

チモシー品種の生育と乾物消化率に及ぼす 窒素施肥と土壌の影響

古谷政道* 増谷哲雄* 筒井佐喜雄*

チモシー品種の環境適応性に関する試験の一環として、主に近年我が国で育成された品種と北海道網走地方に普通に見られる3種類の土壌を供試し、土壌の違いによるチモシー品種の生育と乾物消化率の差異を検討し、併せて窒素施肥の影響を検討した。1・2番草合計収量において窒素施肥と品種及び土壌と品種の交互作用は有意性を示し、供試5品種の窒素施肥や土壌に対する反応は明らかに異なった。この結果クンプウ、ノサップは集約的な多肥栽培条件下で能力を発揮する品種と考えられ、センボクは比較的粗放な肥培管理下においても安定した生育を示す品種と考えられた。この生育の違いは品種母材の生育環境の差と考えられ、チモシー品種の分化の程度はかなり大きいものと推測された。乾物消化率、粗蛋白質は窒素施肥により増加し、窒素施肥や土壌の違いにより品種の反応は異なった。チモシーの品質は肥培管理や土壌の違いにより変動することが推測された。

緒 言

チモシーは古くから我が国に導入された北海道の重要な基幹牧草であり、府県においても東北地方を主に積雪寒冷地で広く栽培されている²⁶⁾。諸外国では高緯度の北欧及び北米が主な栽培地であり、同時にチモシー育種が盛んである。現在我が国で育成した4品種を含め98品種がOECDの品種リスト⁴³⁾に登録されている。チモシーは冷涼な気象に適し、栽培しやすく、家畜の嗜好性が高い。また比較的気象に敏感な草種であり、春の萌芽が早く、萌芽後の生育は極めて旺盛であるとともに、秋の低温短日で直ちに休眠に入るため越冬性は極めて強い。過湿な土壌にもよく生育するが、反面高温と土壌の乾燥に弱く、比較的耐陰性が劣ると考えられる²⁶⁾。一般に牧草は他の畑作物に比較し、地域適応性が高く、各種の気象、土壌によく適応し、一つの品種が比較的広い地域に栽培されるのが普通である。しかしながら栽培環境の違いにより品種の反応は異なり、一般の畑作物より高い広域適応性を持ちながら最適生育条件は品種により

異なると考えられる⁷⁻¹⁰⁾。また牧草栄養価の重要な指標である乾物消化率は、牧草の生育と同じく、その栽培環境に大きく左右される⁴⁰⁾。しかしながら土壌の違いと乾物消化率の関係を品種間差から論じた報告は極く少ない。また窒素施肥が乾物消化率に及ぼす影響を品種間差から論じた報告は比較的少ない²³⁾。このため本試験は近年我が国で育成された品種を主な供試材料としたチモシー品種の環境適応性に関する試験の一環として、北海道網走地方に普通に見られる3種類の土壌を供試し、土壌の違いによるチモシー品種の生育と乾物消化率の差異を検討するとともに、併せて窒素施肥の影響を検討し、今後のチモシー育種の基礎的資料を得ようとした。

試験方法

供試品種は北海道立北見農業試験場で育成したクンプウ¹⁹⁾、センボク³⁴⁾、ノサップ³⁵⁾、ホクシュウ³⁶⁾とベルギー育成のErecta R.v.P. (以後エレクタと略記する)の5品種で、個体調査試験結果に基づき、各品種の平均的な4個体を株分けし、あらかじめ供試土壌を詰めた1/5,000アールのワグネルポットに移植し、屋外で栽培した。供試土壌は北海道訓子府町採取土(湿性黒色火山性土)、清里町採取土(褐色火山性土)、網走市採取土(褐色

1984年8月4日受理

* 北海道立北見農業試験場、099-14常呂郡訓子府町

火山性土)の3種類で(以後それぞれ S_1 , S_2 , S_3 と略記する), S_1 は透水性が劣り, pHの低い土壤で, S_2 は粗砂含有率が高く, 透水性の良好な土壤である。 S_3 は S_1 と S_2 の中間的な物理的特性を持つ土壤である。既にその詳細は報告されている⁴²⁾。施肥量は窒素施用区と窒素無施用区の2処理で(以後それぞれ N_1 , N_0 と略記する), N_1 は移植時にポット当たり硫酸1g, 過石2g, 硫加0.4gとし, N_0 は過石2g, 硫加0.4gとした。1番草収穫時にそれぞれ移植時と同量を追肥した。試験期間中1番草は各品種の出穂日に, 2番草は1番草収穫後50日に, ポット地表面から5cmの高さで刈り取り収量とした。収量は葉身と茎部(茎, 葉鞘及び穂)に分別し, 葉面積等の調査を行ない70℃で乾燥, 秤量後, 迅速セルラーゼ法⁶⁾により乾物消化率(以後DDMと略記する), インフラライザ400により粗蛋白質(以後CPと略記する)の測定を行なった。期間中5日ごとに草丈, 茎数, 出葉数を立毛のままで調査した。試験は主区に窒素施用量, 細区に土壤, 細々区に品種を配する2反復の分割区試験法により実施した。なお供試土壤は北海道立北見農業試験場土壤肥料科から恵与されたものである。

試験結果

1. 乾物収量に及ぼす窒素施肥と土壤の影響

1) 乾物収量に及ぼす窒素施肥の影響

第1図に N_0 を100とした N_1 の相対乾物収量を

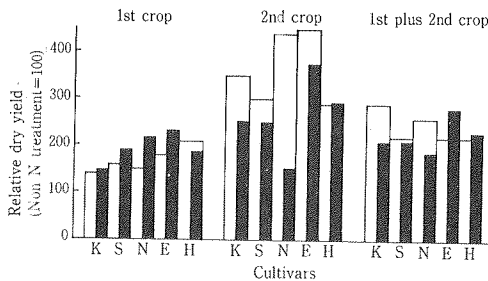


Fig. 1 Effects of N application on dry yield of timothy cultivars

Notes: Values shown are averages of three soils.

Open or closed bar show the relative dry yield of herbage or leaf blade.

K; Kunpū, S; Senpoku, N; Nosappu, E; Erecta RvP, H; Hokushū.

