

- (2) 北農試草地開発第1部第3研究室 昭和52年度成績書
- (3) 昭和55年度北海道農業試験会議資料 “天北地方におけるアルファルファの刈取り時期”
- (4) 北海道飼料作物栽培基準策定事業 昭和49年～52年度報告書
- (5) 昭和55年度北海道農業試験会議資料 “十勝地方におけるアルファルファの最終刈取り時期に関する試験
- (6) 山口宏、赤城仰哉 北農 第48巻 第3号
- (7) 昭和55年度北海道農業試験会議資料 “道央におけるアルファルファの刈取り時期に関する試験”
- (8) _____ “道央地帯におけるアルファルファの刈取り適期と飼料価値”

栄 養 生 理 と 施 肥

原 田 勇 (酪農大)

北海道におけるアルファルファの栽培について、その問題点を、栄養生理と施肥という視点から要約すれば、大きく、つぎの三点ではないかと思われる。

まず第一の点は、アルファルファ草地造成上の問題である。そして、その1は土壤水分と栄養生理すなわち、排水の良否に関する事、その2は土壤 pH の高低である。そして第3はアルファルファの磷酸に対するレスポンスである。と考えている。

第二の点は、この造成されたアルファルファ草地の継続維持上の問題点である。この中で、とくに問題であると考えられるのは加里、磷酸施肥の重要性と、刈取計画の持つ栄養生理的意味、土壤凍結様式を決定する、含水比と根系の発達の意味の3項目があげられる。

第三の点は、アルファルファの利用に関連する栄養生理上の問題点である。その1はアルファルファの吸収する各種のミネラルの特性であり、その2は、硝酸や TNC の含量の推移である。そしてその3はアミノ酸や蛋白質の集積のパターンと施肥の問題があげられよう。

以下にこれらの諸点について、その概要を記述して、問題提起としたい。

1. 造成上の問題点

アルファルファ草地造成上の問題は、多くの人々により指摘されてきた課題である。とくにその1の排水条件と生育は降水量の多い地域での栽培を不可能にするまで云われてきた問題であったが、第1図に示すように野幌洪積性重粘土壌の場合でも、月寒火山性土壌においても初期生育量としては、 pF 1.0～2.0 のところに共に最良点が見出される¹⁾これは、 $\frac{\text{水分}}{\text{乾土}} \times 100$ で表示すれば、前者は58～43%であり、後者は86～75%である。

また造成時の水分状態ではないが、一度造成されたアルファルファを湛水すると第2図のように、その日数や水深に応じて、生育量が甚しく低下する²⁾

その2は酸性とアルファルファの生育であるが、北米やカナダにおいて7ケ年間にわたる研究の結果は表1のように、 pH 7.0 と 5.1～5.5 の生育量の差異は100対50となっている³⁾このような試験結果は北海道にも多いが、^{4,5)} 長期にしかも寒気のきびしい地方での数値として参考に値するものであろう。

一方北海道の土壌 pH を北海道中央農試⁶⁾ がとりまとめた数値を基礎に整理してみると第 3 図のように全体としては pH 5.9 ~ 5.5 のところに 37.4 % の土壌がぞくしており、これは草地土壌や火山性土壌でも同様の傾向を示している。しかし重粘性土壌は 5.4 ~ 5.0 のところに 35.0 % の土壌がぞくしている。⁷⁾

その 3 として、造成時の有効態リン酸含量はアルファルファのスタンドの確立を左右する最も大きな要件であるといわれている。かつて北海道農業試験場が、土性(壤)調査報告書⁸⁾として取りまとめているものを、その含量で分布図を作ってみると第 4 図のようになる⁸⁾これは Neubauer 法によるものであるから 7.5 mg / 100 g 乾土以上を良好としているが、図が示すように、不足している土壌が圧倒的に多くなっている。しかしながら今日、さきにあげた北海道中央農試がとりまとめた、地力保全基本調査結果⁶⁾によると、第 5 図のように、アルファルファの造成可能なリン酸含量といわれる 100 g 乾土当り 10mg 以上の土壌が北海道全体でも、また草地土壌についても 30 ~ 50 % と多くなってきているのが目につく。このことはアルファルファ造成のためにリン酸が不足であるという問題は大きく改善されてきて

