

チモシー品種の生育と乾物消化率に及ぼす

土壤水分の影響

古谷 政道* 増谷 哲雄*
樋口誠一郎* 筒井佐喜雄*

チモシー品種クンプウ(極早生), センボク(早生), ノサップ(早生), エレクタ(中生), ホクシュウ(晩生)の4栄養系を, あらかじめ訓子府湿性黒色水山性土を詰めた1/5,000aのワグナーポットに移植し, ガラス室で65日間栽培した。土壤水分は最大容水量の82%, 63%, 39%の3処理とした。地上部及び地下部乾物重は全品種とも82%区が最も大きく, 39%区が最も小さかった。82%区に対する相対全乾物重は, 63%区でホクシュウが最も大きく, 39%区でクンプウが最も大きく, エレクタが最も小さかった。品種と土壤水分の交互作用は有意性を示し, クンプウの耐乾性がやや強いと推定された。乾物消化率に及ぼす土壤水分の影響は明らかで, 交互作用は有意性を示し, 品種により処理間の傾向が異なったが, 63%区の乾物消化率が低い傾向が認められた。

緒 言

チモシーは古くから北海道牧草の重要な基幹草種であり, 府県においても東北地方を主に積雪寒冷地に広く栽培されている²¹⁾。諸外国では高緯度の欧州及び北米が主な栽培地である。現在 OECD の品種リストに98品種が登録されており, そのうち4品種は我が国での育成品種である⁴⁰⁾。チモシーは冷涼な気象に適し, 栽培しやすく, 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く, 湿潤な土壤でも良く生育するが, 反面高温と土壤の乾燥に弱い欠点を持っている¹¹⁾。

一般に土壤水分と生育反応の関係は各作物の最適水分条件について報告されているが^{2,28,38)}, より詳しく品種間の差異まで明かにしている例は少ない^{17,35)}。また土壤水分と乾物消化率の関係を品種間差から論じた報告は極めて少ない。このため本試験では近年我が国で育成された品種を主体に, チモシー品種の環境適応性に関する試験の一環として, チモシー品種の土壤水分に対する生育反応と, 土壤水分が乾物消化率に及ぼす影響を検討し,

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¹⁸⁾, センボク³¹⁾, ノサップ³²⁾, ホクシュウ³³⁾とベルギー育成の Erecta RVP (以後エレクタと略記する)の5品種で, 4年間の個体調査試験結果に基づき各品種から平均的な4個体を選抜し, 株分けしてそれぞれを1/5,000aのワグネルポットに移植した。ポットには訓子府湿性黒色火山性土を詰め, ポット当り硫安1g, 過石2g, 硫加0.4gを土壤に混和して施用し, 1番草収穫後に硫安0.5g, 硫加0.2gを追肥した。土壤水分は計算上, 最大容水量の80%, 60%, 40%になるように試験期間中の毎日2回重量法により蒸留水で給水した。なを試験終了時の土壤水分実測値は最大容水量の80%区で平均82% (82~83%), 60%区で63% (62~63%), 40%区で39% (38~40%)であった (以後それぞれ高水区, 中水区, 低水区と略記する)。これらのポットは日長時間を16時間(3時30分から19時30分), 最高, 最低温度を22°C, 15°Cに設定したガラス室に入れ栽培した。試験期間は65日間で, 高水区における各品種の出穂日と試験

1983年5月27日受理

*北海道立北見農業試験場, 099-14 常呂郡訓子府町

開始後65日の2回収穫を行なった。試験期間中5日ごとに草丈、莖数、出葉数を立毛のままで調査した。収穫時に地上部を葉身と茎部（茎、葉鞘及び穂を含む）に分別し、70°Cで乾燥し秤量した。最終収穫時には地下部（鱗茎及び根）も収穫し調査した。地上部は迅速セルラーゼ法¹²⁾により乾物消化率（以後DDMと略記する）の分析を行なった。試験は主区に土壤水分、細区に品種を配する2反復の分割区試験法により実施した。

試験結果

1. 乾物重に及ぼす土壤水分の影響

中・低水区の1・2番草の葉身、茎部、全地上

部乾物重を高水区に対する相対重でFig.1に示した。1番草の相対葉身重は、中水区で品種間の差は小さかった。低水区は中水区と傾向が異なり、クンプウが最も大きく、品種間差は中水区よりやや大きかった。同じく相対茎部重は中水区でホクシュウ、クンプウが大きく、エレクタが小さかった。低水区はエレクタが極めて小さい。この結果、1番草の相対全地上部重は中水区でホクシュウ、クンプウが大きく、エレクタが小さい。低水区は中水区と傾向が異なり、クンプウが最も大きく、エレクタが最も小さかった。

