

アルファルファの栄養生理と施肥について

— アルファルファへの挑戦 —

酪農学園大学 原 田 勇

窒素肥料が少なくても良く生育する。根が深く下層の養水分を利用することができる。蛋白質が多くて、バランスのとれたアミノ酸を含有している。カルシウムが多くて家畜の健康はもとよりこれを給餌している乳牛の牛乳は人の健康にも良い。マメ科の中でも、永続性が高く、乾草、低水分サイレージやキューブにするとし好性も高く、乳量増加にもなる。耐寒性も、耐干ばつ性も大きい。輪作や混播としても利用できる。など数々の利点を持ちながら、まだわが国には定着した牧草とはいえない。幻の牧草である。それはなぜであろうか。それは次のような数多くの欠点も存在するからである。

酸性土壌でリン酸不足の土壌には生育困難であること。排水不良とくに夏期の過湿、高温条件では病虫害の発生も多く、また乾草の調製も困難な場合が多いこと。稚苗期に掃除刈するとアルファルファは消滅して、その造成が困難なこと。乾草調製時に反転や移動を繰返すと落葉して茎だけになること。降雨にたびたび遭遇すれば乾草はおろか、堆肥化してしまうこと。根粒菌の接種を行わねばならぬこと。など欠点も多いわけである。

このようないくつかの欠点を知りながら、それでもアルファルファを作りたいというのは、なぜ

なのでしょう。アルファルファを給餌すれば牛乳が出る。家畜が健康になる。飼料コストが安くなる。幻の牧草を作ってみたい。アルファルファも作れないようでは一流酪農家とはいえない。など理由は多いことと思えますが、かつてウィスコンシン大学のアルファルファの先生、L. F. グレーバは、「チモシーは作りやすいが蛋白質もミネラルも少ない。アカローバでは永続性にかける。乳牛の頭数増加がアルファルファを作らせる」と述べているのである。私共は今、このグレーバ教授が、ウィスコンシン州において1953年代に課題としたことに到達し、その問題の解決へと向っているのだと思う次第である。

アルファルファの栄養生理

栄養生理などとむずかしいことを述べようと思わない。アルファルファには何が栄養分として必要なのか。それはどのくらいなのか。ということがまずこの牧草を育てる上で考えておかねばならない。

アルファルファの養分含量

オーチャードグラスと比較しながらアルファルファの養分含量をあげたのが表1である。この表は北海道に広く分布している洪積性重粘土壌や粗

表1 土壌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 (%)

	アルファルファ									オーチャードグラス							
	灰分	硅酸	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土	ソーダ		灰分	硅酸	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土	ソーダ
野幌洪積性重粘土壌	7.80	0.20	2.97	0.60	3.00	1.92	0.35	0.13		9.50	1.73	2.35	0.76	3.40	0.49	0.32	0.23
植苗粗粒火山性土壌	10.46	0.53	3.43	0.58	—	1.80	0.28	0.05		8.26	1.40	2.07	0.52	3.42	0.37	0.26	0.14
美唄高位泥炭土壌	10.90	0.68	3.39	0.80	3.57	2.08	0.45	0.10		8.00	0.59	2.52	0.68	3.32	0.25	0.29	0.09
石狩川沖積土壌	8.40	0.22	3.22	0.72	2.66	1.76	0.39	0.14		8.80	2.23	2.53	0.65	2.98	0.35	0.28	0.08
平均	9.39	0.41	3.25	0.68	3.08	1.89	0.37	0.11		8.64	1.49	2.37	0.65	3.28	0.37	0.29	0.14

完全化学肥料区および堆きゅう肥+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。

粒火山性土壌、高位泥炭土壌、それに石狩川の沖積土壌に化学肥料をほぼ完全に施用した土壌と更にそれぞれに堆きゅう肥をも供給して作った4年目の草地の1, 2, 3番草の平均値で示したものである。

これらの成分の土壌の相違による変動は、実は大きいわけであるが、ここで取り出したデータは造成後4年目の完全化学肥料区と堆きゅう肥+完全化学肥料区について示したので、その変動幅は大きくなっていないのである。