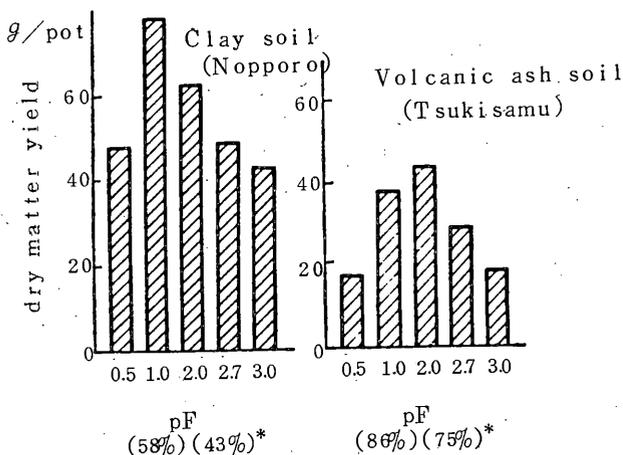
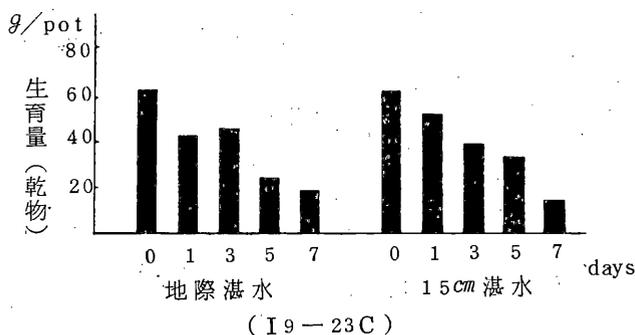


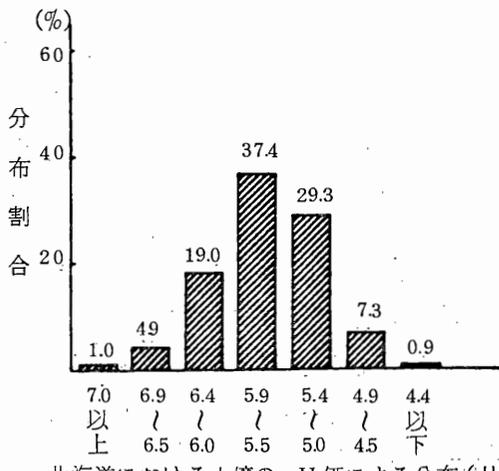
Fig.1 Growth of Alfalfa and Soil Moisture 1)



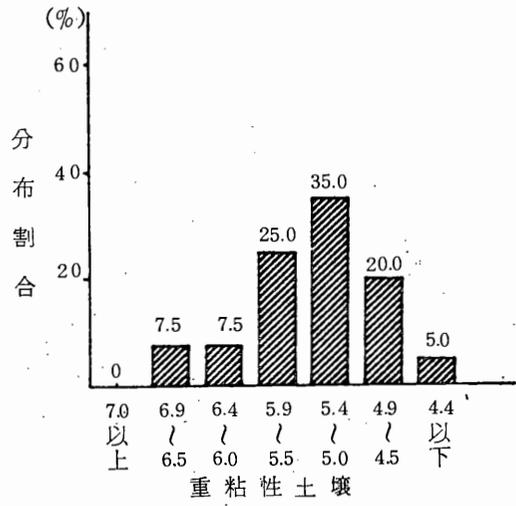
第 2 図 湛水されたアルファルファの生育量 2)

第 1 表 アメリカ・カナダ各地におけるアルファルファ収量 (7 年) 3) (単位: t/ha/年)

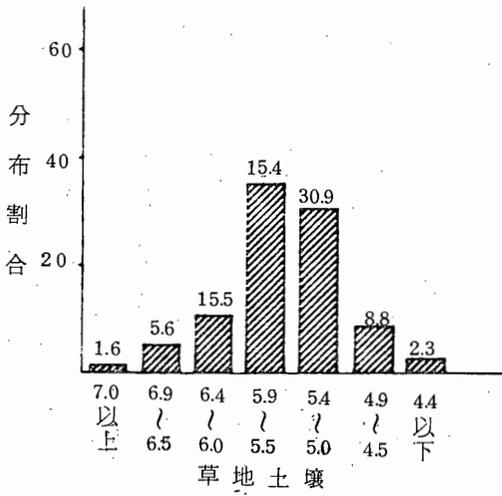
地区名 土壌 pH(H ₂ O)	Spooner	Owen	March field	Guelph	平均	比率
>7.0	-	9.5	-	-	9.5	100
6.7~7.0	9.5	9.0	8.8	8.8	9.0	95
6.3~6.6	8.8	8.5	8.3	8.3	8.5	90
5.9~6.2	8.3	8.5	6.5	7.8	7.8	32
5.5~5.8	7.0	-	4.3	7.3	6.3	66
5.4~5.1	5.5	5.5	3.5	-	4.8	50



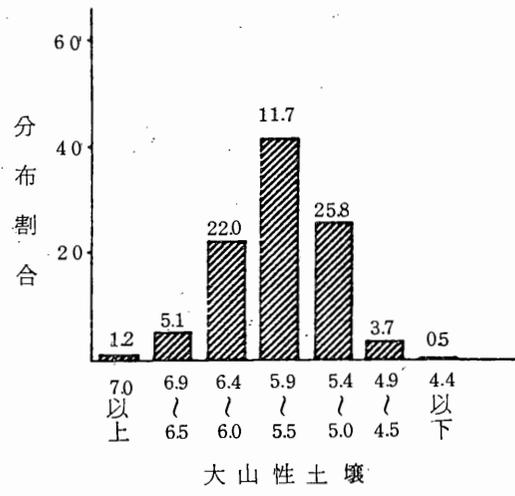
北海道における土壌の pH 値による分布 (比率)