2番草の乾物重は品種の再生性により傾向が異なると考えられるが、中水区の相対葉身重は1番

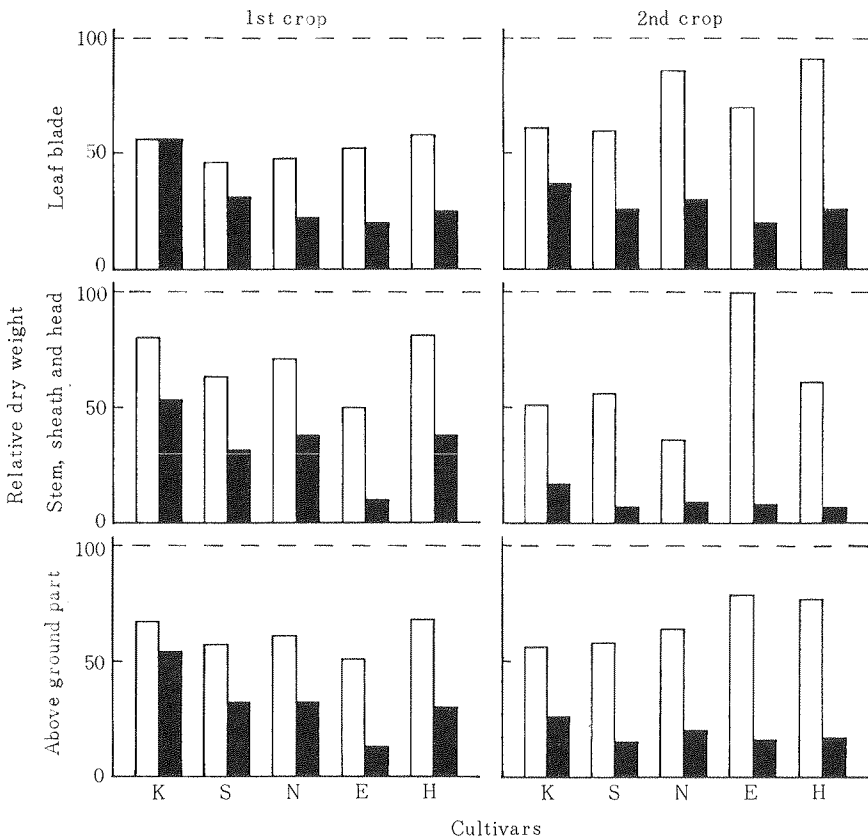


Fig. 1 Relative dry weights (Dry weight of 82% soil moisture treatment =100) of 1st and 2nd crop of timothy cultivars grown under various soil moistures.

- Notes : 1) Open or closed bar show the relative dry weight of 63% or 39% soil moisture treatment.
 2) K; Kumpū, S; Senpoku, N; Nosappu, E; Erecta RVP, H; Hokushū.

草より大きく、品種間差異は1番草の傾向と類似しない。低水区はクンプウが最も大きく、エレクトタが最も小さく、品種間差は中水区より小さかった。同じく2番草中水区の相対茎部重はエレクトタが最も大きく、ノサップが小さかった。低水区は1番草よりかなり小さく、品種間差も小さかった。相対全地上部重は中水区でエレクトタ、ホクシュウが大きく、クンプウが小さく、1番草と異なる結果を示した。低水区は品種間差は小さかった。

中・低水区の1・2番草合計地上部重、地下部重、全植物体重を高水区に対する相対重で Fig. 2 に示した。各相対重は中・低水区ともに高水区より明らかに小さく、特に低水区で顕著であった。相対全植物体重は中水区で出穂期の遅い品種ほど大きい傾向を示したが、低水区では傾向が異なり極早生のクンプウが最も大きく、他の4品種の差は小さかった。Table 1 に示した分散分析の結果でも、土壤水分処理間だけでなく、品種との交互作用も有意性を示し、土壤水分に対する品種の反応は明らかに異なることが認められた。

2. 乾物重の構成割合に及ぼす土壤水分の影響

Table 2 に乾物重の構成割合を示した。各品種とも土壤水分の低下に伴い地下部の割合は増加した。低水区における地下部の割合が最も大きい品種はエレクトタで、最も小さい品種はノサップであった。地上部においては1番草は葉身、茎部ともに土壤水分との関係では各品種に一定の傾向は認められなかった。2番草は土壤水分の低下によって茎部の割合が減少する傾向がみられ、特に低水区の割合は小さかった。

3. 比葉面積、葉面積に及ぼす土壤水分の影響

比葉面積（以後 SLA と略記する）、葉面積（以後 LA と略記する）を Table 3 に示した。1番草の SLA は土壤水分処理間、品種間に有意性を示さなかったが、LA は有意性を示し、土壤水分の低下により明らかに減少した。2番草は、SAL, LA ともに土壤水分処理間、品種間に有意性が認められ、土壤の乾燥により両形質とも明らかに減少した。