しかし、これをイネ科牧草の代表のオーチャードグラスとマメ科牧草の代表のアルファルファという視点からみると、灰分全体では前者が8.64%、後者が9.39%で0.5%くらいの差で、ほぼ同量であるとみることができる。ところが、これを個々の要素でみると図1のように両牧草で大きく相違する。すなわち①大きく変動するものに石灰と珪酸があり、②やや変動するものにカリ、③ほとんど変動しないものにリン酸、苦土、ソーダがあることがわかる。そして蛋白質の重要な指標になっている窒素含量はアルファルファで3.25%、オーチャードグラスで2.37%とその差は0.88%と大きくなっている。これは蛋白質としてみると5.5%の蛋白質含量に相当するものである。アルファルファは無窒素施肥においてもほぼこの含量が維持され

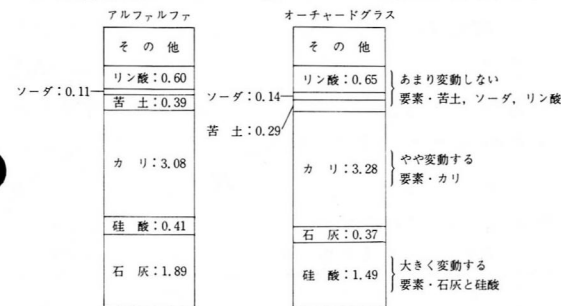


図1 両牧草の灰分特性比較

表2 アルファルファとオーチャードグラスの窒素含量比較**

	窒素含量(%)と*比率		窒素含量(%)と*比率
完全化学肥料及び堆きゅう肥と完全化学肥料施用アルファルファの平均窒素含有率、粗蛋白質含量	3.25%±0.44 粗蛋白質として20.31% (CP%) *比率—100—	完全化学肥料及び堆きゅう肥と完全化学肥料施用オーチャードグラスの平均窒素含有率、粗蛋白質含量	2.37%±0.40 粗蛋白質として14.81% (CP%) *比率—73—
無窒素肥料によるアルファルファの窒素含有率、粗蛋白質含量	3.13%±0.39 粗蛋白質として19.56% (CP%) *比率—96—	無窒素肥料によるオーチャードグラスの窒素含有率、粗蛋白質含量	2.07%±0.46 粗蛋白質として15.44% (CP%) *比率—64—

* 比率はアルファルファの完全区を100としたもの、** 洪積性重粘土層、粗粒火山性土層、石狩川沖積土層及び美唄高位泥炭土層の4年目草地、1・2・3番草の平均値である。

ることを考えると無視し得ないこの牧草の特性といえることができよう。この辺のところは栄養的にも窒素経済上からも重要なことと思われるので、あえて表として書き出して検討してみると次のようである(表2参照のこと)。

すなわち、アルファルファは窒素肥料を施用しなくても、施用した牧草の比率でおよそ96%の窒素吸収若しくは粗蛋白(CP)を含有しているが、一方のイネ科草のオーチャードグラスは相当の窒素肥料を施用してもアルファルファの73%の窒素または粗蛋白量であり、また窒素肥料や堆きゅう肥を施用しなければ64%ということになる。そしてこれらが、さらに、無窒素や無肥料の栽培の場合には大幅な収量低下(1/2~2/3の減収)となることを考えると窒素や粗蛋白一つとって考えても、この牧草の持つ栄養生理的特性の有意性が明らかになる。

土壌養分変化による両牧草のミネラル変化

正常生育アルファルファのミネラル組成は以上のようにであったが、しかし土壌の養分供給力が変化した場合にはどうであろうか、以下にこの点について記してみよう。もちろん草種や生育期、天候、季節によっても相違するものであるが、ここでは一応刈取適期のものについて記してみよう。

表3に示すように、リン酸では土壌中の有効リン酸が増大すれば、次第にアルファルファ中のリン酸含量が増大し、最低0.42%から最大で0.78%にとどまっている。しかし、一方のオーチャードグラスは0.21%から0.40%で最低も最高もアルファルファより低い。更にカリについては土壌中のカリ水準が増大すれば次第にアルファルファ中のカリが増大し、最低1.31%から最大3.78%であった。一方のオーチャードグラスでは1.49%から4.43%と増大していた。また、石灰についてはは

表 3 養分環境の変動による両牧草のミネラル含量の変化

a. アルファルファ (2 か年間の1～5 回刈取収穫物の平均値を示す)

