温の下降した時期に施肥された10月上旬施肥区（10月

第21表 部位別乾物重(t/ha)の推移

処 理 区	越冬前 (1984年11月14日)		越冬後 (1985年5月7日)		幼穂形成終了時 1番草収穫時 (6月3日) (6月29日)	
	茎葉	刈株	茎葉	刈株	茎葉	茎葉
秋春分施系列						
9月中旬施肥区	0.85	1.01	0.26	0.51	2.55	6.50
10月上旬施肥区	0.53	1.38	0.16	0.53	2.66	6.63
10月下旬施肥区	0.40	1.07	0.21	0.50	2.58	6.98
11月中旬施肥区*	-	-	0.16	0.39	2.29	6.73
早春施肥区**	-	-	-	-	1.76	6.99
無窒素区	0.42	0.92	0.12	0.38	0.33	1.30

*越冬前の調査まで無窒素。 **越冬後の調査まで無窒素。

4日施肥、10上区と略)では、刈株重が-N区を上回ったものの、再生可能期間が短いため茎葉重の増加はわずかであった。気温が5℃付近に低下した時期に施肥された10月下旬施肥区(10月24日施肥、10下区と略)では刈株部が-N区よりやや増加した程度で、N施肥の影響は小さかった。越冬後には、越冬前に生育していた部分の多くが、越冬期間中に枯れ上がりリター化するため越冬前の各部位の乾物重より大きく減少した。また11中区の乾物重は、-N区とほぼ同等であった。

早春施肥後の6月3日になると、秋春分施系列のうち11中区の茎葉重がやや低いが、他の処理区の茎葉重はほぼ等しく、2番草刈取り後の施肥時期の影響が明らかでなくなっている。しかし秋春分施系列の茎葉重は早春施肥区より増加しており、施肥Nの分施効果が認められた。1番草収穫時点の茎葉重(1番草乾物収量)は、秋春分施系列のうちでは9中区が他の区よりわずかに低かったが、これらの各区の茎葉重に明らかな処理間差はなかった。また、早春施肥区の茎葉重は6月3日以降著しく増加し、1番草収穫時には秋春分施系列の各区と同等かそれ以上となった。

(2) チモシーのN吸収および越冬前後の刈株部の全有効態炭水化合物(TAC)含量

チモシーの各部位におけるN含有率は、越冬後も2番草刈取り後の施肥時期が遅いほど高まる傾向にあった(第22表)。とくに越冬後にはこの傾向が明らかであった。茎葉と刈株のN含有量を合計した地上部のN含有量は、越冬前には10上区が多く、施肥Nの利用度も上昇していた(第23

表)。しかし越冬後においては、2番草刈取り後の施肥時期にかかわらず、秋春分施系列の各区の地上部N含有量は同程度で、越冬前のN含有量より大きく減少していた。この時期の施肥Nの利用率は、20~30%の範囲であった。

越冬前後の1茎当たりの地上部N含有量を求めたところ(第23表)、-N区では越冬後にやや増加する傾向にあるが、Nが施肥された各区では越冬前後で同等か越冬後にやや減少していた。オーチャードグラスでは、秋のN施肥により1茎当たりのN含有量が、越冬前より越冬後に明らかに増加するとされており⁸⁴⁾、チモシーの場合と大きく異なる。

早春施肥後の幼穂形成期終了時(6月3日)になると、茎葉部のN含有率は11中区と早春施肥区で高い値を示したが、N含有量でみると処理間差は明らかでない(第22, 23表)。1番草刈取り時における茎葉部のN含有率は、早春施肥区で高い値を示し、N含有量も他の処理区より多かった(第22, 23表)。また、早春施肥区における施肥Nの利用率は、秋春分施系列の各区より明らかに高かった(第23表)。これに対し、秋春分施系列のうちでは、茎葉部のN含有率、N含有量および施肥Nの利用率のいずれも9中区でやや低く、他の3処理区には差異が認められなかった(第22, 23表)。

越冬中の呼吸や越冬後の再生に対するエネルギー源として重要な、刈株部のTACについてみると、その含有率はN含有率が高いほど低下する傾向にあった(第24表)。しかしいずれの処理区も越冬前には高含有率であり、越冬性に問題とな

第22表 部位別N含有率(乾物中, %)の推移

処理区	越冬前		越冬後		幼穂形成終了時		1番草収穫時
	茎葉	刈株	茎葉	刈株	茎葉	茎葉	
秋春分施系列							
9月中旬施肥区	2.65	1.93	4.43	2.91	2.98		1.35
10月上旬施肥区	3.11	2.29	4.65	3.40	2.97		1.56
10月下旬施肥区	2.95	2.75	5.03	3.65	2.95		1.38
11月中旬施肥区	-	-	6.20	4.70	3.58		1.49
早春施肥区	-	-	-	-	4.25		2.00
無窒素区	1.82	1.32	4.06	3.25	1.99		1.15

第23表 部位別N含有量と施肥窒素の利用率の推移

処理区	N 含有量 (kg/ha)								施肥Nの利用率(%)*					
	越冬前			越冬後			幼穂形成終了時		1番草収穫時		越冬前	越冬後	幼穂形成終了時	1番草収穫時
	茎葉	刈株	合計	茎葉	刈株	合計	茎葉	茎葉	合計	合計	茎葉	茎葉		
秋春分施系列														
9月中旬施肥区	22.6	19.5	42.1 (1.34)	11.7	14.9	26.6 (1.41)	76.0	87.8	56.0	23.1	57.8	60.6		
10月上旬施肥区	16.6	31.6	48.2 (1.24)	7.4	18.1	25.5 (1.19)	79.0	103.4	71.1	20.3	60.3	73.7		
10月下旬施肥区	11.7	29.5	41.2 (1.49)	10.6	18.1	28.7 (1.11)	76.1	96.3	53.9	28.2	57.9	67.8		
11月中旬施肥区	-	-	-	10.2	18.3	28.5 (1.12)	82.0	100.3	-	27.6	62.8	71.1		
早春施肥区	-	-	-	-	-	-	74.8	139.8	-	-	56.8	104.0		
無窒素区	7.6	12.1	19.7 (0.95)	5.0	12.4	17.4 (1.12)	6.6	15.0	-	-	-	-		