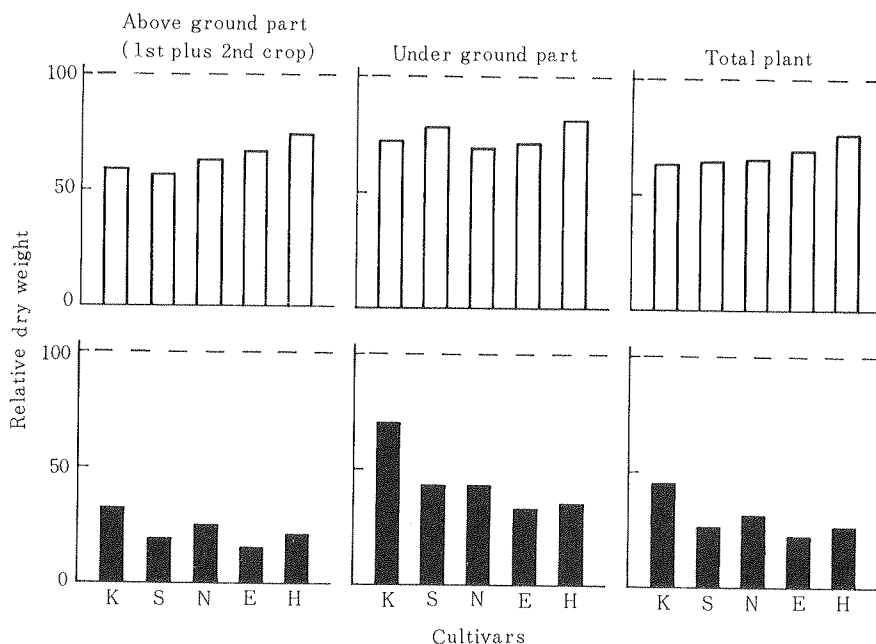


Fig. 2 Relative dry weights (Dry weight of 82% soil moisture = 100) of above ground part, under ground part and total plant of timothy cultivars grown under various soil moistures.
Note: Refer to notes in Fig. 1.

Table 1 Summarized results of variance analyses for dry weights of timothy cultivars grown under various soil moistures

Source of variance	D.f.	F value						Total plant
		1st crop		2nd crop		1st plus 2nd crop		
		Leaf blabe	Above ground part	Leaf blade	Above ground part	Above ground part	Under ground part	
Replication	1	0.01 ^{ns}	1.29 ^{ns}	2.37 ^{ns}	1.11 ^{ns}	1.78 ^{ns}	0.80 ^{ns}	1.48 ^{ns}
Soil moisture,W	2	58.89*	97.31*	109.24**	83.54*	84.79*	71.32*	82.02*
Error(a)	2							
Cultivar,C	4	34.01**	11.64**	7.51**	3.51*	4.75*	11.76**	7.86**
W×C	8	9.03**	3.19*	2.15 ^{ns}	2.90*	2.98*	3.14*	2.88*
Error(b)	12							

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

Table 2 Construction ratio of dry weight of timothy cultivars grown under various soil moistures

Cultivar	Soil ¹⁾ moisture	Construction ratio(%)									
		Under ground part	Above ground part						Total	Leaf blade	Stem ²⁾
			1st plus 2nd crop	1st crop		2nd crop					
Kunpū	H	34.2	65.8	15.2	5.7	9.5	50.6	24.1	26.6		
	M	38.6	61.4	16.8	5.0	11.9	44.6	22.8	21.8		
	L	52.8	47.2	18.1	6.7	11.1	29.2	19.4	9.7		
Senpoku	H	31.0	69.0	18.4	8.2	10.1	50.6	22.2	28.5		
	M	38.0	62.0	16.0	6.0	10.0	46.0	21.0	25.0		
	L	50.0	50.0	21.4	9.5	11.9	28.6	21.4	7.1		
Nosappu	H	33.9	66.1	29.7	12.0	17.7	36.5	10.3	17.2		
	M	36.3	63.7	28.2	8.9	19.4	35.5	25.8	9.7		
	L	46.7	53.3	30.0	8.3	21.4	23.3	18.3	5.0		
Erecta RVP	H	33.9	60.1	23.6	10.7	12.9	36.5	25.8	10.7		
	M	36.3	59.0	17.4	8.1	9.3	41.6	26.1	15.5		
	L	46.7	41.5	15.1	9.4	5.7	26.4	22.6	3.8		
Hokushū	H	39.0	61.0	18.8	11.3	7.5	42.3	21.6	20.7		
	M	41.1	58.9	16.6	8.6	8.0	42.3	25.8	16.6		
	L	51.8	48.2	21.4	10.7	10.7	26.8	21.4	5.4		

Notes : 1) H, M and L; 82%, 63% and 39% of maximum soil water-holding capacity, respectively.
2) With leaf sheath and head.

4. 植物体水分に及ぼす土壌水分の影響

1・2番草の植物体水分を Table 4 に示した。1番草, 2番草ともに土壌水分の減少によって植物体水分も減少した。高水区の1番草水分は出穂期の遅い品種ほど多く, 2番草の水分はエレクトア, ノサップが多かった。低水区の水分は1番草, 2

番草ともにセンポクが他の品種に比較し極めて少なかった。チモシーの植物体水分は土壌水分によって大きく影響された。

5. 草丈, 莖数, 出葉数に及ぼす土壌水分の影響

試験期間中の草丈の増加を Fig. 3 に示した。処理開始直後を除き全品種とも高水区が最も高く,

Table 3 Specific leaf area(SLA), and leaf area(LA)of timothy cultivars grown under various soil moistures

Cultivar	1st crop ¹⁾						2nd crop ¹⁾					
	SLA (cm ² /g)			LA (cm ² /pot)			SLA (cm ² /g)			LA (cm ² /pot)		
	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L
Kunpū	280	104	96	255	51	43	340	92	84	1295	55	30
Senpoku	321	93	53	401	43	17	384	90	67	1340	54	16
Nosappu	284	90	101	640	42	20	384	92	84	1401	81	25
Erecta RVP	313	94	85	767	40	15	393	92	85	2348	64	17
HoKushū	330	93	81	777	54	20	412	87	69	1887	80	19
Average	305	95	82	568	47	20	383	91	77	1654	67	21
Signifi- cance ²⁾	W	ns		**			*			**		
	C	ns		**			**			**		
	W×C	ns		ns			ns			ns		

Notes : 1) H, M and L; 82%, 63% and 39% of maximum soil waterholding capacity, respectively. M and L represent relative value of (M/H)×100 and (L/H)×100, respectively.