重粘性土壌



草地土壌

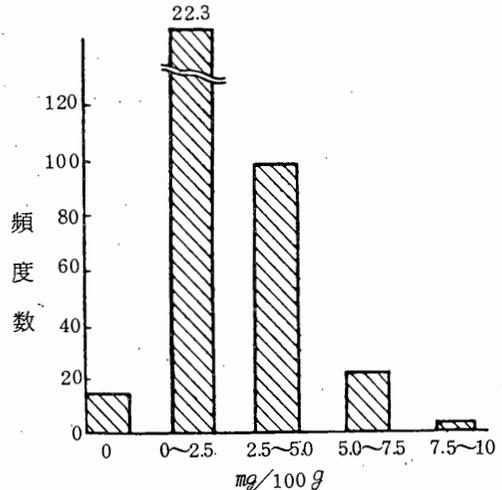


大山性土壌

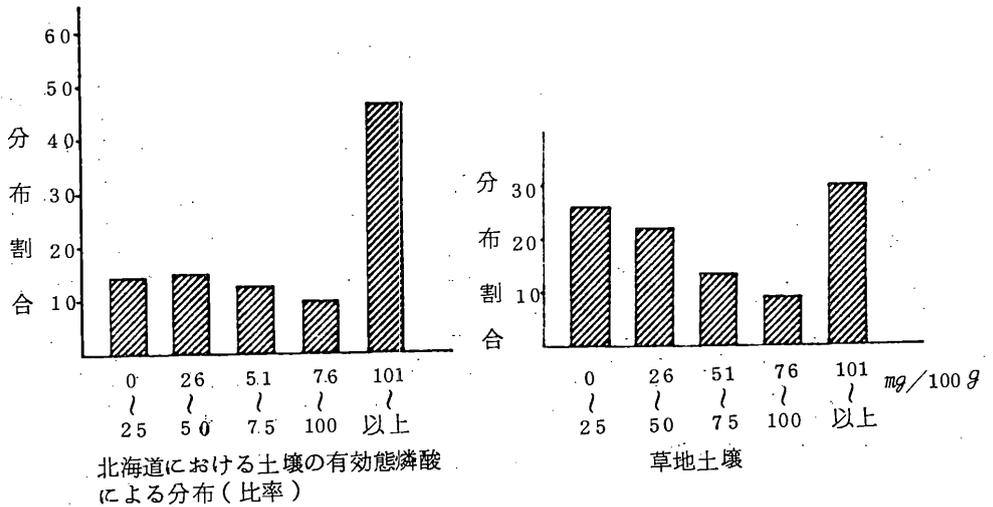
第3図 北海道の土壌の pH 分布

いとみることができる。

さらに著者がかつて³²Pを用いて行った結果¹⁾によると、施肥Pと土壌Pの有効性は、total-P₂O₅が76mg/100g乾土、有効態P₂O₅10mg以下の土壌では63~98%が施肥-Pに依存して、アルファルファは初期生育を完成するが、total-P₂O₅が260mg、有効態P₂O₅が16~22mg/100g乾土の土壌では4~16%程度しか、肥料-Pに依存していなかったことが判明している。これらの事実から、造成のためには、P-施肥の重要性も当然であるが、その施肥法についても十分な配慮が必要である。例えば、磷



第4図 有効態磷の頻度分布
土壌中有効態磷 (Neubauer 法による) 区分
(北農試土性調査による)



第5図 北海道の土壌中有効リン酸の分布

第2表 ^{32}P による吸収Pの由来

	生草重 g/pot	乾物重 g/pot	牧草の吸収した全 P_2O_5 量 mg/pot	cpm/吸収 P_2O_5 10mg	吸収した* P_2O_5 の由来	$(\frac{\text{CA}}{\text{CP}} - 1) \times y$
Lℓ 5 cm	9.0	2.80	3.20	3,555	76	14.4
Lℓ 10	9.0	2.40	12.40	2,960	63	21.9
Lh 5	9.4	3.40	6.8	4,600	98	1.3
Lh 10	9.4	3.40	9.2	3,970	85	10.2
Hℓ 5	16.2	4.00	15.4	185	3.9	44.2
Hℓ 10	14.6	3.60	13.2	262	5.6	51.2
Hh 5	15.8	4.04	15.0	793	16.8	49.2
Hh 10	11.2	2.54	11.4	733	15.6	50.0

* $\frac{\text{CP}}{\text{CA}} \times 100$

ここで control cpm は 4,700 cpm/10mg P_2O_5
 CP = specific activity of plant phosphate
 CA = specific activity of applied phosphate