施肥 処理 段階	窒 素		リン 酸		カ リ		石 灰		苦 土	
	乾物中 %	土壌中 全 N	乾物中 %	土壌中 リン酸	乾物中 %	土壌中 カリ	乾物中 %	土壌中 石灰	乾 物 中 %	土壌中 苦土
1	3.08	mg/100g 245	乾土 0.42	2.7	1.31	11.0	2.01	157	0.28(100)	17
2	3.20	↑	0.46	↓	2.34	↓	2.54	↓	0.53(189)	↑
3	3.12	増大	0.53	増大	2.86	↓	2.45	増大	0.65(232)	増大
4	3.69	↓	0.58	↓	3.07	増大	2.75	↓	0.92(329)	↓
5	3.73	620	0.64	↓	3.44	↓	2.97	970	1.25(446)	345
6			0.73	34.0	3.72					
7					3.78	271.0				

b. オーチャードグラス

施肥 処理 段階	窒 素		リン 酸		カ リ		石 灰		苦 土	
	乾物中 %	土壌中 全 N	乾物中 %	土壌中 リン酸	乾物中 %	土壌中 カリ	乾物中 %	土壌中 石灰	乾 物 中 %	土壌中 苦土
1	2.22	mg/100g 300	乾土 0.21	2.0	1.49	12.0	0.52	210	0.24(100)	24.0
2	2.63	↑	0.35	↓	3.02	↓	0.51	↓	0.33(138)	↑
3	3.19	増大	0.40	増大	3.60	↓	0.52	増大	0.36(150)	増大
4	3.41	600	0.41	↓	3.63	増大	0.56	↓	0.40(167)	310
5			0.40	23.0	3.88	↓	0.56	880		
6					3.87					
7					4.43	249.0				

・ Bray No.1 法 リン酸 ・・ 置換性の要素

アルファルファでは2.01%から最大2.97%となり、オーチャードグラスでは0.52%から最大0.56%にとどまっていた。苦土（マグネシウム）含量は、土壌中の苦土含量が増大するとアルファルファの苦土含量は最低0.28%から最大1.25%と増大したが、オーチャードグラスでは土壌中の苦土が増大しても0.24%から最大0.40%までしか高まらない。これはアルファルファの苦土含量からみれば3分の1である。

以上のことは土壌の養分状態が相違すること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吸収の相違を述べたのであるが、リン酸、石灰、苦土については、これらの成分が土壌中に豊富になったときアルファルファは良くこれらを吸収し、イネ科草のオーチャードグラスなどとは比較にならない多量のリン酸、石灰、苦土を含有する牧草となるということが知られるのである。

従ってこれまで言われていたようなイネ科牧草とマメ科牧草の混播ということの意義は、単に窒素の経済や乾草の作りやすさ、光の合理的な利用といった生産面だけでなく、もっとミネラル養分の吸収といったような家畜の健康の面から、このアルファルファというマメ科牧草が持つ役割に注意が向けられる必要がある。

アルファルファの炭水化物(TNC)・アミノ酸と温度

炭水化物 (TNC) の集積と温度：著者はかつて温度条件を32/27℃（夜間/昼間）と27/21, 21/15℃の3段階にしてアルファルファを栽培し、その炭水化物を測定してみた。その結果、いずれの品種でも低温条件の方が全生育期間で葉に対する炭水化物の集積速度が早いことが判明したのである。また、この傾向は根部でもみられ、茎部や株部ではそれほど温度変化に対する明瞭な差異は認め

られなかったのである。(表4参照)

このようなことから、低温条件が必ずしもアルファルファの炭水化物の生産に不利であるということとはできず、むしろ有利であるということができるのである。また品種の相違も見逃すことのできない温度反応を示す。すなわちフロリダ66は32/27や27/21℃という温度条件で根部への炭水化物の集積は他のバーナルやコーデイ品種と比べて極めて低いことが認められるのである。このバーナルは寒冷地向きの品種として北米一般の標準品種であり、コーデイは暖地のフロリダ66との中間的な品種であるから、これらの品種の持つ特性がよく発揮されているように思われる。このようにみてくると、温度の低いといことが必ずしも不利な

表 4 第1花期で収穫されたアルファルファの温度変化による炭水化物(TNC)の集積状態(mg/日/ポット)(人工気象室)