2) Refer to notes in Table 1.

Table 4 Moisture in plant tissue of timothy cultivars grown under various soil moistures

Cultivar	Moisture(%) in plant tissue ¹⁾											
	1st crop									2nd crop		
	Above ground part			Leaf blade			Stem, sheath and head			Above ground part		
	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L
Kunpū	75.9	95	93	76.4	97	96	75.6	95	92	76.3	98	97
Senpoku	77.5	95	84	78.6	97	78	76.5	94	92	79.7	99	90
Nosappu	76.1	95	94	77.0	95	94	75.4	95	93	81.9	100	97
Erecta RVP	79.4	97	90	79.7	97	92	79.3	97	88	82.0	99	94
Hokushū	80.7	97	93	80.3	98	91	81.3	95	93	80.3	100	91
Average		96	91	78.4	97	90	77.6	95	92	80.1	99	94
Signifi- cance ²⁾	W	*		*			*			*		
	C	*		*			ns			**		
	W×C	ns		ns			ns			ns		

Notes : 1) H, M and L; 82%, 63%, and 39% of maximum soil water-holding capacity, respectively. M and L represent relative value of (M/H)×100 and (L/H)×100, respectively.

2) Refer to notes in Table 1.

低水区が最も低く推移した。1番草の土壤水分処理間の差は、一般的に2番草の差に比較すると小さい。1番草では高水区と中水区の差は各品種とも小さいが、高水区と低水区の比較では、その差はエレクトが最も大きく、クンプウが小さかった。2番草では高水区と中水区の差の小さい品種はエレクトとホクシュウであり、高水区と低水区の差の小さい品種はクンプウで、大きい品種はセンボクであった。

茎数の増加を Fig. 4 に示した。草丈と同様に処理開始直後を除き全品種とも高水区が最も多く、低水区が少なく推移した。土壤水分処理間の差は2番草より1番草が小さいが、その傾向は品種により異なっている。1番草においては高水区と低水区の差の小さい品種はクンプウで、大きい品種はエレクトであった。2番草では高水区と中水区の差の小さい品種はホクシュウで、大きい品種はノサップであった。同2番草で高水区と低水区の差の小さい品種はクンプウで、ホクシュウ、センボクの差は大きい。

出葉数の増加を Fig. 5 に示した。草丈、茎数と同様に処理開始直後を除き全品種とも高水区が最も多く、低水区が最も少なかった。土壤水分処理間の差は草丈、茎数と同様に2番草が1番草より大きかったが、その傾向は品種により異なった。1番草では高水区と低水区の差の小さい品種はクンプウで、大きい品種はエレクトであった。2番草では高水区と中水区の差の小さい品種はホクシュウ、エレクトであり、高水区と低水区の差の小さい品種はクンプウ、ノサップ、大きい品種はエレクト、ホクシュウであった。

これら3形質は極めて良く似た傾向を示すとともに、Fig. 1 に示した相対全地上部重との関連も認められる。1番草の低水区において、最も乾燥に弱いと考えられるエレクトはこれらの形質で高水区と低水区の差が大きく、一方最も対高水区相対重が大きく耐乾性が強いと考えられるクンプウではその差が小さい。2番草においては、中水区で相対重の大きいエレクト、ホクシュウはこれらの形質の高・中水区間の差は小さく、低水区で相対重の大きいクンプウは高・低水区の差が小さかった。しかしながらこの関係はSLA及びLAには認められなかった。

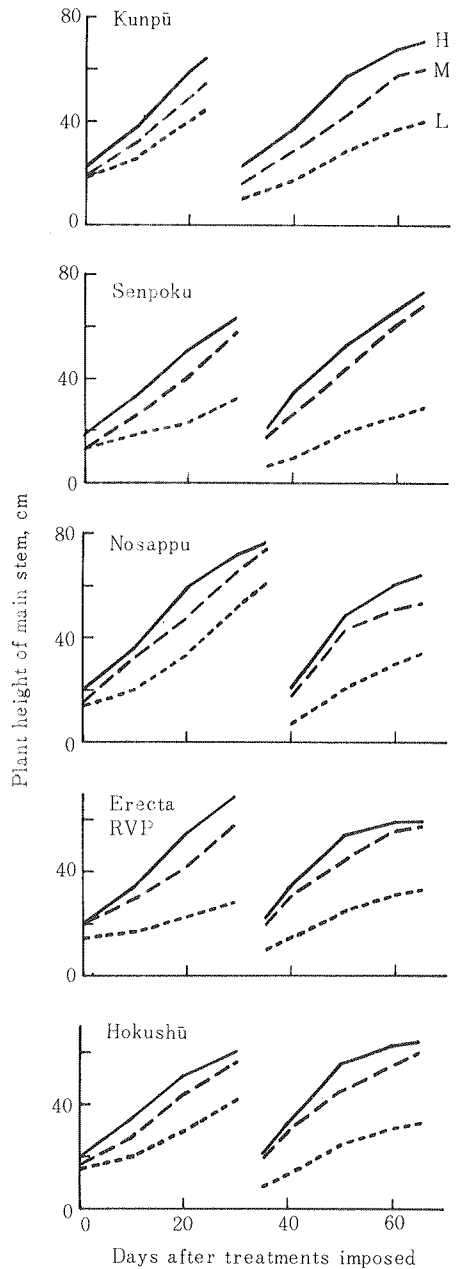


Fig. 3 Increment of plant height of timothy cultivars grown under various soil moistures. Note: H, M and L; 82%, 63% and 39% of maximum soil water-holding capacity respectively.