() 内は、1茎当たりのN含有量を示す (mg/本)。

$$* \text{施肥Nの利用率} = \frac{(\text{N施肥区のN含有量}) - (\text{無窒素区のN含有量})}{\text{施肥N量}} \times 100$$

第24表 越冬前後の刈株部における全有効態炭水化物 (TAC)

処理区	TAC含有率(%)		TAC含有量 (kg/ha)	
	越冬前	越冬後	越冬前	越冬後
秋春分施系列				
9月中旬施肥区	60.3	24.9	610 (19.4)	128 (6.8)
10月上旬施肥区	50.7	24.3	699 (18.0)	130 (6.1)
10月下旬施肥区	47.2	20.6	507 (18.3)	102 (4.0)
11月中旬施肥区	-	15.1	-	59 (2.4)
無窒素区	59.3	21.2	543 (26.1)	81 (5.2)

() 内は、1茎当たりのTAC含有量を示す (mg/本)。

るとは思われなかった。越冬後のTAC含有率および含有量は、越冬前より大きく減少していた。1茎当たりのTAC量も同様で、越冬期間中のTACの消耗が明らかである。とくに施肥時期が最も遅い11中区の、越冬後における刈株部のTAC

含有率や含有量は、各処理間のうち最低であった。しかし、このTAC含有率や含有量と1番草収量(第21表)との間には、一定の関係が見出しがたい。越冬後のTACは1番草収量にまで影響を及ぼさないとされる。

(3) 収量構成要素

秋春分施系列の各区の茎数は、越冬前後とも-N区より明らかに増加しており、施肥効果が認められる(第25表)。越冬前に茎数が最大となったのは、チモシーのN吸収量が多い10上区であった。しかし越冬期間中に茎数は大きく減少し、越冬後には2番草刈取り後の施肥時期の遅い区ほど、茎数が多くなる傾向を示した。

越冬前および越冬後の1茎重は、9中区が-N区より大きかったことを除き、その他のNが施肥

第25表 全茎数と1茎重の推移および1番草収穫時における有穂茎数

処理区	全茎数 (本/m ²)				有穂茎数 (本/m ²)	1茎重 (mg/本)			
	越冬前*	越冬後	幼穂形成終了時	1番草収穫時		越冬前	越冬後	幼穂形成終了時	1番草収穫時
秋春分施系列									
9月中旬施肥区	3150	1890	1970	1590	710	27	14	129	409
10月上旬施肥区	3880	2140	2090	1650	700	14	7	127	402
10月下旬施肥区	2770	2580	2270	1900	750	14	8	114	367
11月中旬施肥区	-	2440	1970	1690	740	-	7	116	398
早春施肥区	-	-	1880	1620	730	-	-	94	431
無窒素区	2080	1560	1350	1150	260	20	8	24	113

*幼分げつ芽を含む。

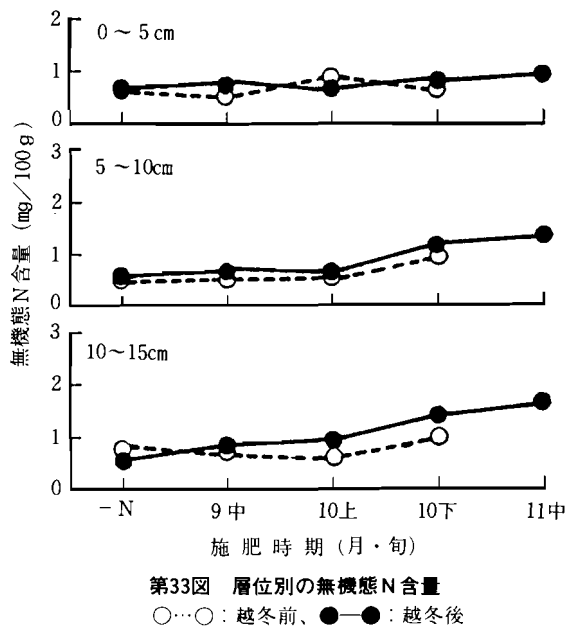
された各区では、-N区の1茎重と同程度か低い値であった(第25表)。これらのことから、10月上旬以降のN施肥は分けつ発生を促進するものの、発生した分けつの伸長が不十分なために1茎重を増大させるまでには至らなかったことが示唆される。

幼穂形成期終了時の茎数は、秋春分施系列のうちでは10下区がやや多くなったが、他の3区は同程度で、1茎重もこれらの4処理間に大きな差異が認められなかった。この4処理区に比較し、早春施肥区の茎数は少なく、1茎重も明らかに小さかった。1番草収穫時においても秋春分施系列の各区の茎数、1茎重は幼穂形成期終了時とほぼ同様の傾向を示した。これに対し早春施肥区の茎数および1茎重は秋春分施系列の各区と同等となり、幼穂形成期以降、とくに1茎重の増加が著しかった。有穂茎数は、9中区および10上区でわずかに少ない程度で、各処理間に明らかな差異はなかった(第25表)。