示した。1番草はホクシュウが大きく, 2番草は N_0 と N_1 の差は各品種とも1番草より大きい, エレクタが最も大きく, 1・2番草合計収量はクンプウが最も大きく, 次いでノサップが大きく, 他の3品種の差は極く小さかった。第1表に示す分散分析の結果, 品種と窒素(以後Nと略記する)施肥間の交互作用は有意性を示し, N施肥に対する供試5品種の反応は異なることが明らかになった。

2) 乾物収量に及ぼす土壤の影響

第2図に S_1 を100とした S_2 と S_3 の相対乾物収

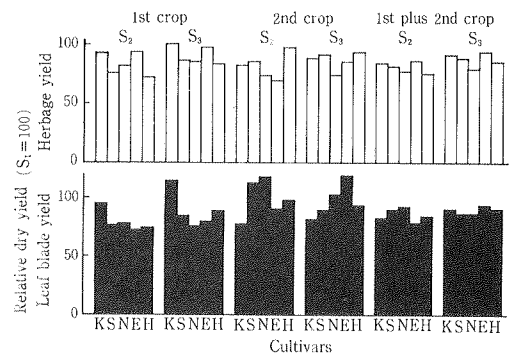


Fig. 2 Effects of soil on dry yield of timothy cultivars

Notes: Values shown are averages of two N application levels.

S_1 , S_2 and S_3 ; Kunneppu, Kiyosato and Abashiri soil.

K; Kunpū, S; Senpoku, N; Nosappu, E; Erecta RvP, H; Hokushū.

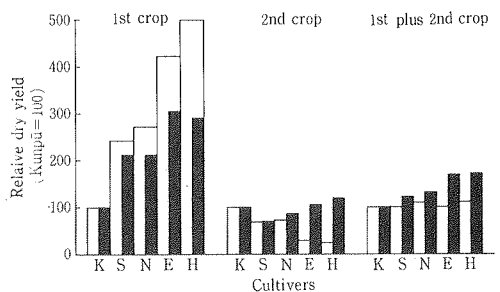


Fig. 3 Varietal variation of dry yield

Notes: Values shown are averages of two N application levels and three soils.

Open or closed bar show the relative dry yield of herbage or leaf blade.

K; Kunpū, S; Senpoku, N; Nosappu, E; Erecta RvP, H; Hokushū.

量を示した。1, 2番草とも S_2 と S_3 は S_1 より小さい傾向を示し, S_2 は S_3 より小さい傾向を示した。

第1表に示す分散分析の結果, 土壌間及び品種と土壌の交互作用は有意性を示し, 土壌による品種の反応は異なることが認められた。1・2番草合計葉重は S_1 が S_2 や S_3 より大きく, S_2 と S_3 の差は小さいが品種により傾向が異なった。

3) 乾物収量の品種間変異

第3図にクンプウを100とした各品種の相対乾物収量を示した。1番草収量は出穂期の遅い品種ほど大きく, 2番草は逆の傾向であった。1・2番草合計収量は品種間差は小さいが有意性を示し, ホクシュウ, ノサップが大きかった。1・2番草合計葉重は出穂期の遅い品種ほど大きく, 茎

Table 1 Summarized results of variance analyses for dry yield of timothy cultivars

Source of variance		F value				
		1st crop		2nd crop		1st plus 2nd crop
		Leaf blade	Herbage	Leaf blade	Herbage	
Replication	1	7.83 ^{ns}	0.05 ^{ns}	4.00 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.02 ^{ns}
N level, N	1	2185.87*	166.95*	1475.25**	1368.91*	448.12*
Error(a)	1					
Soil, S	2	46.80**	18.01**	1.43 ^{ns}	9.75*	27.55*
N × S	2	21.16**	20.12**	4.90 ^{ns}	1.05 ^{ns}	5.77 ^{ns}
Error(b)	4					
Cultivar, C	4	50.94**	294.54**	17.18**	219.97**	5.26**
N × S	4	11.12**	47.37**	18.00**	72.90**	3.10**
S × C	8	1.18 ^{ns}	3.60**	2.16*	1.83 ^{ns}	2.46*
N × S × C	8	0.82 ^{ns}	1.95 ^{ns}	2.37*	1.65 ^{ns}	0.73 ^{ns}
Error(c)	24					

Notes: *, **; Significant at 5% or 1% level of probability, respectively. ns; Non-significant.

葉収量より品種間差は大きかった。

4) 乾物収量に及ぼすN施肥, 土壌及び品種の影響

第4図に1・2番草合計収量を示した。 N_1 と N_0 の比較では既に述べたように各品種とも N_1 が明らかに大きい。土壌間の比較では N_0 において各品種とも S_1 が最も大きく, 次いで S_3 が大きく, S_2 が小さかった。 N_1 では N_0 のようにはっきりした土壌間差は認められないが, エレクタを除く他の品種は S_1 が大きい。 S_2 と S_3 の差は極く小さい。品種間変異は N_1 において S_1 はノサップが最も大きく, 次いでホクシュウで, エレクタが最も小さく, おおよそ圃場での収量順位に一致する。 S_2 と S_3 は S_1 に比較すると品種間差は小さいが, センボクとノサップ及びエレクタとホクシュウの関係は S_1 と同じ傾向であった。 N_0 において品種間変異は N_1 と傾向が異なった。

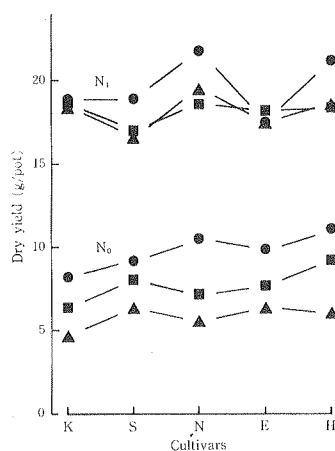


Fig. 4 Dry yield (1st plus 2nd crop) of timothy cultivars grown under various N application levels and soils

Notes: N_1 and N_0 ; With (2g of ammonium sulfate per pot) and without N application levels.

Circle, square and triangle; Kun-neppu, Abashiri and Kiyosato soil.

K; Kunpū, S; Senpou, N; Nosappu, E; Erecta RpP, H; Hokushū.