Hは土壌Pの多いもの
 Lは " の少ないもの
 hは施肥Pの多いもの
 ℓは " の少ないもの

酸の少ない土壌では表層に、あるいは条間に、種子に近くそのリン酸濃度を高めるよう工夫が必要である。

2. 維持管理上の問題点

第二の、造成されたアルファルファを継続維持する問題では冬枯れの原因究明が課題である。

その1として越年冬枯れと石灰、リン酸、加里施肥について、第3表に示すようにとくに加里が有効であり、窒素の多量施肥はマイナス効果となることが、Wilson によって明らかにされている⁹⁾とくに加里については後にもふれようと思うが、炭水化物の代謝、澱粉の形成移動と崩壊に關係する他、各種の酵素活性にかかわって蛋白質の形成にも關係することが明らかになっている。¹⁰⁾ 従ってアルファルファの維持年限を延長せしめるためには、加里欠乏症とならないように栄養管理することが、その吸収量も炭素、酸素、水素について多いことから、十分な注意が必要となるところである。

第3表 アルファルファの生育と石灰、磷酸、加里の関係⁹⁾

t/エーカー CaCO ₃	ポンド/ エーカー P	ポンド/ エーカー K	冬 枯 率	澱 粉 + 糖	可 溶 性 蛋 白 質	50℃で乾燥 残余水分
0	0	0	90 %	14.7 %	10.4 %	2.7 %
5	0	0	50	15.5	16.2	3.1
5	132	250	20			3.8
10	132	250	20	19.7	15.4	4.2
5	264	0	50	17.9	16.6	3.9
5	0	500	20	18.3	15.0	3.5
5	264	500	20	19.7	17.1	4.5

その2として、年間何度刈取るかということであるが、第6図は加里の施肥量と3回刈、4回刈によるスタンド率を示したものである。¹¹⁾これによると加里の施肥量の増加に伴ないスタンド率は高くなるし、また4回刈よりも3回刈の方がこの率が高くなるということが判明している。これは造成後4年目のWisconsin、Madisonの例であるが、この事実はわれわれ(酪農大土肥研グループ)が4種の土壌で5ケ年間実施した事実からも明瞭である。¹²⁾

さてこのような冬粘れの機構については、再生長との関係もあるが、この冬粘れと環境とくに温度との関係について、

Dale Smith らはつぎのような実験から、その内容を明らかにしている。¹³⁾

このことは最近能代昌雄によって、牧草の耐凍性として発表されている。¹⁵⁾すなわち、-8℃で4時間凍結した後、蒸溜水中に diffused された植物組織中の全電解質の割合を基礎に寒冷抵抗性を示している。それによるとWisconsin、Madisonの気温や地温が低下すると、それによってアルファルファの電解質割合が低下している。さらに古く1930年代には¹⁴⁾Dexter らは第4表に示すようにアルファルファの3品種を用いて、この電気伝導度が品種により相違することを認めている。¹⁶⁾また山口宏、赤城仰哉は、根鉤の粗粒火山性土壌において、第5表のようにその仮比重が増大することに

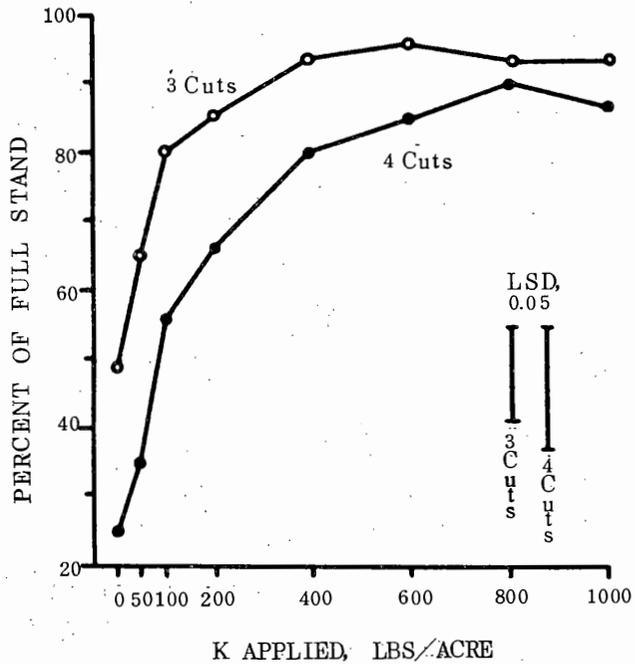


Figure 6. Stands of Ranger alfalfa in the spring of the fourth year following 3-harvest years with 3 cuts annually at first flower and 3 cuts plus a cut in early October (4 cuts) at Madison, Wisconsin, with annual applications of different amounts of potassium (as KCl). Unpublished data, Wisconsin Agr. Exp. Station. ¹¹⁾

よって氷層数を減少せしめること認め、さらに根量の増加に伴ない第6表のように「柱状氷層」の生成が緩和される傾向を確認しているが、これは根系の多寡を決定する、根系生育の場として、ある程度の「圧密」の増加が必要であることを認めている。¹⁷⁾