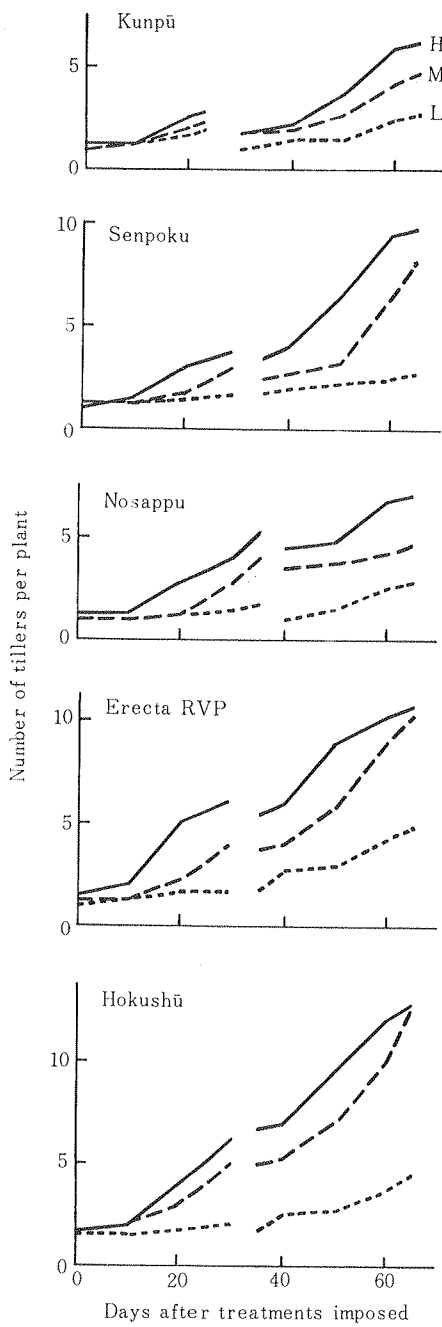


Fig. 4 Increment of number of tillers of timothy cultivars grown under various soil moistures.
 Note : Refer to notes in Fig. 3.

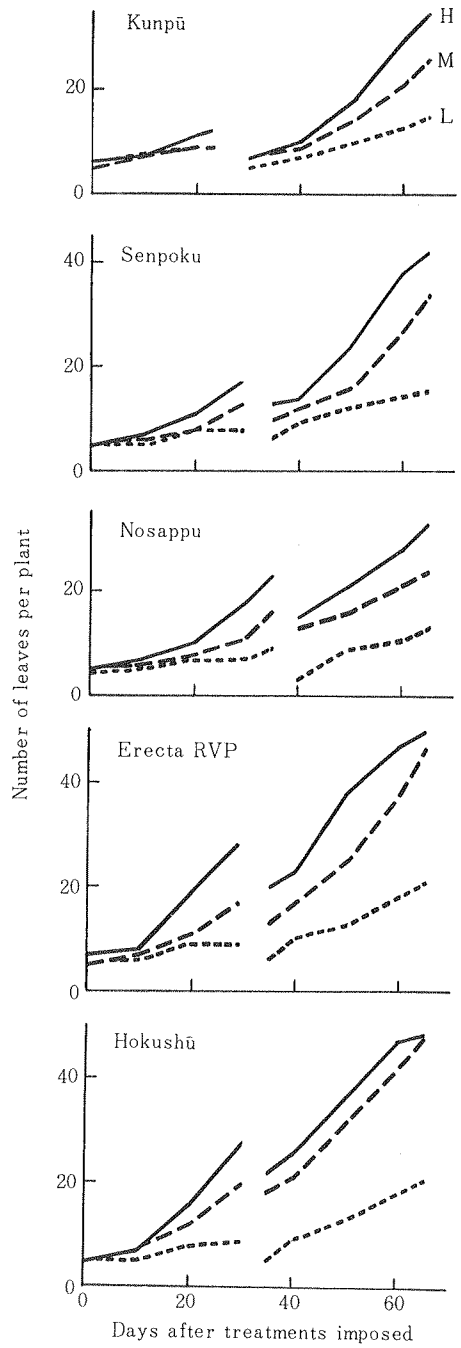


Fig. 5 Increment of number of leaves of timothy cultivars grown under various soil moistures.
 Note : Refer to notes in Fig. 3.