2. 一茎重, 茎数, 出葉数に及ぼすN施肥と土壌の影響

第2表に収穫時の一茎重, 茎数, 出葉数を処理間の平均値で示した。

一茎重は N_1 が N_0 より大きい傾向を示し, 2 番草は有意性が認められた。土壌間では S_1 が大きい傾向を示し, 1 番草では有意性が認められた。交互作用は 2 番草のN施肥と品種間及び土壌と品種間に有意性が認められ, N施肥と土壌の違いにより品種の反応は異なった。

個体当り茎数は 1, 2 番草とも N_1 が N_0 より有意に大きかった。土壌間では S_2 が小さい傾向を示し, 1 番草では有意性が認められた。交互作用は 1 番草でN施肥と品種間及び, N施肥と土壌と品種間に有意性が認められ, N施肥と土壌の違いによる品種の複雑な反応が考えられる。

個体当り出葉数は茎数とよく似た傾向を示し, 1, 2 番草とも N_1 が N_0 より有意に大きかった。土壌間では S_2 が小さい傾向を示し, 1 番草では有意性が認められた。交互作用は 1 番草でN施肥と

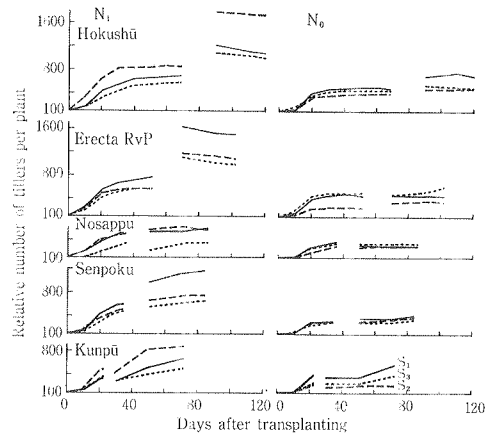


Fig. 5 Increment of number of tillers of timothy cultivars grown under various N application levels and soils

Notes: N_1 and N_0 ; With (2g of ammonium sulfate per pot) and without N application.

S_1 , S_2 and S_3 ; Kunneppu, Kiyosato and Abashiri soil.

Table 2 Weight of a tiller, number of tiller and number of leaves of timothy cultivars grown under various N application levels levels and soils

	Dry weight of a tiller (mg)		Number of tillers per plant		Number of leaves per plant	
	1st crop	2nd crop	1st crop	2nd crop	1st crop	2nd crop
N level, N N_0	253	131	5	6	20	23
N_1	257	256	9	14	33	48
Soil, S S_1	267	212	7	11	29	38
S_2	261	186	6	9	23	33
S_3	236	186	7	10	27	36
Cultivar, C Kunpū	124	336	5	7	18	28
Senpoku	228	188	6	9	27	33
Nosappu	331	358	5	5	20	18
Erecta RvP	304	52	8	14	32	47
Hokushū	285	39	10	16	34	50
Significance N	ns	*	*	**	**	*
S	*	ns	*	ns	*	ns
$N \times S$	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C	**	**	**	**	**	**
$N \times C$	ns	**	**	**	**	**
$S \times C$	ns	**	ns	ns	ns	ns
$N \times S \times C$	ns	ns	*	ns	*	ns

Notes: N_1 and N_0 ; With (2g of ammonium sulfate per pot) and without N application.

S_1 , S_2 and S_3 ; Kunneppu, Kiyosato and Abashiri soil.

*, ** and ns; Refer to notes in Table 1.

品種間及びN施肥と土壌と品種間に有意性が認められ、N施肥と土壌の違いによる品種の複雑な反応が認められた。

3. 茎数の推移に及ぼすN施肥と土壌の影響

第5図に移植時の茎数を100とした個体当たり相対茎数の推移を示した。N₁で各品種ともS₃がS₁、S₂に比較しおおそ小さく推移した。クンプウ、ホクシュウはS₂が大きく、センボク、エレクトはS₁が大きかった。N₀はN₁に比較し、各品種はおおよそ小さく推移し、土壌間差も小さい傾向を示し、土壌間の傾向もN₁と異なった。生育期間中の茎数の推移はN施肥や土壌の違いによりかなり異なる傾向を示した。

4. 比葉面積、葉面積、一葉重に及ぼすN施肥と土壌の影響

収穫時の比葉面積（以後SLAと略記する）、個体当たり葉面積（以後LAと略記する）及び一葉重を処理間の平均値で第3表に示した。

SLAはN₁がN₀より小さい傾向を示すが、有意性は認められない。土壌間はS₁が小さくS₃が大

きい傾向を示し、2番草は有意性を示した。交互作用は2番草で品種と各処理間が有意性を示し、N施肥と土壌の違いによる品種の反応は異なることが明らかになった。

LAは1、2番草ともN₁がN₀に比較し有意に大きく、土壌間は1、2番草ともS₂が小さかった。交互作用は1番草でN施肥と土壌間及びN施肥と品種間が有意性を示し、2番草で品種と各処理間が有意性を示し、LAは各処理により異なる反応を示すことが明らかになった。

一葉重はN₁がN₀より大きい傾向を示し、土壌間は1番草でS₁が大きかった。交互作用は1番草のN施肥と品種間に認められ、N施肥による品種の反応は異なった。

5. 各種形質と乾物収量の関係

既に述べた形質と乾物収量の相関係数を第4表に示した。第6図に1番草の葉面積と乾物収量の関係、第7図に2番草の一茎重と乾物収量の関係を示した。N施肥と土壌をこみにした全体の相関係数は1番草で茎数、葉数、葉面積が大きく、2

Table 3 Specific leaf area (SLA), leaf area and weight of a leaf blade of timothy cultivars grown under various N application levels and soils

		SLA (cm ² /g)		Leaf area (cm ² /plant)		Dry weight of a leaf blade (mg)	
		1st crop	2nd crop	1st crop	2nd crop	1st crop	2nd crop
N level, N	N ₀	257	254	97	69	19	14
	N ₁	247	244	193	172	23	17
Soil, S	S ₁	249	242	165	120	23	15
	S ₂	252	244	127	115	21	17
	S ₃	254	261	144	126	20	14
Cultivar, C	Kunpū	240	278	59	145	14	18
	Senpokū	246	270	139	102	21	11
	Nosappu	257	238	147	107	28	25
	Erecta RvP	266	295	204	159	23	11
	Hokushū	250	163	177	89	21	12
Significance	N	ns	ns	*	**	*	ns
	S	ns	*	**	*	*	ns
	N × S	ns	ns	*	ns	ns	ns
	C	*	**	**	**	**	**
	N × C	ns	**	**	**	*	ns
	S × C	ns	*	ns	*	ns	ns
	N × S × C	ns	*	ns	*	ns	ns

Notes: N₁ and N₀; With (2g of ammonium sulfate per pot) and without N application.