3. 栄養生理的特性と施肥

その1としてミネラル特性をあげれば第7表および第8図のようである。アルファルファが正常に生育できるような環境条件をつくってやれば、その「土壌種間差」よりも、「牧草種間差」の方が大きく出現する。また石灰・苦土加里、ソーダのCationsやNO₃-窒素、磷酸、塩素硫酸のanions間には相互に負の相関のあることも認められている。^{18) 24)} またこの事は最近Wisconsin大学のDale Smithの研究においても同様の傾向が認められている。²⁰⁾

その2として温度の変化に対応して、TNCやアミノ酸の集積速度が増大することが認められている。すなわち大原洋一によれば²¹⁾ 第9表のように30℃

から15℃への温度低下に伴いアミノ酸含量の増大が認められている。また温度が32/27℃(昼/夜)から21/15℃と低下するに伴い、第10表のように葉部や根部のTNCの蓄積速度が増大することが認められている。そしてこれらは品種間でも大きく差異がある。²²⁾

さらに施肥効果として加里の蛋白質への生成作用も認められており、アルファルファを利用する立場からこの種の特性は見逃すことのできないことであろう。

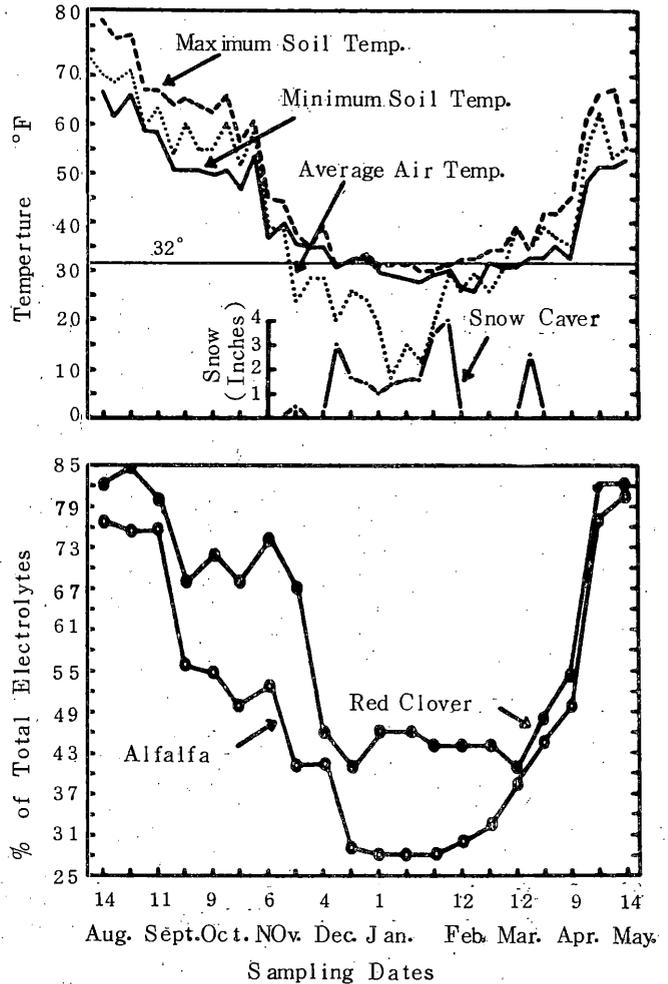


Fig. 7 Environmental conditions and trends of cold resistance in the roots and crowns of alfalfa and medium red clover as measured from fall to spring of 1956-57 at Madison, Wisconsin. Cold resistance based on percent of total electrolytes (measured by electrical conductance) in the plant tissue that diffused into distilled water after four hours of freezing at -8°C . Adapted from Jung, G.A., and Smith, Dale (1961).

Table 4 Specific conductivities (10^{-6}) in reciprocal ohms of water extracts from roots of alfalfa after freezing 4 hours at -8 to -9 °C. followed by 10 hours exosmosis in distilled water at 25 °C.

Variety	Sept. 21	Oct. 18	Nov. 8	Nov. 27
Grimm	1632	1015	781	484
Utah Common	1657	1235	1215	879
Hairy Peruvian	1624	1375	1447	1475

Adapted from Dexter, S.T., et al., (1930).

第5表 土壤100 ccの目方と氷層数の変化¹⁶⁾

区 別	項 目	凍結深 cm	含 水 比					* 氷層数
			0 ~ 5 cm	5 ~ 10cm	10 ~ 15cm	15cm ~	未凍土	
仮 比 重 (100 ccの g)	55	18.8	1.36	1.22	0.88	0.58	0.49	3
	65	20.0	1.12	1.07	0.93	0.48	0.41	2
	75	21.4	1.02	0.94	0.91	0.70	0.41	0.7
	80	21.0	1.02	0.89	0.87	0.68	0.39	0.3