(4) 土壌中の無機態N含量

越冬前の土壌中の無機態N ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) 含量をみると(第33図)、牧草根の大部分が分布する0~5cmの層⁸¹⁾では処理間差がなく、それより下の層位において10下区が-N区よりわずかに高い程度である。越冬後においても、0~5cmの層における無機態N含量の処理間差は明らかでない。施肥時期の遅い10下区や11中区では、下層ほど-N区の無機態N含量を上回り、越冬中に無機態Nが下層へ移動していることがうかがえる。また、越冬前後のいずれも無機態N含量の値そのものは、極めて低い。したがって秋の施肥時期が早いほど、翌春まで土壌に残存する無機態Nの量は少なく、施肥時期の遅い場合でも施肥Nの一部は、溶脱されていることが示唆される。

以上の結果から、2番草刈取り後のN施肥時期の差異は、越冬後の萌芽期までチモシーの生育、N吸収、収量構成要素、土壌の無機態N含量に影響を及ぼすが、早春施肥が上積みされた後、しだいにその影響度が低下し、1番草収量や収量構成要素などには2番草刈取り後のN施肥時期の処



理間差が認められなくなることが明らかとなった。また、1番草に対するN施肥量(120kg/ha)を、2番草刈取り後と早春に分施した区と早春全量施肥した区の乾物収量は、ほぼ同程度であった。

実験2. 秋と春のN施肥量および施肥配分がチモシーの1番草生育に及ぼす影響

実験方法

実験1で供試した草地と同時に造成し、均一栽培していたチモシー単播草地を用い、1984年から1985年にかけて実験を行った。1984年の8月25日に2番草を収穫した後、9月13日にha当たりNを0, 20, 40kg施用して、秋の施肥処理を行った。翌春(1985年)の萌芽期に当たる5月10日に、各秋施肥の処理それぞれに、秋のN施肥量と春のN施肥量の合計がha当たり40, 80, 120kg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処理区で実験を実施した。これらの各区には、実験1と全く同様に P_2O_5 と K_2O を秋と春に施肥し、これらの要素がチモシーの生育に制限要因とならないようにした。

越冬時の気象条件は、実験1で述べたとおりである。チモシーの生育経過の調査時期および方法は、越冬前の調査期日を気温が5℃付近となった

第26表 越冬前後の部位別乾物重および収量構成要素

調査時期	秋の N施肥量 (kg/ha)	乾物重(t/ha)			全茎数 (本/m ²)	1茎重 (mg/本)
		茎葉	刈株	合計		
越冬前 (1984年 10月24日)	0	0.48	0.67	1.15	1680	28.4
	20	0.92	0.76	1.68	1990	46.2
	40	0.87	0.72	1.59	1890	45.9
越冬後 (1985年 5月7日)	0	0.08	0.30	0.38	1220	6.8
	20	0.12	0.36	0.48	1640	7.6
	40	0.20	0.46	0.66	1750	11.3

10月24日とした点のみ実験1と異なるが、その他は実験1と同じである。

実験結果

(1) 越冬前後におけるチモシーの生育および全茎数、1茎重

秋のN施肥から約40日間経過した越冬前の、チモシーの部位別乾物重と収量構成要素を第26表に示した。Nを施肥した各区の茎葉重は、-N区より明らかに増加した。しかしN施肥量の差異は、茎葉重に反映していない。刈株重や茎数および1茎重についても、同様であった。

越冬後の早春施肥前における各区の乾物重は、いずれの部位も越冬前より著しく減少した。越冬前と異なり、施肥N量の処理間差が認められ、N施肥量が多いほど乾物重、全茎数および1茎重が増加した。秋のN施肥量に応じて、越冬分げつの再生と萌芽が促進されていることがうかがえる。

(2) 越冬前後のチモシーのN吸収および刈株の全有効態炭水化物(TAC)

越冬前の各部位のN含有率は、N施肥量に対応

して高まった(第27表)。TAC含有率は-N区でやや高含有率となったが、処理間に大きな差異は認めがたい(第27表)。越冬後にはN施肥量の多い区ほどチモシーの生育が促進されたため、茎葉部のN含有率および刈株部のTAC含有率が低下した。越冬後の地上部N含有量は、各区とも越冬前より大きく減少し、1茎当たりの地上部N含有量も同様で、実験1の結果とよく一致した。

越冬期間中に刈株部のTAC含有量は、明らかに減少した。越冬前にはTAC含有量の処理間差が明らかでなかったが、越冬後にはN施肥量が多いほど増加する傾向を示した。しかし1茎当たりのTAC含有量でみると、越冬前後とも処理間差が判然としなかった。

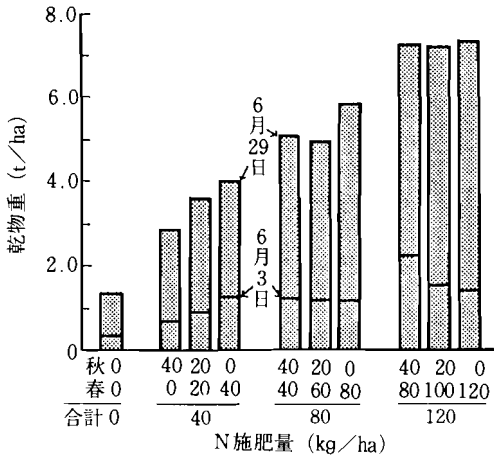
(3) 早春施肥後のチモシーの生育

幼穂形成期終了時における茎葉重は、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)が多いほど、増加した(第34図)。しかし、施肥Nの秋春分施と早春施肥のみの茎葉重に対する効果は、合計N施肥量の多少によって異なっている。すなわち、合計N施肥量が40kg/haと少ない場合には、春のN施肥量が多い区ほど茎葉重が高まった。合計N施肥量が80kg/haでは、秋春分施の各区には、春にいずれも40kg/ha以上のNが施肥されており、これらの区の茎葉重は、早春施肥のみの秋0kg/ha春80kg/ha区とはほぼ同等となった。さらに、合計N施肥量が120kg/haと多くなると、秋春分施区に対する春のN施肥量は最低でも80kg/haとなり、秋春分施の各区の茎葉重が、早春施肥のみの秋0kg/ha春120kg/ha区を上回った。