S₁, S₂ and S₃; Kunneppu, Kiyosato and Abashiri soil.

*, ** and ns; Refer to notes in Table 1.

Table 4 Correlation coefficients between dry yield and other agronomic characteristics of timothy cultivars

Crop			Leaf area	SAL	Dry weight	Dry weight	No. tiller	No. leaves
			(cm ² /pot)	(cm ² /g)	of a leaf	of	per plant	per plant
					blade(mg)	a tiller(mg)		
1st crop	N ₀	S ₁	0.892**	-0.749	0.658	0.792*	0.854*	0.788*
		S ₂	0.639	0.582	0.652	0.842	0.356	0.105
		S ₃	0.967***	0.127	0.924**	0.660	0.879*	0.865*
		T.	0.891***	-0.189	0.759***	0.653**	0.793***	0.741***
	N ₁	S ₁	0.766*	0.162	0.150	0.518	0.950***	0.920**
		S ₂	0.850*	0.717	0.545	0.896**	0.955***	0.871*
		S ₃	0.924**	0.805*	0.399	0.743	0.910**	0.894**
		T.	0.830***	0.567*	0.326	0.708**	0.920***	0.885***
	Total		0.875***	0.078	0.525**	0.578***	0.917***	0.875***
2nd crop	N ₀	S ₁	0.752	0.566	0.470	0.884**	-0.700	-0.735
		S ₂	-0.003	-0.157	0.120	0.897**	-0.420	-0.390
		S ₃	0.218	0.496	0.174	0.896**	-0.562	-0.554
		T.	0.359	0.169	0.222	0.861***	-0.350	-0.355
	N ₁	S ₁	0.266	0.463	0.689	0.842*	-0.930**	-0.853*
		S ₂	0.133	0.495	0.667	0.967***	-0.912**	-0.871*
		S ₃	-0.303	0.637	0.562	0.898**	-0.873*	-0.838*
		T.	0.040	0.454	0.625**	0.893***	-0.880***	-0.830***
	Total		0.587***	0.224	0.520**	0.844***	0.006	0.064

Notes: N₁ and N₀; With(2g of ammonium sulfate per pot) and without N application.

S₁, S₂ and S₃; Kunneppu, Kiyosato and Abashiri soil.

T.; Total of three soils.

Total; Total of two N application levels and three soils.

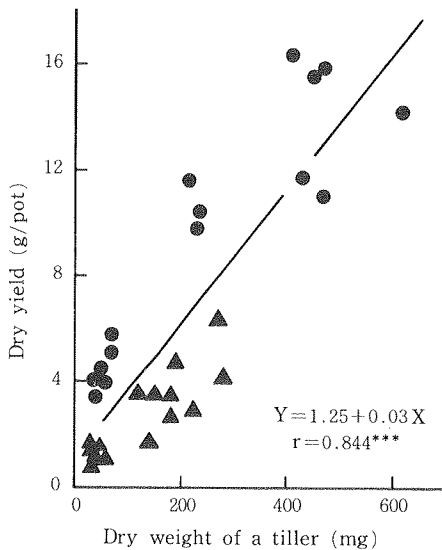


Fig. 6 Relationship between leaf area and dry yield of 1st crop

Notes: Circle and triangle; With (2g of ammonium sulfate per pot) and without N application.

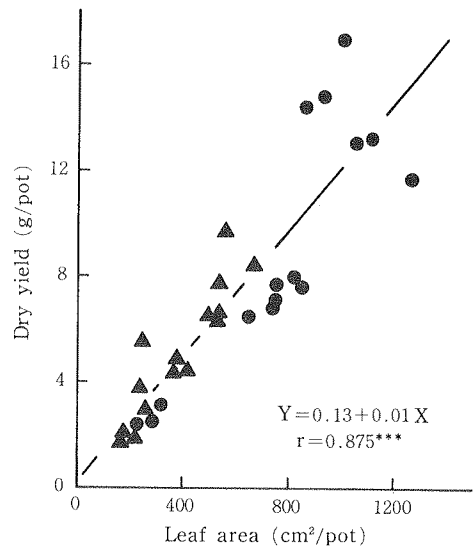


Fig. 7 Relationship between weight of a tiller and dry yield of 2nd crop

Notes: Circle and triangle; With (2g of ammonium sulfate per pot) and without N application.

番草で一茎重が大きかった。各形質ともN施肥と土壌の違いにより乾物収量との相関係数はかなり傾向を異にした。

6. 出穂期に及ぼすN施肥と土壌の影響

各品種3個体が出穂を始めた日を出穂期とし第

5表に示した。品種間にだけ有意性が認められ、他の処理間に認められなかった。品種間の傾向はおおよそ圃場での傾向と一致し、N施肥や土壌の違いによる出穂期の有意な変異は認められなかった。

Table 5 Heading date of timothy cultivars

Cultivar	N ₀	N ₁	S ₁	S ₂	S ₃	Average
Kunpū	12 June	11 June	12 June	11 June	11 June	12 June
Senpoku	26 June	25 June	26 June	26 June	26 June	26 June
Nosappu	26 June	26 June	26 June	27 June	26 June	26 June
Erecta RvP	2 July	2 July	2 July	4 July	1 July	2 July
Hokushū	20 July	18 July	19 July	18 July	20 July	19 July
Average	29 June	28 June	28 June	29 June	28 June	19 June

Notes: N₁ and N₀; With (2g of ammonium sulfate per pot) and without N application.

S₁, S₂ and S₃; Kunneppu, Kiyosato and Abashiri soil.

Table 6 Effects of N application on digestible dry matter of timothy cultivars

Cultivar	Digestible dry matter ¹⁾					
	N ₀			N ₁		
	(%)			(N ₁ /N ₀ ×100)		
	1st crop		2nd crop	1st crop		2nd crop
	Leaf blade	Stem ²⁾		Leaf blade	Stem ²⁾	
Kunpū	70.9	67.4	66.4	101	101	103
Senpoku	71.3	68.6	64.7	101	103	104
Nosappu	70.8	65.6	66.4	102	105	101
Erecta RvP	67.9	65.2	67.6	102	104	101
Hokushū	67.4	67.0	69.7	102	102	107
Average	69.6	66.7	67.0	102	103	103

Notes : 1) Average of three soils.

N₁ and N₀; With (2g of ammonium sulfate per pot) and without N application.

2) With sheath and head.