アルファルファの 品 種	温度条件		
	32/27℃(昼/夜)	27/21℃	21/15℃
		葉 部	
バーナル(寒地向)	3.6	5.5	13.3
コーデイ(中間)	3.2	4.6	10.6
フロリダ66(暖地向)	3.0	4.8	12.6
		茎 部	
バーナル	2.9	4.2	4.7
コーデイ	2.4	4.2	3.4
フロリダ66	2.6	2.8	3.3
		株 部	
バーナル	3.4	1.0	2.4
コーデイ	1.8	2.9	3.0
フロリダ66	3.3	1.8	3.8
		根 部	
バーナル	10.6	10.9	17.3
コーデイ	2.4	13.9	14.4
フロリダ66	-1.8	3.4	14.9

表 5 温度の変化によるアミノ酸含量の変化(品種 ライゾーマ)

合 計	15 ℃	20 ℃	25 ℃	30 ℃
1 初期生育 番 草	25.72(100)	23.21(90)	21.00(82)	17.22(67)
2 番 草	27.96(100)	21.64(77)	18.42(66)	17.15(61)
3 番 草	27.95(100)	25.14(90)	22.74(82)	20.80(75)

大原洋一氏のデータより作表。()内数値は15℃を100とした比率。条件とばかりはいえづかえって葉部や根部における炭水化物の集積を盛んにするものであることがわかるのである。

蛋白質、とくにアミノ酸の集積と温度：アルファルファの蛋白質とくに粗蛋白質(CP)はこの牧草の窒素(N)含量を測定して、これに6.25を乗じて算出する方法が一般に行われているので、既に記したように、この窒素含量が3.25%であり、オーチャードグラスが2.37%であるということは、アルファルファの粗蛋白質は20.3%であるのに対してオーチャードグラスの粗蛋白質は14.8%ということである。そしてこの両牧草の差異は5.5%アルファルファが多いということである。

さてアミノ酸であるが、帯広畜産大学の大原洋一助教授によれば、30℃から15℃への温度低下に伴いアミノ酸含量の25~35%の増大が各刈取期において認められている。アミノ酸の種類ではとくにリジン、アルギニン、アスパラギン酸、セリン、バリン、メチオニン等の増大が大きいようでもある。(表5参照のこと)

このように温度の低下によって、アルファルファの体内成分が相対的に増大するということは、アルファルファの生存のためにも、また飼料価値の向上の上からも望ましいことと考えられる。

アルファルファの造成と施肥

排水不良と生育：アルファルファが排水不良地で生育ができないことは良く知られているところである。それは旺盛な根部の呼吸作用を阻害するためと考えられている。十分量の酸素が根部へ供給されるような通気・通水に配慮することがアルファルファ生育を良好にするための必須条件である。しかし、アルファルファの初期生育段階では水分が不足するよりは、やや多い方が良好な初期生育を期待できる。

リン酸と初期生育：土壌中の有効リン酸がアル

ファルファの初期生育のために有効であるということは、今では極めて常識的なこととなった。これは土壌のpHの矯正と共に、どうしてもアルファルファ草地造成のために克服しておかねばならない重要課題である。pHが低く、土壌が酸性に傾くと土壌中の活性アルミニウムや活性鉄が増大し、このアルミニウムや鉄が有効リン酸をアルファルファが利用できないように固定する。そこでリン酸が少なかったり、pHが低い土壌では生育不良となるわけである。このpHの矯正のための石灰施用やリン酸肥料の多施用ということは、アルファルファ草地を造成するための第1の技術である。このpHの矯正目標は水pHで6.5、塩化カリpHで5.5くらいとすること。土壌中の有効リン酸は30mg/100g乾土以上とすることを一つの目標とすべきである。しかし、土壌の分析をいちいちやって施用するということの難しい人は、石灰であれば炭カル200kg/10aと過石の50kgと熔成リン肥の50kg/10aくらいを施用すれば、この種の問題は一応解決していると思われる。

カリの施用：森林であった土地やこれまで畑地として利用してきたところにアルファルファ草地を造成しようとするときは、カリ施肥はほとんどの場合必要としない。しかし、これまで草地として利用していたところを耕起して、再びアルファルファ草地として利用しようとするときは、相当量のカリ施肥が必要となる。それは、先に記したように、この牧草のカリの吸収量が極めて多いからである。

草地を更新して新しくアルファルファを作ろうとする草地には、少なくとも硫加を20kg/10a以上は施用する必要がある。しかし、牛尿や堆きゅう肥も極めて速効性のカリ肥料であるから、これらの施用も有効である。