Table 5 Effect of soil moisture on digestible dry matter of timothy cultivars

Crop	Plant part	Cultivar	Digestible dry matter (%) ¹⁾			Ratio ²⁾		Significance ³⁾		
			H	M	L	M	L	W	C	W×C
1st crop	Leaf blade	Kunpū	72.5	72.3	75.6	100	104			
		Senpoku	70.7	70.5	73.9	100	105			
		Nosappu	71.4	70.1	71.0	98	99			
		Erecta RVP	71.1	69.6	74.7	98	105	ns	**	*
		Hokushū	71.8	70.3	71.1	98	99			
		Average	71.5	70.5	73.2	99	102			
	Stem, sheath and head	Kunpū	64.8	64.3	67.6	99	104			
		Senpoku	65.5	64.4	71.6	98	109			
		Nosappu	65.7	64.6	65.1	98	99			
		Erecta RVP	64.5	62.7	74.7	97	116	*	**	**
	Hokushū	68.4	66.8	69.2	98	101				
	Average	65.8	64.5	69.6	98	106				
2nd crop total	Herbage	Kunpū	69.0	68.3	67.3	99	98			
		Senpoku	67.2	65.9	67.7	98	101			
		Nosappu	69.2	68.8	69.2	99	100			
		Erecta RVP	70.5	66.6	68.0	94	96	*	**	*
		Hokushū	69.6	68.5	70.6	98	101			
	Average	69.1	67.6	68.5	98	99				

Notes: 1) H, M and L; 82%, 63% and 39% of maximum soil water-holding capacity, respectively.

2) $(M/H) \times 100$ or $(L/H) \times 100$.

3) Refer to notes in Table 1.

6. DDM に及ぼす土壌水分の影響

1 番草と 2 番草の DDM を Table 5 に示した。高水区と中水区の比較では、1 番草、2 番草ともに明らかに中水区の DDM が小さく、高水区と低水区の比較では品種により傾向が異なった。中水区と低水区の比較では低水区が大きい傾向を示した。葉身を除き土壌水分処理間に有意性が認められるとともに、土壌水分と品種間の交互作用は有意性を示し、土壌水分に対する DDM の反応は品種により明らかに異なった。

考 察

牧草の乾物生産に影響を及ぼす気象要因は日射量、気温並びに土壌水分である³⁹⁾。本試験はチモシー品種の環境適応性に関する研究の一環として、土壌水分がチモシーの生育と生産性に及ぼす影響を品種と土壌水分の交互作用によって検討した。また土壌水分が栄養価の指標としての DDM

に与える影響も併せて検討した。現境要因の重要な要素の一つである土壌水分と品種の交互作用を検討することは、品種の適応性あるいは特性を判断するために必要であり、今後の育種にも役立つものである^{7,27)}。このため本試験では土壌水分を最大含水量の82%、63%及び39%とし、処理間に約20%の差を設けた。

牧草の生育は畑作物以上に土壌水分に対する要求が大きいといわれるか³⁹⁾、本試験の結果でも Fig. 2 に示す相対乾物重や、草丈、茎数、出葉数の増加からみれば、多湿状態と考えられる高水区の生育が最も良好であり、特に土壌水分過多の障害は表面的には認められなかった。このほか多湿による影響とみられるのは他の2処理より地下部乾物重構成割合が小さいことであり、これについては同様な報告例¹⁴⁾がある。他の草種においても多湿条件下で生育良好な結果が認められている場合もあるか^{6,22)}、一般的には草種、品種により耐湿性

の程度が異なると考えられる²⁸⁾。本報の場合試験期間は65日間と比較的短期間であるがこの試験の範囲では、チモシーの好適土壤水分域はかなり高いと推定される。しかし過湿状態での栽培により根圏病原微生物の増加、根の腐敗や表層への密集、脱窒による窒素欠乏等が明らかにされており^{14,24)}、チモシーの耐湿性については更に長期間の検討が必要であろう。

一方中水区の相対全植物体重は Fig. 2 に示すとおり60~80%の範囲内で品種により変動し、極早生のクンプウが最も小さく、晩生のホクシユウが大きく、早生・中生品種はこの中間に位する。したがって土壤水分に対する品種の反応と出穂期の関係が考えられるが、より乾燥程度の強い低水区においてはこの関連は認められない。更に供試品種には極早生から晩生の品種が揃っているものの供試品種数も限定されており、土壤水分に対する品種の反応と出穂期との関係については今後の検討が必要と考えられる。

チモシーは耐乾性が弱く、低水区での生育にはかなり強い乾燥ストレスが加わり、Fig. 2 に示す相対全植物体重は最も大きいクンプウが45%、最も小さいエレクトは22%で、5品種の平均は29%であった。土壤水分の減少により作物の葉身水分の減少が起り、光合成と転流は急激に低下するといわれている^{4,5,26)}。本試験においても Table 4 に示すとおり葉身水分の減少は明らかであり、この結果として各品種とも光合成速度が低下し、これが乾物重の減少の原因になったと考えられる。更に光合成の低下の始まる土壤水分の限界は作物の種類により異なることが認められており²⁰⁾、既に述べた中水区と低水区における相対全植物体重の品種間差異はこの限界値の違いによるものと考えられる。

一般に品種の環境に対する反応は、育成地の環境条件に大きく左右される⁹⁾。本試験に供試した品種中、エレクトを除く他の4品種は北海道立北見農業試験場で育成されていることから、上記の土壤水分に対する品種の反応は、この分野に関する諸報告^{3,29)}によれば品種母材の栽培地の環境条件と関連すると考えられる。また同一種内で土壤水分条件に関して生態的特性を異にする植物では、好適土壤水分条件の異なることが明らかにされており³⁰⁾、比較的耐乾性が強いとみられるクン

プウは米国ケンタッキー州の在来種を母材とした品種と、北海道在来種北見系、同じく日高系を母材として育成されており、ケンタッキー州も北海道北見地方も比較的降雨量の少ない地帯であるところから、クンプウの耐乾性はこれら母材に由来する可能性が強いと考えられる。なお既に指摘した本品種の高湿耐性の強さ¹³⁾と本試験における土壤乾燥条件下の生育反応からうかがわれる耐乾性の関係から、チモシーにみられる耐乾性と耐暑性は相互に関連する特性であることが推察される。