7. DDM に及ぼすN施肥と土壌の影響

1) DDM に及ぼすN施肥の影響

第6表にN施肥によるDDMの変化を示した。

同表中N₀は実測値、N₁はN₀に対する相対値を示した。1, 2番草ともN施肥により各品種のDDMは有意に増加した。第9表に示す分散分析の結果2番草は交互作用も有意性を示し、N施肥によるDDMの増加割合は品種により異なった。

2) DDM に及ぼす土壌の影響

第7表に土壌の違いによるDDMの変化を示した。同表中S₁は実測値、S₂とS₃はS₁に対する相対

値を示した。1番草はS₂, S₃ともにクンプウはS₁より大きく、他の4品種はS₁より小さかった。2番草はS₂で1番草と逆の傾向を示した。

3) DDM の品種間変異

第8表にDDMの品種間変異を示した。同表中クンプウは実測値、他の4品種はクンプウに対する相対値を示した。1番草はセンボクが大きく、2番草はホクシュウが大きかった。1, 2番草とも品種間に有意性が認められた。

8. CP に及ぼすN施肥と土壌の影響

第10表に処理間の平均CPを示した。CPはN施

Table 7 Effects of soil on digestible dry matter of timothy cultivars

Cultivar	Digestible dry matter ¹⁾								
	S ₁			S ₂			S ₃		
	(%)			(S ₂ /S ₁ × 100)			(S ₃ /S ₁ × 100)		
	1st crop		2nd crop	1st crop		2nd crop	1st crop		2nd crop
	Leaf ²⁾	Stem ³⁾		Leaf ²⁾	Stem ³⁾		Leaf ²⁾	Stem ³⁾	
Kunpū	71.1	67.1	68.1	100	103	97	101	101	99
Senpoku	72.6	70.2	65.9	94	99	101	96	99	99
Nosappu	72.7	67.6	66.3	96	99	101	98	99	101
Erecta RvP	70.0	67.9	67.1	95	99	102	99	97	102
Hokushū	69.0	68.5	72.2	98	98	101	98	98	99
Average	71.0	68.2	67.9	97	99	100	99	99	100

Notes: 1) Average of two N application levels.

S₁, S₂ and S₃; Kunneppu, Kiyosato and Abashiri soil.

2) Leaf blade.

3) With sheath and head.

Table 8 Varietal variation of digestible dry matter

Cultivar	Digestible dry matter ¹⁾			
	1st crop			2nd crop
	Leaf blade	Stem ²⁾		
Kunpū (%)	71.4	67.9		67.2
Senpoku	101	109		98
Nosappu	100	99		99
Erecta RvP	96	98		101
Hokushū	95	99		107

Notes: 1) Average of two N application levels and three soils.

2) With sheath and head.

肥により各品種とも増加するが、N施肥と品種の交互作用は1, 2番草とも有意性を示し、N施肥によるCPの増加割合は品種により異なった。1番草で増加割合の大きい品種はセンボクで、2番草はクンプウであった。土壌間は1番草でS₂が小さい傾向を示し、2番草は有意性を示さなかった。土壌と品種の交互作用は1, 2番草とも有意性を示し、土壌の違いによる品種の反応は異なった。品種間は1, 2番草とも有意性を示した。

Table 9 Summarized results of variance analyses for per cent digestible dry matter of timothy cultivars

Source of variance	D.f.	F value ¹⁾		
		1st crop		
		Leaf blade	Stem ²⁾	2nd crop
Replication	1	170.51*	1.87 ^{ns}	8283.50*
N level, N	1	1279.82*	6688.03**	124614.00**
Error (a)	1			
Soil, S	2	37.64**	3.23 ^{ns}	0.43 ^{ns}
N × S	2	1.74 ^{ns}	1.04 ^{ns}	0.01 ^{ns}
Error (b)	4			
Cultivar, C	4	45.69**	17.39**	45.65**
N × C	4	0.38 ^{ns}	2.48 ^{ns}	5.64**
S × C	8	2.93*	2.34 ^{ns}	1.63 ^{ns}
N × S × C	8	0.64 ^{ns}	0.26 ^{ns}	0.47 ^{ns}
Error (c)	24			

Notes: 1) Values of arcsine transformation.

2) With sheath and head.

*, ** and ns; Refer to notes in Table 1.

Table 10 Effects of N application and soil on crude protein of timothy cultivars

		Crude protein ¹⁾			
		1st crop		2nd crop	
		%	Ratio	%	Ratio
N level, N	N ₀	7.5	100	10.3	100
	N ₁	10.8	144	13.9	135
Soil, S	S ₁	9.5	100	11.8	100
	S ₂	8.2	86	12.2	103
	S ₃	9.7	102	12.4	105
Cultivar, C	Kunpū	7.2	100	9.4	100
	Senpoku	9.7	135	8.3	88
	Nosappu	11.1	154	9.7	103
	Erecta RvP	10.4	144	15.8	168
	Hokushū	7.3	101	17.4	185
Significance ²⁾	N	*		*	
	S	**		ns	
	N×S	**		ns	
	C	**		**	
	N×C	**		**	
	S×C	**		**	
	N×S×C	**		ns	

Notes: 1) Dry matter basis.

2) Values of arcsine transformation.

*, ** and ns; Refer to notes in Table 1.

N₁ and N₀; With (2g of ammonium sulfate per pot) and without N application.S₁, S₂ and S₃; Kunneppu, Kiyosato and Abashiri soil.

考 察

牧草は比較的環境に対する適応性が高く、各種の環境条件によく適応し、広く栽培されている。しかしながら草種、品種により環境に対する反応は異なると考えられ^{1,12,20)}、本試験ではチモシー品種の環境適応性に関する試験の一環として、N施肥と土壌の違いがチモシーの生育と生産性に及ぼす影響を、5品種を供試して検討した。またN施肥と土壌の違いが栄養価の重要な指標であるDDMに与える影響も併せて検討した。牧草の生育に大きな影響を及ぼすN施肥と、栽培の場である土壌と品種の交互作用を検討することは品種の適応性はもちろん特性評価上あるいは新品種育成

上重要な知見になるものと考えられる³⁰⁾。土壌の違いが牧草の生育に及ぼす影響^{14,15)}や、N施肥量の違いによる生育の差異²²⁾は古くから研究されているが、本試験ではこの両要因に対する品種反応を検討した。