また一度造成されたアルファルファ草地を維持し続けるためにも、このカリ施肥は重要である。

アルファルファの維持管理と施肥

冬枯れと施肥：造成されたアルファルファを維持する問題では冬枯れの原因解明が課題である。施肥と冬枯れの関係では表6のようにカリ施肥の重要であることが判明している。窒素の施肥はか

表 6 アルファルファの生育と石灰、リン酸、カリの関係
(Wilsonによる; 1960)

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	でん ふ 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	19.7	15.4	3.8
10	132	250	20	17.9	16.6	4.2
5	264	0	50	18.3	15.0	3.9
5	0	500	20	18.3	15.0	3.5
5	264	500	20	19.7	17.1	4.5

えって冬枯れを助長することも知られているから、混播の場合などは窒素の施肥を秋口に多くならないように注意しなければならない。また石灰やリン酸だけの施肥でも冬枯れ率を無肥料区の90%よりは大幅に低下せしめているから、これらの肥料の施肥についても十分注意することが必要である。

刈取と再生長：アルファルファが刈取られたとき、どのようなストレスがアルファルファに与えられ、その後どのように生長に影響するかということは、この牧草の維持を考える上で十分理解しておく必要がある。刈取られたアルファルファは、その根部に貯蔵されていた炭水化物が地上部の再生長のために利用される。この利用割合は地上部の同化によるよりも多いので、根部に貯蔵されていた炭水化物は次第に減少してくる。このような事実は刈取を頻繁に行なったり、高温時に行われるときは一層その割合が進行する。従って、初秋、北海道では9月中旬から10月中旬の刈取は、地下部の炭水化物が地上部に移行して、根部にはフリーの水分が多くなり、炭水化物が少なくなる。この時期に厳しい寒波が訪ずれるようになるので、大きな冬枯れ被害を招くことになる。

また、初期生育の段階で、また十分根部に蛋白質や炭水化物が充実しないときに、アカクロバやラジノクロバのように掃除刈りを行うと、多くの場合、アルファルファは消滅してしまうのである。これが雑草が多く、しかも土壌中のpHが低く、リン酸が少なく、カリの不足しているような条件でなされれば、その被害は壊滅的となる。多くのアルファルファ造成の失敗はこのようなアルファルファ生理の無理解による場合が非常に多いといわなければならない。

土壌凍結と冬枯れ：さて、このような冬枯れの機構については、既に記したように、再生長の関係もあるが、この冬枯れと環境とくに温度との関係について、ウィスコンシン大学のデール・スミ

ス教授らは、次のような実験から、その内容を明らかにしている。このことは、最近、根釧農試の能代昌雄氏によって、牧草の耐凍性として発表されている。すなわち、-8℃で4時間凍結した後、蒸溜水中に溶解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、ウィスコンシン州のマジソンの気温や地温が低下すると、それに伴ってアルファルファの電解質の割合が低下している。更に古く1930年代にデキスターらは、アルファルファの品種によってもこの電解質量が異なり、電気伝導度が相違することを認めている。

さて、最近、根釧農試において、山口宏・赤城仰哉氏は、粗粒の火山性土壌において、土壌の仮比重が増大することによって氷層を減少せしめ得ることを認め、さらに根量の増加に伴って「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^か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、そのことによって根釧地方のような粗粒火山性土壌で、降雨少なく、しかも寒冷な地方においても、アルファルファを生育せしめ得ることが可能であるとしている。また根量増加のためのイネ科草とくにブroomグラスの効果も認めている。

おわりに

アルファルファの栄養生理を施肥という面から記述してみた。同じマメ科牧草であっても、アカクロバやラジノクロバとはだいぶ様子が違うアルファルファは、やはりその特性を十分理解して、その造成や維持に努力しなければ、その目的を達成することはできないであろう。

土壌の排水、雑草、pH 6.5(H₂O)、リン酸多施用などに注意してアルファルファを造成し、刈取時期、冬枯れ、カリ、リン酸、石灰、苦土などの施肥を心して維持すれば、必ずイネ科牧草とかトウモロコシとは違った飼料としてのアルファルファが必ず生産可能となるであろう。

最後に硼素欠乏症も2,3年目ころから出現する。その含有量はアルファルファ乾草1,000 kg当り10 g程度であるから10 a当り2 kg相当の硼素肥料の施肥にも注意されるのがよろしかろう。