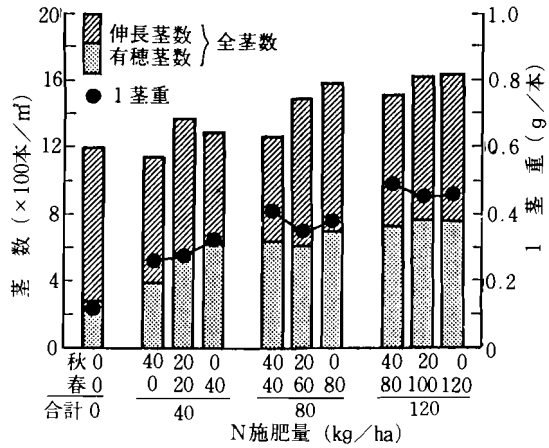
第27表 越冬前後の部位別N含有率、N含有量および刈株部のTAC

調査時期	N施肥量 (kg/ha)	N含有率(%)		N含有量(kg/ha)			刈株部のTAC	
		茎葉	刈株	茎葉	刈株	合計	含有率(%)	含有量(kg/ha)
越冬前 (1984年 10月24日)	0	2.22	1.21	10.6	8.2	18.7(1.12)	53.2	359(21.3)
	20	2.22	1.25	20.4	9.5	29.9(1.50)	51.1	389(19.6)
	40	2.41	1.45	20.9	10.5	31.4(1.66)	51.6	372(19.7)
越冬後 (1985年 5月7日)	0	4.72	3.45	3.9	10.2	14.1(1.16)	26.7	79(6.5)
	20	4.49	3.41	5.6	12.2	17.8(1.08)	23.0	82(5.0)
	40	3.83	3.53	7.5	16.2	23.8(1.36)	22.4	103(5.9)

()内は、1茎当たりのNおよびTAC含有量を示す(mg/本)



第34図 幼穂形成期終了時(6月3日)と1番草収穫時(6月29日)における茎葉部乾物重



第35図 1番草収穫時における収量構成要素

これらの結果は、秋施肥によって萌芽再生が良好となっている越冬分げつの伸長を促進させるためには、秋施肥のみでは不十分で、春に少なくとも40kg/ha以上のN施肥が不可欠であることを示している。

1番草収穫時(穂揃期、6月29日)になると、秋のN施肥量にかかわらず、春のN施肥量に対応してこの時点での茎葉重、すなわち1番草収量が増加する傾向にあった(第34図)。この傾向は、合計N施肥量が80kg/haまでの場合にとくに明らかであった。したがって1番草に対するN施肥量が同じなら、秋と春に分施するより早春に全量施肥するほうが増収に結びつくと思われた。

1番草収穫時における収量構成要素をみると(第35図)、合計N施肥量に対応して全茎数、有穂茎数および1茎重が増加する傾向にあった。しかし、これらの収量構成要素に対する施肥Nの秋春分施と早春施肥のみの効果は、乾物重の場合と同様、合計N施肥量の多少によって異なった。合計N施肥量が40kg/haの場合には、春のN施肥量の増加に伴う全茎数、1茎重の増大が明らかであった。また、合計N施肥量が80kg/haおよび120kg/haの場合には、春のN施肥量の増加によって1茎重がわずかに減少する傾向を示したが、全茎数は増加した。有穂茎数は、合計N施肥量が多いほど増加し、合計N施肥量が等しい時には、春

のN施肥量に対応して増加する傾向にあった。

(4) チモシーのN吸収および収量、有穂茎数の関係

幼穂形成期終了時における茎葉部のN含有率は、春のN施肥量に対応して明らかに高まった(第28表)。この時点でのN含有量は、合計N施肥量が多いほど増加し、合計N施肥量が80kg/haまでは秋と春に分施するより早春施肥のみのほうが高い値を示した。また、合計N施肥量が120kg/haにおいても、秋40kg/ha春80kg/ha区のN含有量が、早春施肥のみの区よりわずかに上回ったにすぎない。この時点においてすでに、チモシーのN

第28表 早春施肥後の茎葉部N含有率およびN含有量

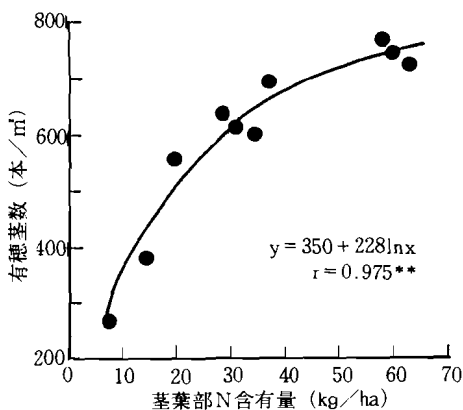
N施肥量 (kg/ha)			N含有率 (%)		N含有量 (kg/ha)	
			幼穂形成終了時	1番草収穫時	幼穂形成終了時	1番草収穫時
秋 0	春 0	合計 0	2.08	1.25	8	17
40	0	40	1.98	1.15	14	33
20	20	40	2.21	1.23	19	44
0	40	40	2.49	1.17	31	47
40	40	80	2.37	1.38	29	70
20	60	80	2.87	1.20	34	59
0	80	80	3.16	1.29	37	76
40	80	120	2.80	1.67	63	121
20	100	120	3.82	2.15	58	155
0	120	120	4.20	2.04	60	150