第1表に示す分散分析の結果から1、2番草それぞれの収量並びにその合計について土壌間差に有意性が認められるとともに1番草並びに1・2番草合計収量で土壌と品種の交互作用にも有意性が示された。第4図に示した各品種の乾物収量をみると、N施用区における訓子府土壌の収量順位は既に述べたように北見農試圃場での傾向におおよそ一致するが、清里土壌や網走土壌及びN無施用区でかなり異なる。この結果はエレクトを除く他の品種はよく肥培管理された訓子府土壌で試験され、育成されたことから、N施用区の訓子府土壌によく適応し、他の土壌では訓子府土壌の傾向と異なったものと考えられ、チモシー品種は一般に考えられる以上にかなり分化の程度が大きいものと推測された。

一方センボクとノサップの収量の関係についてみると、ノサップはセンボクと同一熟期の品種で、センボクに変えて普及させる目的で育成された品種で、言わばセンボクの改良型品種である。N施用区においては3種類の土壌ともノサップの収量はセンボクより大きく、圃場での結果と一致する。N無施用区において訓子府土壌はN施用区と同じ傾向であるが、その収量差はN施用区より小さく、清里土壌と網走土壌は逆の傾向を示し、ノサップの収量はセンボクより小さかった。この結果はノサップとセンボクの育成母材の生育環境の違いによるものと考えられる。センボクは北海道東部の釧路、根室地方の永年草地や野草地で採取された在来種を母材として育成されているが、当時の在来種は無施肥又は極く少量の施肥下で、年間1回の収穫、あるいは全期放牧等の栽培利用方法がとられ、現在から考えるとかなり劣悪な肥培管理下に成立したものと考えられる。このような材料を母材にする品種は、無施肥などの栽培条件下においても比較的安定した生育を示すものと考えられる。一方ノサップは北海道在来種と青森県在来種の各1栄養系及び西ドイツ育成2品種各1栄養系の合計4栄養系を母材としているが、在来種の割合はセンボクより少ない。このためセンボクとノ

サップの収量はN無施用区とN施用区で異なる傾向を示したものと考えられた。この2品種の草型についてみるとノサップは第2表や第3表に示すとおり植物体はセンボクより大きく茎数が少なく、茎重型に属し、センボクは反対に茎数型と考えられた。

またノサップとセンボクの関係と同じように、クンプウとセンボクの関係も同様の傾向を示した。すなわちN施用区においてクンプウは訓子府土壤でセンボクと同収量、清里土壤と網走土壤はクンプウがセンボクより大きい収量を示したが、N無施用区において全土壤ともクンプウはセンボクより小さい収量を示した。クンプウは2種類の北海道在来種と米国育成の1品種の合計3品種系統を母材とし育成された極早生品種であるが、ノサップと同様に北海道在来種に外国品種を交配したことによりN施用区でセンボクより大きい収量を示すが、N無施用区においては十分に能力を発揮できなかったものと考えられた。クンプウの草型はおおよそノサップとセンボクの中間型と考えられる。第1図に示す1・2番草合計収量においてクンプウとノサップの相対収量は他の品種より大きく、この2品種のN施肥に対する反応は他の品種と異なることが認められた。このような母材の違いからセンボクは比較的粗放な肥培管理下においても安定した生育を示す品種で、大規模草地のような比較的少施肥量、少回数利用等の草地に適すると考えられる。ノサップ、クンプウは集約的な多肥栽培条件下で能力を発揮する品種と考えられ、比較的高収量を得ようとする輪換草地等に適すると考えられる。チモシーの栽培はこのような品種の特性を考慮した上での品種の選定、利用が必要であろう。

牧草の在来種はその生育地域の環境に適応していることから、優れた育種母材となり得る¹⁹⁾。チモシーもその例外でなく、国内で育成されたほとんどすべての品種が在来種を母材としており、引き続き在来種を利用した品種育成が行なわれることは確実である。今後はこれら在来種の特性を評価し、利用するための検定方法の開発が重要な課題となろう。

また品種の草型と土壤の違いやN施肥の関係は供試品種数が少なく明らかな傾向は認められないが、茎数や一茎重は収量と密接な関係を示すこと

は既に述べたとおりであり、今後更に検討の必要があろう。

土壤間の収量差は、N無施用区では各品種とも訓子府土壤が最も大きく、清里土壤が小さかった。N施用区ではN無施用区に比較し各品種は土壤により異なった反応を示す。一般に牧草は他の畑作物や水稻に比較し、広い地域区分によって地域適応性を検定しているが、十分な施肥管理下の栽培においても上記のように土壤間で品種の反応が異なることから、適応性検定のための地域区分をもう少し細分化する必要があるように考えられた。

DDMや飼料成分に及ぼす土壤^{24,30)}やN施肥^{3,4)}の影響は古くから研究されている。既に述べたように本試験においても葉身(1番草)のDDMは土壤間で有意性を示すとともに、品種との交互作用も有産性が認められ、特にクンプウの反応は他の品種と異なり、第7表に示すように、クンプウを除く4品種は訓子府土壤のDDMは清里土壤や網走土壤より大きい、クンプウは逆に小さい傾向を示した。このように土壤の違いによる品種のDDMが異なる傾向を示す理由は、本試験の範囲内では不明で今後の検討が必要であろう。

DDMに及ぼすN施肥の影響は1、2番草で認められ、2番草では品種との交互作用も有意性を示した。本試験の結果では、各品種ともN施肥によりDDMは大きくなったが、DDMの増加をもたらす大きな要因はN施肥により茎葉中のNが増加する^{18,29)}とともに蛋白質の組成が変化し^{5,37)}、特に消化率の高い可溶性蛋白質が増加する^{21,29)}ためと考えられる。また他の種々な草種についても同様の傾向がみられる¹⁹⁾とともに適当量のN施肥により可溶性炭水化合物が増加し、細胞壁成分が減少する³⁸⁾こともDDMが大きくなる理由であろう。しかしながらN施用量の違いにより牧草のDDMに有意な変化が認められないとする報告²⁷⁾や、N施肥によりDDMや可溶性炭水化合物が減少するとする報告^{17,31)}もあり、本試験においてもDDMやCPは品種間で有意差を示すことから、草種、品種、土壤及び収穫の時期によってN施肥のDDM、CPに対する影響は異なることが考えられる。また牧草の生育の差異がDDMやCPに大なる影響を及ぼすことは明らかで⁴¹⁾、N施肥による供試牧草の生育の違いも十分考慮する必要がある。