* 3 反復平均値

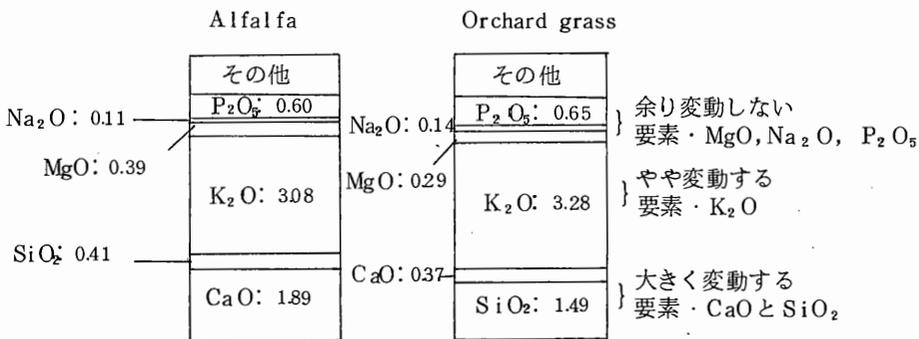
第6表 越冬直前時の圃場状況

* 区別	** 根系	項目 仮比重 g/100cc	水分 g/100cc	葉根重mg/12×12cm		同 左 指 数	
				葉	根	葉	根
粗	無	63	43				
	少	54	36	53	74	100	100
	多	62	41	488	740	100	100
密	無	70	49		254		
	少	74	53	281		530	343
	多	69	47	813	1,065	167	144
甚 密	無	74	50				

* 粗：63 g/100cc、密：76 g/100cc、甚密：78 g/100cc

** 少：16株/48×48cm、多：144株/48×48cm

- 凍結様式の観測に先立ち、越冬直前時の牧草の生育量の調査を行った。播種密度の多寡は牧草の生育量に顕著に反映し葉部、根部とも多>少であった。
- また、土壤間で比較すると牧草の生育量は密>粗であり、この傾向は播種密度が少ない場合顕著であった。



第8図 両牧草の灰分特性比較

第7表 土壤の相違によるアルファルファとオーチャードグラスのミネラル変動(%)¹⁷⁾

	アルファルファ							オーチャードグラス						
	灰分	硅酸	りん酸	加里	石灰	苦土	ソーダ	灰分	硅酸	りん酸	加里	石灰	苦土	ソーダ
野幌洪積性重粘土壤	*7.80	0.20	0.60	3.00	1.92	0.35	0.13	9.50	1.73	0.76	3.40	0.49	0.32	0.23
植苗粗紋火山性土壤	10.46	0.53	0.58	—	1.80	0.28	0.05	8.26	1.40	0.52	3.42	0.37	0.26	0.14
美明高位泥炭土壤	10.90	0.68	0.80	3.57	2.08	0.45	0.10	8.00	0.59	0.68	3.32	0.25	0.29	0.09
石狩川沖積土	8.40	0.22	0.72	2.66	1.76	0.39	0.14	8.80	2.23	0.65	2.98	0.35	0.28	0.08
平均	9.39	0.41	0.68	3.08	1.89	0.37	0.11	8.64	1.49	0.65	3.28	0.37	0.29	0.14

* 完全化学肥料区および堆肥+完全化学肥料区の造成後4年目の牧草の1・2・3番草の平均%である。

Table 8 Chemical composition of the total herbage of alfalfa produced during the third harvest year (1972) as influenced by topdressing rates of potassium during the previous two years.

Constituent (dry wt.)		Pounds/Acre of K Applied, Autumn 1969 and 1970								LSD 0.05
		0	50	100	200	400	600	800	1000	
TNC ¹	%	5.6	5.3	5.2	5.4	5.0	4.6	4.4	4.3	0.3
IVDDM ²	%	64.8	64.8	64.1	64.7	64.0	64.3	65.1	66.0	ns
N	%	3.74	3.77	3.65	3.55	3.46	3.36	3.26	3.27	0.09
P	%	0.30	0.31	0.30	0.29	0.28	0.26	0.26	0.26	0.01
K	%	0.89	0.93	1.15	1.32	2.05	2.73	3.36	3.68	0.18
S	%	0.30	0.29	0.26	0.24	0.23	0.22	0.22	0.22	0.02
Ca	%	1.70	1.73	1.69	1.62	1.52	1.36	1.24	1.21	0.06
Mg	%	0.63	0.64	0.62	0.55	0.47	0.38	0.33	0.31	0.03
Na	%	0.16	0.14	0.13	0.12	0.08	0.05	0.03	0.02	0.01
Cu	ppm	14	13	13	12	12	11	11	11	1
Fe	ppm	139	166	152	153	152	144	147	149	ns
Zn	ppm	26	26	26	25	25	25	24	25	1
B	ppm	25	25	26	25	25	23	23	23	1.5
Mn	ppm	44	47	47	46	50	51	54	55	2.7
Al	ppm	138	164	151	157	150	141	142	140	ns