吸収は秋施肥Nの影響をわずかしか受けず、春のN施肥に速やかに反応していることが理解できる。

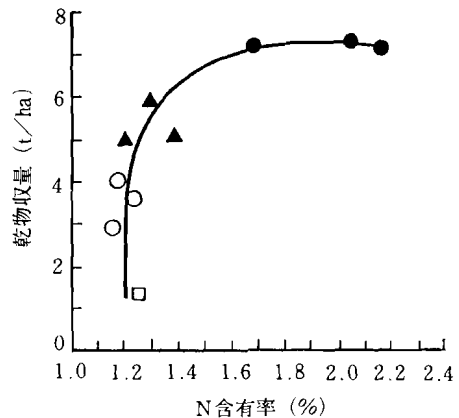
1番草収穫時になると、合計N施肥量が80kg/haまではN含有率の処理間差が明らかでない。合計N施肥量が120kg/haの場合、秋40kg/ha春80kg/ha区のN含有率が他の2処理より低含有率となった。この時期のN含有量は、合計N施肥量が多いほど増加したが、それが同一の場合には、春のN施肥量に対応して増加する傾向が認められた。

前節において、1番草収量に大きな影響を及ぼす有穂茎数は、チモシーの幼穂形成が終了するまでのN吸収量によって規制されていることを認めた。本実験においても第36図に示したごとく、両者には高い正の相関関係があった。ただし、この時点の茎葉部のN含有量が50kg/ha程度以上になると、N含有量の増加に伴う有穂茎数の増加はやや鈍化した。第28表の結果から幼穂形成期終了時点でN含有量が50kg/ha程度となるのは、合計N施肥量が80~120kg/haの範囲にあり、ほぼ100kg/ha内外と推定される。

また1番草収穫時の茎葉部N含有率と1番草収量との関係を見ると(第37図)、合計N施肥量が80kg/ha水準までは、N含有率の変化が少ないまま収量が高まっており、チモシーの乾物生産がN吸収量に比例して行われていることがわかる²⁷⁾。



第36図 有穂茎数と幼穂形成期終了時までの茎葉部N含有量の関係



第37図 1番草収穫時の茎葉部N含有率と乾物収量の関係

□: 合計N施肥量0 kg/ha ○: 同, 40kg/ha
▲: 同, 80kg/ha ●: 同, 120kg/ha

一方、合計N施肥量が120kg/haになると、N含有率が上昇しても収量の増加が明らかでなく、いわゆるぜい沢吸収の様相²⁷⁾を呈している。したがって本実験条件下でのN施肥適量は、80~120kg/haの範囲に入り、ほぼ100kg/ha程度と考えられる。この量は、上述した有穂茎数を確保するために必要と推定された量とよく一致し、早川ら¹¹⁾が報告したチモシーに対するN施肥適量(112.5kg/ha)とも近似していた。

以上の結果から、1番草に対するN施肥量の増加は、1番草収穫時の全茎数、1茎重および有穂茎数を増加させて、増収に結びつくことが明らかとなった。またN施肥量が等しければ、秋と春に分施するより、春に全量施肥するほうが収量を高め、この場合の1番草に対するN施肥適量は、ha当たり100kg程度と推定された。

考 察

1番草チモシーの収量構成要素である全茎数や1茎重、また1茎重を規制する有穂茎数は、前節で認めた施肥時期の影響のみならず、N施肥量にも大きな影響を受けた。1番草に対するN施肥量の増加は、収量構成要素を増大させて、増収をもたらした。

一方、1番草に対する施肥Nの秋と春の配分方法については、秋と春に分施するより春に全量施

肥するほうが、1番草の有穂茎数が増加して高収となった。秋施肥Nによって、有穂茎数が特別に多くなるということも認められなかった。オーチャードグラスでは、Nを秋と春に分施するほうが1番草の有穂茎数を増加させ、1番草収量の著しい増加が明らかにされており⁸⁴⁾、本実験結果と大きく異なる。

2番草チモシーの刈取り後に施肥されたNのうち、翌春の1番草にまで持ちこされる量は、牧草に吸収される量と土壌中に残存する量に支配される。本実験結果によると、2番草刈取り後から越冬前までのチモシーのN吸収は、N施肥量よりも施肥後の再生期間、いかえると施肥時期に強く影響された。そして吸収されたNは、再生期間が長いほど刈株部より茎葉部に集積された。この吸収されたNがチモシー体内に残留して越冬するのであれば、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、この部位に集積されたNは越冬器官である刈株部に再転流し、越冬期間中の茎数の減少分だけ1茎当たりのN含有量が高まるはずである。事実、秋施肥効果の大きいオーチャードグラスでは、越冬後における1茎当たりのN含有量が、越冬前を大きく上回ることが明らかにされている⁸⁴⁾。ところが、チモシーではこのような現象が2番草刈取り後の施肥時期および施肥量にかかわらず認められなかった。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、茎葉部がリター化するに伴って越冬期間中に失われてしまったことになる。そのうえ、土壌に残存して越冬するN量も多くはない。このため、秋に施肥されたNは、翌春の早い時期に枯渇し、その後のチモシーの生育やN吸収は、早春のN施肥量に支配されたものと思われる。

平島ら¹⁸⁾は、チモシーとオーチャードグラスに対する秋施肥のみと春施肥のみの肥効を比較し、オーチャードグラスでは他の多くの報告^{37, 38, 80, 83, 84)}と同じく、1番草収穫時においてもなお、秋施肥区のほうが春施肥区の収量より増加したことを認めた。しかし、チモシーの1番草収量は、本実験と同様、春施肥区のほうで高まったと指摘している。

このように、オーチャードグラスに比較してチモシーに対する秋のN施肥効果が劣るのは、秋施肥後に牧草体や土壌中に保持されたN量が、越冬期間中に大きく減少して、秋のN施肥に由来する1番草チモシーの利用可能N量を低下させるためと思われる。またチモシーの1番草の刈取り適期となる穂揃期は、オーチャードグラスより約20日間ほど遅く、チモシーの1番草再生期間はオーチャードグラスより長い。秋施肥が1番草生育に及ぼす影響は、生育の初期ほど強く現われると考えられるため、チモシーのように1番草収穫時までの再生期間の長い草種では、もともと秋に施肥されるNの効果が、1番草収穫時まで及びがたいとも理解できる。したがってチモシーの1番草収量は、施肥Nを秋と春に分施するより、早春の萌芽期に全量施肥するほうが効率よく増加すると指摘できる。