N施肥によりN吸収量が増加し^{11,39)}、同時に牧

草中の光合成に関与する蛋白質も増加し^{2,25)}、光合成が盛んになり、生育が良好になるものと考えられる³²⁾が、第10表に示すようにその反応は品種により異なると考えられ、更に検討が必要であろう。

今後は各品種の最適N施肥量の違いと、生育の差異、DDMや牧草中成分の関連についての検討が必要と考えられる。

謝 辞 本稿は道立北見農業試験場手塚浩場長の御校閲をいただいた。また同平井義孝土壤肥料科長、同下野勝昭研究職員には多くの御指導とともに形質の明らかな供試土壌を恵与していただいた。深大なる謝意を表する。

引用文献

- 1) Baker, B.S. ; Jung, G.A. "Effect of environmental conditions on the growth of four perennial grasses". *Agron. J.* **60**, 158-162 (1968).
- 2) Blenkinsop, P.G. ; Dale, J.E. "The effects of nitrate supply and grain reserves on Fraction I protein level in the first leaf of Barley". *J. Exp. Bot.* **25**, 913-926 (1974).
- 3) Eck, H.V. ; Wilson, G.C. ; Martinez, T. "Tall fescue and smooth brome grass. II. Effects of nitrogen fertilization and irrigation regimes on quality". *Agron. J.* **73**, 453-456 (1981).
- 4) Fribourg, H.A. ; Edwards, Jr. ; N.C., Barth, K.M. "In vitro dry-matter digestibility of 'Midland' bermudagrass grown at several levels of N fertilization". *Agron. J.* **63**, 736-788 (1973).
- 5) 福永和男, "窒素施肥がライグラス類、チモシーおよびオーチャードグラスの収量、蛋白質、アミノ酸およびカロチン含量に及ぼす影響", 帯広畜大 学術研報, **5**, 208-224 (1967).
- 6) 古谷政道, 植田精一, 樋口誠一郎, 筒井佐喜雄, "牧草の乾物消化率推定のための迅速セルラーゼ法の応用", 北海道立農試集報, **47**, 23-30 (1982).
- 7) 古谷政道, 増谷哲雄, 樋口誠一郎, 筒井佐喜雄, "生育温度の違いがチモシー品種の生育と乾物消化率に及ぼす影響", 北海道立農試集報, **49**, 1-11 (1983).
- 8) 古谷政道, 増谷哲雄, 樋口誠一郎, 筒井佐喜雄, "チモシー品種の生育と乾物消化率に及ぼす日長時間の影響", 北海道草研会報, **17**, 83-86 (1983).
- 9) 古谷政道, 増谷哲雄, 樋口誠一郎, 筒井佐喜雄, "チモシー品種の生育と乾物消化率に及ぼす土壌水分の影響", 北海道立農試集報, **50**, 13-24 (1983).
- 10) 古谷政道, 増谷哲雄, 樋口誠一郎, 筒井佐喜雄, "チモシー品種の生育と乾物消化率に及ぼす遮光の影響", 北海道立農試集報, **51**, 1-14 (1984).
- 11) George, J. R. ; Rhykerd, C. L. ; Noller, C. H. ; Dillon, J.E. "Effeco of N fertilization on dry matter yield, total-N, Nrecovery, and nitrate-N concentration of three cool-season forage grass species". *Agron. J.* **65**, 211-216 (1973).
- 12) Hunt, I.V., Frame, J., Harkess, R.D. "The effect of date of primary growth harvest and levels of nitrogen and potassium fertilizers on the dry matter production of timothy (*Phleum pratense*)". *Grass and Forage Sci.* **34**, 131-137 (1979).
- 13) 川端習太郎, "牧草育種における生態型の利用", 育種学最近の進歩, **13**, 93-97 (1973).
- 14) Kemper, D.W. ; Sorensen, R.C. "Comparative effects of nitrogen and sulfur fertilization and liming on three crops grown on four soils". *Agron. J.* **66**, 92-97 (1974).
- 15) Lamba, P.S. ; Ahlgren, H.A. ; Muckenhikn, R. J. "Root growth of alfalfa, medium red clover, brome grass, and timothy under various soil conditions". *Agmon. J.* **41**, 451-458 (1949).
- 16) Lawrence, T. ; Knipfel, J.E. "Yield and digestibility of crested wheatgrass and russian and altai wild ryegrasses an influenced by N fertilization". *Can. J. Plant Sci.* **61**, 609-618 (1981).
- 17) Lee, C.T. ; Smith, D. "Influence of soil nitrogen and potassium levels on the growth and composition of lucerne grown to first flower in four temperature regimes". *J. Sci. Fd Agric.* **23**, 1169-1181 (1972).
- 18) MacLeod, L.B. ; MacLeod, J.A. "Effects of N and K fertilization on the protein, nitrate and nonprotein reduced N fractions of timothy and brome grass". *Can. J. Plant Sci.* **54**, 331-341 (1974).
- 19) 増谷哲雄, 古谷政道, 樋口誠一郎, 筒井佐喜雄, 植田精一, "チモシー新品種「クンプウ」の育成について", 北海道立農試集報, **45**, 101-113 (1981).
- 20) 松林実, 高橋均, "牧草の水分経済", 東北農試報, **18**, 1-25 (1960).
- 21) 三秋尚, "飼料作物の化学的成分と飼料価値に関する研究 (第18報) 草類の窒素溶性区分とその消化性に及ぼす窒素肥料の施用水準の影響について", 岡大農学報, **43**, 53-57 (1974).
- 22) Moon, F.E. "The composition and nutritive value of hay grown in the east of Soctland the