1. Total nonstructural carbohydrates 19)
2. In vitro digestible dry matter

第9表 各温度におけるライゾマ品種のアミノ酸含量(乾物中%)²⁰⁾

アミノ酸	区分		初期生育(1番草)				第1回再生(2番草)				第2回再生(3番草)			
	温度		15℃	20℃	25℃	30℃	15℃	20℃	25℃	30℃	15℃	20℃	25℃	30℃
リジン	1.84	1.72	1.64	1.24	2.47	1.70	1.34	1.28	2.48	2.40	2.08	1.97		
ヒスチジン	0.59	0.54	0.51	0.44	0.51	0.51	0.39	0.34	0.58	0.57	0.51	0.39		
アルギニン	1.61	1.39	1.26	1.01	1.69	1.25	0.94	0.89	1.54	1.34	1.20	1.03		
アスパラギン酸	4.74	4.10	3.39	3.13	4.19	3.50	3.41	3.34	4.12	3.41	2.96	2.77		
スレオニン	1.23	1.17	1.14	0.95	1.47	1.18	0.92	0.87	1.51	1.42	1.26	1.14		
セリン	1.48	1.28	1.07	0.99	1.45	1.21	1.12	1.05	1.50	1.42	1.31	1.21		
グルタミン酸	3.30	2.96	2.70	2.07	3.61	2.81	2.59	2.43	3.57	2.96	2.88	2.70		
プロリン	1.85	1.56	1.26	1.01	1.48	1.25	1.12	1.08	1.49	1.24	1.13	1.01		
グリシン	0.82	0.78	0.74	0.63	1.57	0.75	0.65	0.63	1.58	1.50	1.37	1.26		
アラニン	2.04	1.94	1.86	1.32	2.05	1.91	1.60	1.47	1.96	1.82	1.62	1.56		
パリン	1.04	0.86	0.60	0.55	1.22	0.92	0.64	0.52	1.23	1.16	1.12	0.95		
メチオニン	0.15	0.12	0.08	0.08	0.24	0.15	0.10	0.06	0.30	0.25	0.23	0.21		
イソロイシン	0.92	0.87	0.84	0.69	1.04	0.79	0.59	0.48	1.14	1.10	0.96	0.87		
ロイシン	1.91	1.91	1.90	1.57	2.34	1.83	1.49	1.37	2.35	2.21	1.95	1.76		
チロシン	0.86	0.78	0.75	0.53	1.09	0.66	0.61	0.50	1.10	0.91	0.82	0.73		
フェニルアラニン	1.26	1.19	1.18	0.91	1.47	1.16	0.85	0.72	1.47	1.35	1.28	1.17		
計*	25.72	23.21	21.00	17.22	27.96	21.64	18.42	17.15	27.95	25.14	22.74	20.80		

(註) *今回分析した16アミノ酸含量の合計を示す。

Table 10 Accumulation rate of TNC in herbage of alfalfa harvested at the first flower stage.

Variety	Temperature		
	Hot	Warm mg of TNC/day/pot	Cool
	Leaves		
Vernal	3.6	5.5	13.3
Cody	3.2	4.6	10.6
Florida 66	3.0	4.8	12.6
	Stems		
Vernal	2.9	4.2	4.7
Cody	2.4	4.2	3.4
Florida 66	2.6	2.8	3.3
	Crown		
Vernal	3.4	1.0	2.4
Cody	1.8	2.9	3.0
Florida 66	3.3	1.8	3.8
	Roots		
Vernal	10.6	10.9	17.3
Cody	2.4	13.9	14.4
Florida 66	-1.8	3.4	14.9