第5節 春および1番草刈取り後の窒素施肥量とチモシーの2番草生育

先に2番草チモシーの1茎重を増加させて高収を得るには、独立再生長期に施肥してこの時期のN吸収を旺盛にすることが重要であることを認めた。しかし、この時期のN施肥量が2番草チモシーの収量や収量構成要素に及ぼす影響は、未検討であった。また春のN施肥量は、1番草収穫時の分けつ構成や刈株部におけるNやTACの含有率および含有量を変化させる。これらの要因は、いずれも牧草の再生と密接な関係を有しており^{36, 41, 54, 68, 75, 85)}、2番草の生育に影響を及ぼす。

そこで本節では、2番草チモシーの収量や収量構成要素に及ぼす春と1番草刈取り後のN施肥量の影響を検討した。

実験方法および結果

実験方法

1983年に造成後、1984年の2番草まで均一栽培したチモシー単播草地を供試した。この間、秋の

施肥は実施しなかった。1985年の萌芽期に当たる5月10日に春のN施肥処理を行った。N施肥量はha当たり40, 80, 120kgである。穂揃期(6月29日)に1番草を収穫し、その後独立再生長期に当たる7月9日に、春のN施肥処理のそれぞれにha当たりNとして0, 20, 40, 80kg施肥する処理を実施した。この他、春および1番草刈取り後のいずれにもNを施肥しない無窒素区(-N区)を設けた。

これらの各区に対し、春には P_2O_5 および K_2O をそれぞれha当たり60kg、150kg、また1番草刈取り後には、それぞれ40kg、100kgを共通に施肥した。

1番草収穫後の刈株部の調査は、30cm×30cmの枠内のチモシーを掘取って行った。またチモシーの生育調査は、独立再生長期終了時の7月26日と、2番草収穫時の8月22日に実施した。

実験結果

本実験の1番草における処理は、前節の実験2のうち秋施肥せず春に全量施肥した区と全く同一である。したがって、1番草収量や収穫時の収量構成要素、分けつ構成などは、前節で得られた結果に等しいとみなせるので、1番草についての実験結果は省略する。

(1) 1番草収穫時における刈株の諸形質

刈株部の乾物重、NおよびTACの含有率と含有量を第29表に示した。刈株重は春のN施肥量の増加に伴い明らかに高まった。Nの含有率や含有量もこれと同様の傾向で、とくに120kg/ha区において高い。TAC含有率は、N含有率が高いほど低かったが、TAC含有量は刈株重に対応して増加していた。

(2) 2番草チモシーの生育

第29表 1番草刈取り時における刈株の乾物重、NおよびTAC含量

春のN施肥量 (kg/ha)	乾物重 (t/ha)	N含有率 (%)	N含有量 (kg/ha)	TAC含有率 (%)	TAC含有量 (kg/ha)
0	0.55	0.29	1.6	42.3	233
40	0.84	0.30	2.5	43.2	363
80	1.09	0.35	3.8	41.8	456
120	1.37	0.77	10.5	33.5	459

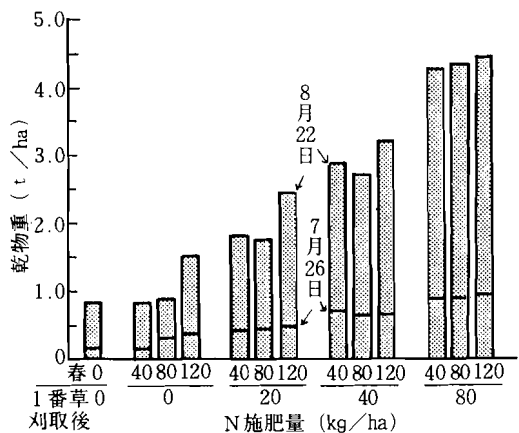
独立再生長期終了時(7月26日)と2番草収穫時(8月22日)における茎葉重を第38図に示した。いずれの調査時点においても、1番草刈取り後のN施肥量が増加すると春のN施肥量に、かわらず、茎葉重が増加した。

春のN施肥量が2番草チモシーの茎葉重に及ぼす影響は、独立再生長期終了時においては、1番草刈取り後にNの施肥がなかった(0kg/ha)場合にのみ、認められたにすぎない。また2番草収穫時においても、春のN施肥量が40kg/haと80kg/haの両区の茎葉重(2番草収量)は、1番草刈取り後のN施肥量にかかわらず、大きな差異がなかった。また、これらの処理区に1番草刈取り後のN施肥を行わなかった区と-N区の2番草収量は、ほぼ同等であった。したがって春のN施肥量が80kg/haまでは、2番草収量に残効をもたらさないとと思われる。

ところが、春のN施肥量が120kg/ha区の2番草収量は、1番草刈取り後のN施肥量と同じなら、春のN施肥量が40kg/ha区および80kg/ha区より高収で、2番草に対する残効が認められた。ただし、この残効も1番草刈取り後のN施肥量が増加するに伴い、わずかなものとなった。