耐乾性に関係する要因としては草型、根の型や深さ、植物体組織等⁹⁾の違いとともにアブシジン酸(以後 ABA と略記する)を主とする植物体ホルモンが関与していることが知られており¹⁵⁾、耐乾性トウモロコシは土壤水分ストレス下で高い ABA 含量を示す¹⁶⁾。本試験に供試した品種の ABA 含量は不明であるが、耐乾性系統の選抜はかなり難しいことから、今後耐乾性品種育成の手法として ABA 含量による選抜の可能性を検討する必要がある。

DDM に及ぼす土壤水分の影響は Table 5 に示すとおり、1 番草の茎部と 2 番草で土壤水分処理間に有意性が認められた。

一般に牧草の DDM は多湿条件よりやや乾燥条件で栽培される方が小さいと考えられる²³⁾。この理由は乾燥条件で栽培されている牧草中の可溶性炭水化物の少ないことによるものと考えられる⁹⁾。このような条件は本試験の高水区と中水区の関係にあてはまると考えられる。

一方、より強い乾燥ストレスによって生育遅延が起るような水分条件下で生育している牧草は、正常に生育している牧草と比較すると DDM が大きく^{25,34,37)}、牧草中の成分は窒素、可溶性炭水化物が高く、繊維類が低い^{1,5,36)}。このような条件は本試験の高水区と低水区あるいは中水区と低水区の關係に相当するものと考えられる。

しかしながら土壤水分の違いによる牧草の DDM に有意な変化は認められないとする報告もあり^{10,22)}、草種・品種により土壤水分から受ける影響の大きさは異なると考えられる。本試験においては土壤水分処理と品種の交互作用は 1・2 番草ともに有意性を示し、土壤水分に対する品種反応は明らかに異なり、この事実は今後の高 DDM 品種育成上重要な知見になるものと考えられる。

謝 辞 本稿は、北海道立北見農業試験場馬場
徹代場長の御校閲を賜わった。また同下野勝昭土
壤肥料科研究職員に多くの御指導をいただいた。
深大なる謝意を表する。

引用文献

- 1) Abdel Rahman, A. A.; Shalaby, A. F.; El Monayeri, M. O. "Effect of moisture stress on metabolic products and ions accumulation". *Plant and Soil*. **34**, 65-90 (1971).
- 2) 梶 和一, 窪田文武, 鎌田悦男, 三田村強. "牧草の乾物生産, 第10報, 土壤水分条件を異にしたオーチャードグラス草地の乾物生産量の推定". *日草誌*. **19**, 283-291 (1973).
- 3) 荒井正雄, 宮原益次, 横森秀文. "耕地雑草の土壤水湿適応性による分類型について". *関東東山農試研究*. **8**, 56-62 (1955).
- 4) Belesky, D. P.; Wilkinson, S. R.; Pallas, Jr., J. E. "Response of four tall fescue cultivars grown at two nitrogen levels to low soil water availability". *Crop Sci*. **22**, 93-97 (1982).
- 5) Boyer, J. S. "Nonstomatal inhibition of photosynthesis in sunflower at low leaf water potentials and high light intensities". *Plant Physiol*. **48**, 532-536 (1971).
- 6) Brown, R. H.; Blaser, R. E. "Soil moisture and temperature effects on growth and soluble carbohydrates of orchardgrass (*Dactylis glomerata*)". *Crop Sci*. **10**, 213-216 (1970).
- 7) Carter, P. R.; Sheaffer, C. C.; Voorhees, W. B. "Root growth, herbage yield, and plant water status of alfalfa of cultivars". *Crop Sci*. **22**, 425-427 (1982).
- 8) Cooper, J. P. "Species and population differences in climatic response". *Environmental control of plant growth*. Evans, L. T. ed. New York, Academic Press, 1963, p. 381-400.
- 9) Deinum, B. "Influence of some climatological factors on the chemical composition and feeding value of herbage". *Proc. Int. Grassl. Congr.* **10**, 415-418 (1966).
- 10) Eck, H. V., Wilson, G. C., Martinez, T. "Tall fescue and smooth bromegrass. II. Effects of nitrogen fertilization and irrigation regimes on quality". *Agron. J.* **73**, 453-456 (1981).
- 11) 江原 薫. "飼料作物学 下巻". 養賢堂, 1955, p.48-49.
- 12) 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).
- 13) 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).
- 14) Garwood, E. A. "Some effects of soil water conditions and soil temperature on the roots of grasses I. The effect of irrigation on the weight of root material under various swards". *J. Br. Grassl. Soc.* **22**, 176-181 (1967).
- 15) 平井伸博, 小清水弘一. "水ストレスとアブシジン酸". *植物の化学調節*. **16**, 79-92 (1981).
- 16) Larque-Saavedra, A.; Wain, R. L. "Studies on plant growth-regulating substances. XLII. Abscisic acid as a genetic character related to drought tolerance". *Ann. appl. Biol.* **83**, 291-297 (1976).
- 17) Mack, A. R.; Finne, B. J. "Differential response of timothy clonal lines and cultivars to soil temperature, moisture and fertility". *Can. J. Plant Sci.* **50**, 295-305 (1970).
- 18) 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).
- 19) McIntosh, M. S.; Miller, D. A. "Genetic and moisture effects on the barnching-root trait in alfalfa". *Crop Sci*. **21**, 15-18 (1981).
- 20) Murata, Y.; Iyama, J.; Honma, T. "Studies on the photosynthesis of forage crop. V. The influence of soil moisture content on the photosynthesis and respiration of seedlings in various forage crops". *Proc. Crop Sci. Soc. Jpn.* **34**, 385-390 (1966).
- 21) 大原久友. "草地学概論". 明文書房, 1965, p.40-43.
- 22) Petersmidt, N. A.; Delaney, R. H.; Greene, M. C. "Effects of overirrigation on growth and quality of alfalfa". *Agron. J.* **71**, 752-754 (1979).
- 23) Pitman, W. D.; Vietor, D. W.; Holt, E. C. "Digestibility of kleingrass forage grown under moisture stress". *Crop Sci*. **21**, 951-953 (1981).
- 24) 沢田泰男. "水田転換畑土壌の微生物性と牧草生育, とくに湿害との関連について". *土肥誌*. **44**, 377-382 (1973).
- 25) Snaydon, R. W. "The effect of total water supply, and of frequency of application, upon lucerne". *Aust. J. Agric. Res.* **23**, 253-256 (1972).