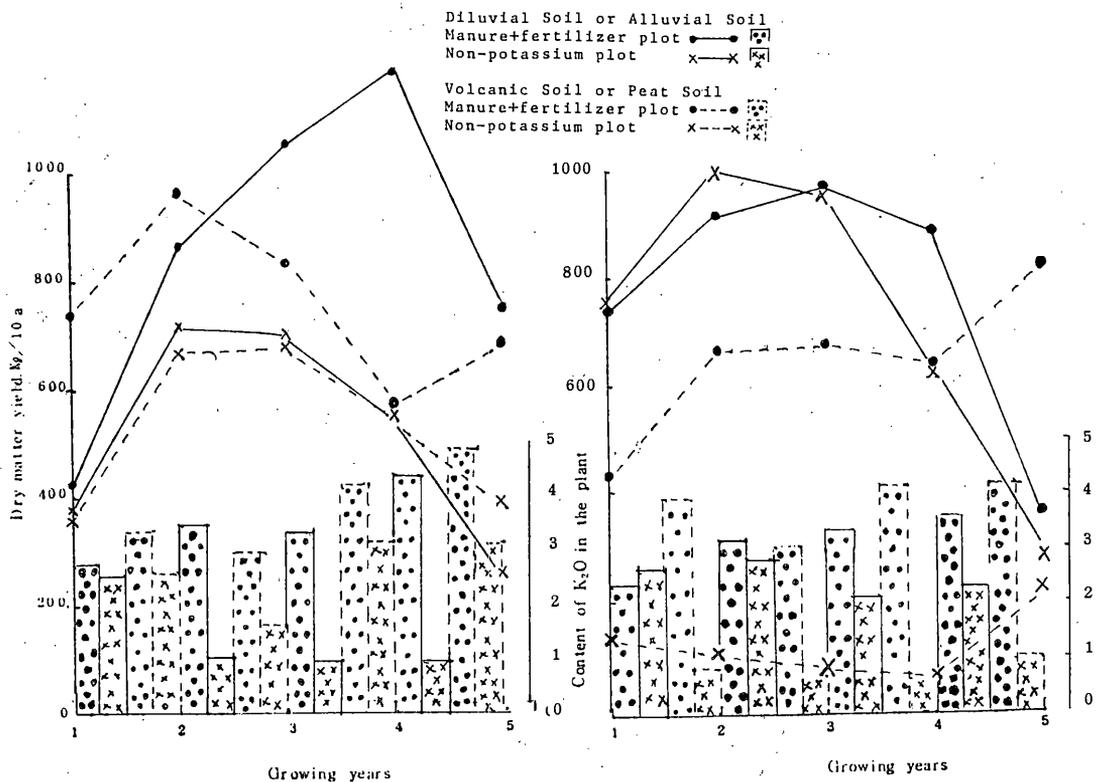


Fig. 9 Dry Matter Yield and K_2O Content of Alfalfa for 5 Years on 4 Soils

おわりに

私共は、過去5ケ年、野幌洪積性重粘土壤、植苗粗粒火山性土壤、美唄高位泥炭土壤及び篠津石狩川沖積土壤に、Du Puits を栽培試験中であるが、²²⁾ 5年目に至って野幌や篠津の土壤で大巾な収量低下が認められた。これらの原因は検討中であるが、その原因の一つに根腐病、萎凋病、斑点病などがあると考えられ、今後この方面の研究、対策が必要であると思われる。

引用文献

- 1) 原田 勇、牧草の養分吸収と施肥、酪農大紀要3、1、1967
- 2) 原田 勇、アルファルファ栽培の理論と応用、酪農学園近代酪農部、1981
- 3) University of Wisconsin, R1741 Research Division: Establishing and Managing alfalfa, 1977.
- 4) 林満・片岡健治・近藤秀雄・原楨紀、北海道におけるアルファルファ草地の造成と維持管理—施肥管理、日草誌、19、別号2、70-71、1973
- 5) 五十嵐孝典・新田一彦・沢田泰男、十勝火山灰土壤における牧草の施肥技術改善に関する研究(2)、北海道農試彙報、86、8-17、1965
- 6) 北海道中央農試：地力保全基本調査成績書、昭和41~49年

- 7) 酪農綜合研究所；酪総研調査研究報告書 7-12 地帯別土壌の実態と施肥が自給飼料の収量、成分に及ぼす影響、1981
- 8) 北海道農業試験場、土壌調査報告書 1956～1975
- 9) Wilson P.W.: Biochemistry of symbiotic nitrogen fixation. University Wisconsin Press 1960
- 10) Teel, M.R.; Nitrogen-potassium relationships and biochemical intermediates in grass herbage. Soil Sci. 93, 1, 1962
- 11) Smith Dale; Forage Management in the North 1981 by Kendall/Hunt Publishing Company, in USA.
- 12) 原田勇・篠原功・他、酪農大土肥研グループ、未発表資料による、1977～1981
- 13) Jung, G.A., and Smith, Dale. Trends of cold resistance and chemical changes over winter in the roots and crowns of alfalfa and medium red clover. I. Changes in certain nitrogen and carbohydrate fractions. II. Changes in certain mineral Constituents. Agron. J. 53:359-366, 1961.
- 14) Dexter, S.T., Tottingham, W.E., and Graber, L.F. Preliminary results in measuring the hardiness of plants. Plant Physiol. 5: 215-223, 1930.
- 15) 能代昌雄；牧草の耐凍性に関する研究、日草誌 27, 3, 253, 1981
- 16) Dexter, S.T. Effect of several environmental factors on the hardening of plants. Plant Physiol. 8: 123-139, 1933.
- 17) 山口宏・赤城仰哉；火山灰草地における「柱状氷層」生成を規制する要因について第1報、土壌の緊密および根系の多少と土壌凍結様式、北海道草地研究会報14. 1979
- 18) 原田勇・篠原功；土壌・飼料および乳牛を巡るミネラルとそのバランス、加里研究28号、1981
- 19) 原田勇・篠原功；草地土壌の無機バランスに関する研究、土肥誌講演要旨集14、1967
- 20) Smith Dale; Concentrations and yields of chemical constituents. Can. J. Plant Sci., 55; 897-901, 1975
- 21) 大原洋一；温度とアミノ酸含量、ルーサンの栽培と利用、酪農綜合研究所編 P37, 1979
- 22) Isamu Harada; Influence of temperature on the growth of three cultivars of alfalfa, J. Japan. Grassl. Sci., 21, 3, 1975
- 23) 原田勇・篠原功他、未発表資料による。1981
- 24) 原田勇・篠原功・大石美雪；牧草の養分吸収における anion 競合について、日草誌21別号 2, 1975