(3) 収量構成要素

2番草収穫時における収量構成要素をみると



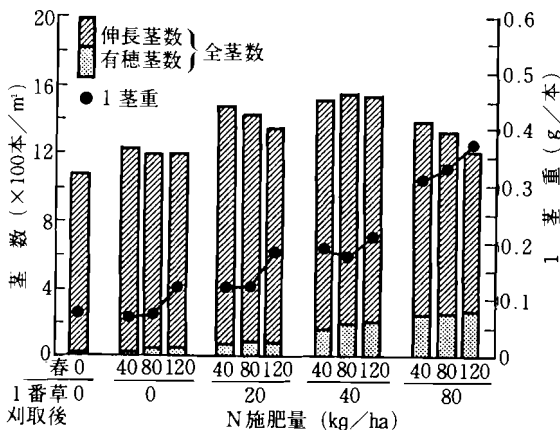
第38図 2番草チモシーの独立再生長期終了時(7月26日)と2番草収穫時(8月22日)における茎葉部乾物重

(第39図)、全茎数は春のN施肥量が同じなら、1番草刈取り後のN施肥量が40kg/haまで増加し、80kg/haになるとやや減少した。1番草刈取り後のN施肥量が同じ場合には、春のN施肥量が40kg/haと80kg/haの両区的全茎数に大差がなく、春のN施肥量が120kg/ha区でやや減少する傾向にあった。このように1番草刈取り後のN施肥量80kg/ha区や春のN施肥量が120kg/haの場合に、全茎数が減少したのは、多N条件の影響を受けて2番草初期から分けつの伸長が促進され、分けつ間の相互遮へいが強まって弱小分けつを枯死させるためであろう。

有穂茎数は、1番草刈取り後のN施肥量の増加に対応して増加した(第39図)。しかし春のN施肥量の差異は、有穂茎数に大きな影響を及ぼさなかった。2番草における有穂茎率は、有穂茎数が多かった1番草刈取り後のN施肥量80kg/ha区の場合でも、20%内外であった。したがって、2番草を構成する分けつの大部分は、新分けつに由来する¹⁰²⁾伸長茎である。

1茎重は、春のN施肥量にかかわらず、1番草刈取り後のN施肥量に対応して増大した(第39図)。1番草刈取り後のN施肥量が同じ場合には、春のN施肥量が40kg/haと80kg/haの両区における1茎重の差異は判然とせず、これらの両区に比較し120kg/ha区の1茎重は明らかに増した。

2番草収量および収量構成要素の相互関係をみると(第30表)、収量は1茎重と高い正の相関を



第39図 2番草収穫時における収量構成要素

第30表 2番草収量と収量構成要素の相関係数

	収量	全茎数	1茎重
全茎数	0.336		
1茎重	0.981**	0.159	
有穂茎数	0.970**	0.387	0.938**

**：1%水準で有意

示し、全茎数との間には有意な相関がなかった。これは、第3節の結果とよく一致する。第3節では、有穂茎数と2番草収量との間に有意な相関が認められなかった。しかし本実験では、この両者に高い正の相関を示した。また有穂茎数は、1茎重との間にも正の相関を示した。2番草における有穂茎率は、最高でも20%程度と少ない。したがって1番草のように、有穂茎数の増加が、収量に直接関与したとは理解しがたい。むしろNの増肥が、伸長茎を中心とする2番草構成分けつの1茎重を増加させて増収をもたらすとともに、有穂茎数の増加効果をもあわせもつため、これら三者に高い正の相関関係が存在したと考えるほうが妥当であると思われる。

(4) チモシーのN吸収および収量、1茎重との関係

独立再生長期終了時点の茎葉部N含有率は、1番草刈取り後にNが施肥された各区では、春のN施肥量の影響をほとんど受けず、1番草刈取り後のN施肥量が多いほど高まった(第31表)。この時点でのN含有量は、1番草刈取り後のN施肥量に対応して明らかに増加した。また春のN施肥量が茎葉部のN含有量に及ぼす影響は、1番草刈取り後にNが施肥されなかった場合を除き、40kg/haと80kg/haの両区に差異がなく、120kg/ha区において増加する傾向にあった。2番草収穫時においても、上述した傾向とほぼ同様であった。したがって春のN施肥量が80kg/haまでは、2番草チモシーのN吸収に残効を示さず、120kg/haの場合に残効が認められる。

2番草収量と密接な関係にある2番草収穫時の

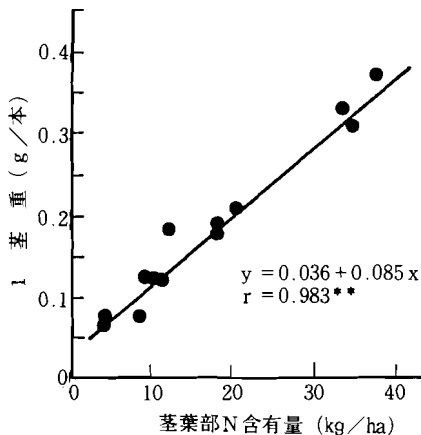
第31表 2番草チモシーの茎葉部N含有率およびN含有量

春	N 施肥量 (kg/ha)		N含有率 (%)		N含有量 (kg/ha)	
	1番草刈取り後	独立再生長期終了時	2番草**収穫時	独立再生長期終了時	2番草**収穫時	
0	0	2.48	1.72	4	15	
40	0	2.55	1.75	4	15	
80	0	2.69	1.87	9	17	
120	0	2.45	1.66	9	25	
40	20	2.57	1.48	11	27	
80	20	2.50	1.47	11	26	
120	20	2.53	1.41	12	34	
40	40	2.57	1.40	18	40	
80	40	2.78	1.43	18	39	
120	40	3.09	1.41	20	45	
40	80	3.96	1.64	35	70	
80	80	3.75	1.71	34	74	
120	80	4.07	1.68	38	75	

* : 1985年7月26日, ** : 同8月22日

1 茎重は、第3節の結果によると独立再生長期のチモシーのN吸収量によって規制されていた。本実験においても第40図に示したように、独立再生長期終了時における茎葉部のN含有量と1 茎重との間には、極めて高い相関関係があった。