- influence of late applications of nitrogenous fertilizers". J. Agric.Sci. **44**, 140-151 (1951).
- 23) Niehaus, M.H. "Effect of N fertilizer on yield, crude protein content, and in vitro dry-matter disappearance in *Phalaris arundinacea* L.". Agron. J. **63**, 793-794 (1971).
- 24) Odom, J.W.; Haaland, R.L.; Hoveland, C.S.; Anthony, W.B. "Forage quality response of tall fescue, orchardgrass, and phalaris to soil fertility level". Agron.J. **72**, 401-402 (1980).
- 25) 尾形昭逸, 河野憲治, 安藤忠男, "ソルガムの葉蛋白質含量と光合成能に及ぼす培地窒素濃度の影響". 土肥誌, **55**, 9-14 (1984).
- 26) 大原久友, "草地学概論". 明文書房, 1965, p.40-43.
- 27) Saibro, J.C.; Hoveland, C.S.; Williams, J.C. "Forage yield and quality of phalaris as affected by N fertilization and defoliation regimes". Agron. J. **70**, 497-500 (1978).
- 28) Smith, A.D.; Lutwick, L.E. "Effects of N fertilizer on total-N and $\text{NO}_3\text{-N}$ content of six grass species". Can.J.Plant. Sci. **55**, 573-577 (1975).
- 29) 鈴木嘉兵衛, 井上司朗, "茎葉類の飼料価値に及ぼす栽培条件の影響 第II報チモシーの純蛋白質その他の成分に及ぼす硫酸追肥並に塩化加里併用の影響". 関東東山農試報, **12**, 26-66 (1959).
- 30) 鈴木 茂, "環境要因に基づく適応性の評価について". 育種学最近の進歩, **16**, 22-31 (1975).
- 31) Suzuki, M. "Behavior of long-chain fructosan in the basal top of timothy as influenced by N, P, and K, and defoliation". Crop Sci. **11**, 632-635 (1971).
- 32) 田中 明, 原 徹夫, "単葉光合成能の栄養生理学的研究, 第1報 トウモロコシにおける単葉光合成能と窒素栄養との関係". 土肥誌, **41**, 502-508 (1970).
- 33) Taylor, R.W.; Allinson, D.W. "Response of three warm-season grasses to varying fertility levels on five soils". Can. J. Plant Sci. **62**, 657-665 (1982).
- 34) 植田精一, 真木芳助, 田辺安一, 嶋田徹, 中山貞雄, 筒井佐喜雄, "チモシー新優良品種「センボク」について". 北農, **38**(2), 1-7 (1971).
- 35) 植田精一, 増谷哲雄, 樋口誠一郎, 古谷政道, 筒井佐喜雄, "チモシー新品種「ノサップ」の育成について". 北海道立農試集報, **38**, 34-46 (1977).
- 36) 植田精一, 増谷哲雄, 古谷政道, 樋口誠一郎, 筒井佐喜雄, "チモシー新品種「ホクシュウ」の育成について". 北海道立農試集報, **38**, 47-61 (1977).
- 37) Walgenback, R.P.; Marten, G.C. "Release of soluble protein and nitrogen in alfalfa. II. Influence of potassium and nitrogen fertilizer on three cultivars". Crop Sci. **21**, 852-855 (1981).
- 38) Wilson, J.R. "The influence of aerial environment, nitrogen supply, and ontogenetical changes on chemical composition and digestibility of *Panicum maximum* Jacq. var. *Tri-choglume* eyles". Aust. J. Agric. Res. **24**, 543-556 (1973).
- 39) Winston, M.L.; Martin, P. F.; Smith, G.R. "Lime and nitrogen influence on timothy yield and composition". Agron.J. **68**, 881-885 (1976).
- 40) Woelfel, C.G.; Poulton, B.R. "The nutritive value of timothy hay as affected by nitrogen fertilization". J. Animal Sci. **19**, 695-699 (1960).
- 41) 吉田則人, "酪農飼料". 明文書房, 1970, p.60-67.
- 42) 北海道立北見農業試験場土壌肥料科, "秋播小麦に対する効率的な窒素施肥法試験". 1982, p.35 (北海道農業試験会議資料).
- 43) OECD. "Phleum pratense L., List of cultivars eligible for certification, OECD." 1982,p.14.

Effects of Nitrogen Application and Soil on the Growth and Digestible Dry Matter Content of Timothy (*Phleum pratense* L.) Cultivars

Masamichi FURUYA*, Tetsuo MASUTANI*, and Sakio TSUTSUI*

Summary

As part of a study on the adaptability of timothy cultivars to environmental conditions, the effects of nitrogen(N) application and soil on growth and digestible dry matter were examined using the following cultivars: Kunpū (extremely early maturing), Senpoku (early maturing), Nosappu (early maturing), Erecta R.v.P. (medium maturing), and Hokushū (late maturing).

Four clones of each cultivar were transplanted in a Wagner pot (1/5,000 a) that had been filled previously with Kunneppu soil (Gleyic ordinary andosols; S_1), Kiyosato soil (Brown andosols; S_2), and Abashiri soil (Brown andosols; S_3) and cultivated outdoors. At transplanting, each pot received 2g of superphosphate of lime, 0.4g of potassium sulfate, and 0(N_0) or 1g (N_1) of ammonium sulfate; after the first cut, a further quantity of each fertilizer was added to each pot at the same rate. Two replications of each cultivar were then arranged in a split-split plot experiment design: the main plot was for studying N application levels, the split plot for soils, and the split-split plot for cultivars.

In all timothy cultivars studied, the dry yield of herbage and leaf blade of 1st, 2nd and 1st plus 2nd crops were increased by N application. However, the interaction between N application and dry yield of cultivars was highly significant, the relative dry yield ($N_1/N_0 \times 100$) of the 1st plus 2nd crop in the N_1 regime being greatest for Kunpū. The dry yield of the 1st plus 2nd crop was greatest in the S_1 regime, medium in the S_3 regime, and smallest in the S_2 regime, but the interaction between soil and dry yield of cultivars was significant. In the S_1 regime, the dry yield of the 1st plus 2nd crop was greatest for Nosappu and Hokushū, while that in the S_2 regime was greatest for Nosappu, and in the S_3 regime, Hokushū predominated.

The percent digestible dry matter (DDM) of timothy plants was increased by N application, and the interaction between N application and the DDM of cultivars of the 2nd crop showed significance, the relative DDM ($N_1/N_0 \times 100$) of the 2nd crop in the N_1 regime being highest for Hokushū. The relative DDM (S_2 or $S_3/S_1 \times 100$) for the 1st crop of Kunpū was highest in the S_2 regime, but those of other cultivars were highest for S_1 . The interaction between soil and cultivars on the leaf blade DDM of the 1st crop was significant.

The crude protein (CP) content of timothy plants was increased by N application, that of the 1st crop in the N_0 regime being only about 8% of dry matter, while that in the N_1 regime was 14% or more. The interaction between N application and cultivars in the 1st and 2nd crop CP was significant, as was the interaction between soil and cultivars in the 1st and 2nd crop CP. It is assumed that improvement of the DDM of timothy plants by N application was due to an increase in more soluble N.

*Hokkaido Prefectural Kitami Agricultural Experiment Station, Kunneppu, Hokkaido, 099-14, Japan.