- 26) Sosebee, R. E.; Wiebe, H. H. "Effect of water stress and clipping on photosynthate translocation in two grasses". *Agron. J.* **63**, 14-17 (1971).
- 27) 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).
- 28) 但野利秋, 切本清和, 青山 功, 田中 明. "耐湿性の作物種間差 一比較植物栄養に関する研究一". 土肥誌, **50**, 261-269 (1979).
- 29) 武田友四郎, 箱山 晋, 縣 和一, 古谷茂貴. "休耕田の植生遷移に関する研究. 第3報土壤水分に対する数種イネ科植物の初期生長反応について". 日作紀, **49**, 432-438 (1980).
- 30) 玉井虎太郎. "畑作用水法の合理化に関する研究". 愛媛大学紀要 第6部 農学, **2**(2), 86-96(1956).
- 31) 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).
- 32) 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).
- 33) 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).
- 34) Vough, L. M.; Marten, G. C. "Influence of soil moisture and ambient temperature on yield and quality of alfalfa forage". *Agron. J.* **63**, 40-42 (1971).
- 35) Wahab, H. A.; Chamblee, D. S. "Influence of irrigation on the yield and persistence of forage legumes". *Agron. J.* **64**, 713-716 (1972).
- 36) Walgenbach, R. P.; Marten, G. C.; Blake, G. R. "Release of soluble-protein and nitrogen in alfalfa. I. Influence of growth temperature and soil moisture". *Crop Sci.* **21**, 843-849 (1981).
- 37) Wilson, J. R.; Ng, T. T. "Influence of water stress on parameters associated with herbage quality of *Panicum maximum* var. *trichoglume*". *Aust. J. Agric. Res.* **26**, 127-137 (1975).
- 38) Wood, G. M., Kingsbury, P. A. "Emergence and survival of cool season grasses under drouth stress". *Agron. J.* **63**, 949-951 (1971).
- 39) 吉田則人. "酪農飼料". 明文書房, 1979, p.36-43.
- 40) OECD. "Phleum pratense L., List of cultivars eligible for certification". OECD, 1982. p.14.

Effects of Soil Moisture on the Growth and Digestible Dry Matter Content of Timothy (*Phleum Pratense* L.) Cultivars

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

Summary

Effects of soil moisture regimes on the growth and digestible dry matter of timothy (*Phleum pratense* L.) cultivars were examined.

Five timothy cultivars were used: Kunpū (extremely early maturing type), Senpoku (early maturing type), Nosappu (early maturing type), Erecta R. V. P. (medium maturing type), and Hokushū (late maturing type). Four clones of each cultivar were transplanted into a 1/5,000a Wagner pot, that had been filled previously with a gleyic ordinary andsol (Kunneppu soil). Soils were of three moisture regimes of maximum water-holding capacity: 82%(H), 63%(M), and 39%(L). At transplanting, each pot received 1g of ammonium sulfate, 2g of superphosphate of lime, and 0.4g of potassium sulfate; after the first cut another 0.5g of ammonium sulfate and 0.2g of potassium sulfate were added to each pot. The timothy plants were then grown in a greenhouse for 65 days at a 22°/15°C maxi/mini. temperature regime with a 16-hour photo-period. Two replications of each cultivar were then arranged in a split plot experiment design: main plot was soil moisture levels and split plot was cultivars.

In all timothy cultivars, the highest dry weight of above ground plant (1st crop plus 2nd crop), under ground plant, and total plant obtained in the H regime, next highest in the M regime, and lowest in the L regime. In the M regime the relative dry weight ($M/H \times 100$) of the total plant was highest in the Hokushū cultivars, but in the L regime the relative dry weight ($L/H \times 100$) of the total plant was highest in Kunpū cultivars. Interactions between soil moisture and the dry weight of the above ground plant, under ground plant, and total plant were significant.

The mean digestible dry matter percentage of all cultivars for leaf blade and stem (with sheath and head) of 1st crop was highest in the L regime; that of the 2nd crop was highest in the H regime. Interaction between percent digestible dry matter and soil moisture was significant.

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