2番草収穫時の茎葉部N含有率と2番草収量との関係は、第41図のごとくであった。1番草刈取り後のN施肥量が0 kg/haの場合には、Nが再生の制限因子となって新分げつの生育が抑制されたため、高N含有率ながら低収であった。1番草刈取り後のN施肥量が20kg/haから40kg/haまでの範囲は、チモシーのN吸収に比例して乾物生産が行われ、N含有率の変化は少ない。さらに、1番



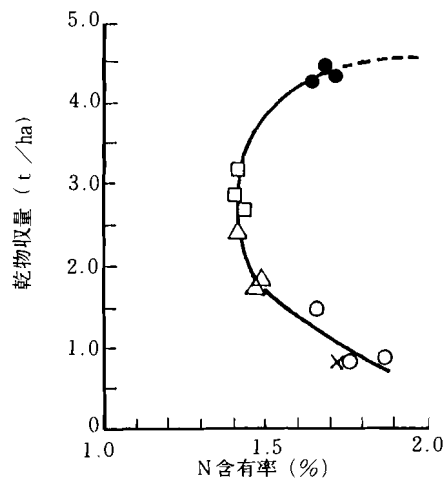
第40図 1 茎重と独立再生長期終了時までの茎葉部N含有量の関係

草刈取り後のN施肥量が80kg/haまで増加すると、N含有率を高めつつ収量も高まった。このため、1番草時のようにぜい沢吸収の様相を呈する²⁷⁾ までには至らなかった。この図から、2番草チモシーにおけるNのぜい沢吸収あるいは過剰吸収の段階へ移行する施肥水準は、80kg/ha程度と推定され、これが本実験の範囲での2番草に対するN施肥適量と思われる。

以上の結果から、1番草刈取り後のN施肥量の増加は、2番草を構成する主要な分げつである伸長茎の1 茎重を高めるとともに、有穂茎数も増加させて1 茎重増大にさらに寄与し、増収をもたらす効果があると思われた。春のN施肥量が2番草収量やチモシーのN吸収に対する影響は、それが80kg/haまではほとんど認められず、120kg/haにおいて認められた。また本実験条件下での1番草刈取り後のN施肥適量は、80kg/ha程度と考えられた。

考 察

春のN施肥量は、1番草刈取り時に生長点が切除されずに2番草に持ち越された既存分げつ数^{54, 68, 74)}、刈株中に残存するN^{41, 85)} やT A C^{36, 41)}



第41図 2番草収穫時の茎葉部N含有率と乾物収量の関係
○ : 1番草刈取り後のN施肥量 0 kg/ha
△ : 同, 20kg/ha □ : 同, 40kg/ha
● : 同, 80kg/ha × : -N区

の含有率および含有量などを通して、2番草チモシーの生育に影響を及ぼす。これらの要因のうちTACについては、これまでの結果から、刈取り後の再生の規制要因となっていないと考えられ、2番草チモシーの生育に直接的な影響は少ないと思われる。

吉沢ら¹⁰²⁾の報告によると、2番草チモシーの有穂茎は既存分けつに由来している。したがって、春のN施肥量に起因する既存分けつ数の差異は、2番草の有穂茎数に反映される。ところが本実験では、有穂茎数は春のN施肥量より1番草刈取り後のN施肥量に強く影響されていた。これは、萌芽期に施肥されるNの量が2番草の既存分けつ数に大きな影響を及ぼしていないことを示唆するものである。

一方、刈株部のN含有率および含有量は、春のN施肥量の影響を強く受けた。オーチャードグラスの場合、この刈株のNによって刈取り後の初期再生と2番草収量が支配されている⁸⁵⁾。オーチャードグラスの2番草を構成する分けつの大部分は、既存分けつである^{75, 85)}。この分けつは、1番草の刈取りによって生長点が切除されず、刈取り直後の従属再生長期からただちに再生する。この期間の牧草の再生は、刈株のNやTACに依存して行われるため⁸⁾、刈株のNはオーチャードグラスの初期再生を規制し、これが2番草収量にまで影響したと考えられる。

これに対し、チモシーの2番草を構成する分けつの大部分は、刈取り後に発生する新分けつである¹⁰²⁾。第3節で認めたように、チモシーの従属再生長期から独立再生長期にかけての期間は、新

分けつの発生が施肥の有無にかかわらず旺盛である。しかし、この期間の再生は十分でない。そして、これらの分けつの養分吸収が始まると思われる独立再生長期には、Nが施肥される。この施肥Nを吸収利用することにより、新分けつの伸長が促進され、1茎重は増大する。したがって、刈取り後の再生が刈株のNに依存する度合は、チモシーのほうがオーチャードグラスより低い。逆に1番草刈取り後のN施肥に、2番草チモシーの再生とその後の生育が強く規制されるのであろう。

むろん、チモシーの場合でも、1番草刈取り後のN施肥量が少ないほど、刈取り後の再生は刈株のNを利用することとなり、刈株中のNに対する依存度が相対的に高まる。それゆえ、刈株中にNを十分蓄積することのできた春のN施肥量120kg/ha区において、1番草刈取り後のN施肥量が少ない場合に、2番草の1茎重やN吸収に残効が認められたものと思われる。しかしこの残効も、独立再生長期に十分なNが施肥されると消去される程度のものである。したがって、春のN施肥量を多くし、その残効によって2番草収量の増収を期待することは、必ずしも効率的とはいえない。むしろ、独立再生長期に十分量のNを施肥し、この生育期間のチモシーのN吸収量を増加させ、1茎重を増大させるほうが2番草収量の増収に結びつく。さらに1番草刈取り後の十分なN施肥は、有穂茎数をも増加させた。有穂茎それ自身の1茎重は、伸長茎の1茎重より大きいため、2番草における有穂茎率が低いとはいえ有穂茎数の増加は、2番草収穫時の1茎重の増大にさらに寄与するものと思われる。