

環境条件がアルファルファの牛育に及ぼす影響 第3報

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者	佐藤, 庚
巻/号	43巻1号
掲載ページ	p. 59-67
発行年月	1974年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



環境条件がアルファルファの生育に及ぼす影響

第3報 日長と温度の組合わせによる光合成組織の発達と構造の変化*

佐 藤 庚

(東北大学農学部)

温度に対するアルファルファの生育反応についてはいくつか報告があり^{2,5,6,7)}、収量は高温よりも冷涼な気温下で高いことが知られている。著者は前報^{6,7)}で日長・温度の組合わせに対する生育反応、体内成分の変化、再生反応などを報告したが、そこではこれらの変化を生ずる要因については考慮が少ない。本報はその要因の一つとして光合成作用の中心器官としての葉に注目し、その発達、解剖的特性の変化をしらべたものである。

アルファルファの葉の構造については Turrell⁸⁾ が個体を構成する分枝の種類別に葉の詳細な観察を行ない、大きい葉ほど細胞間隙が大きいことを示した。Gindel⁹⁾ はアルファルファの再生葉の大きさ、気孔密度、細胞の大きさなどが再生時の土壌水分によつて変わることを報告し、Barnes ら¹⁾、Pearce ら⁴⁾ は、アルファルファの品種間、品種内の SLW (Specific leaf weight) の変異が大きく、一般に SLW の高い葉の光合成速度が大きいこと、このことは遺伝的な場合はもちろん、SLW が環境によつて変化する場合にもあてはまるとしている。著者も前報⁷⁾において、昼温が 20~25°C において葉の大きさは最大で、昼温 30° および 15°C では小形となること (この場合夜温はそれぞれ 5°C 低い) を示した。最近 Bula²⁾ は 20~35°C の範囲では、個体あたりの葉の重量、葉面積は 25°C で最大、35°C で最小、小葉の大きさは 20°C で最大、高温となるほど小形化すること、SLW は 35°C で最大、他の区間の差はほとんどないこと、20° あるいは 25°C の葉の細胞は他より大きく細胞間隙も大きいことなどを報告している。しかし上述のいづれも、日長と温度を組合わせた条件は設定しておらず、これに対する葉の発達、構造ことに気孔分布などの変化については成績が見当たらないようである。

材料および方法

I. 日長、温度の組合わせの影響 (1965 年度)

観察材料は前報⁶⁾の処理で得られたものであるから、

* 昭和 48 年 7 月 23 日受理

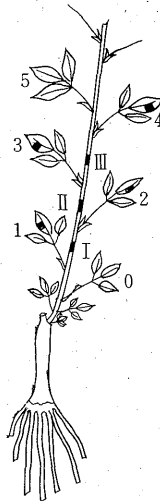


Fig. 1 Diagrammatic drawing of alfalfa plant, showing the positions from which the leaf and stem samples were taken. Leaf 0 is the top leaf expanded at the start of treatments (1965)

供試品種や栽培法、処理法は前報の通りであるが一部重要な点を摘記する。日長条件は朝 8 時 30 分から夕 4 時 30 分まで 8 時間自然光にあてる短日区と、4 時 30 分に天蓋がかむつて暗になると同時に各室 40 ワット電灯 1 個で 4 時間および 8 時間補光して 12 時間および 16 時間日長とする中・長日区、温度条件には昼温 30°, 25°, 20°, 15°C, の 4 室 (夜温はそれぞれ 5°C 下がる) を用いた。全区昼温期間は自然光を受ける 8 時間とし残りを夜温に保つた。処理 6 週間後の 12 月 27 日に一斉にサンプルして、fig. 1 に示すように処理開始後主茎に展開した第 2~第 4 葉の頂小葉と、I~III 節間を FAA 液で固定、いづれもパラフィン切片とし、節間については一部徒手切片とした。葉身の表皮系はスンプ法で観察したが、向軸面には毛茸が多く見にくいので主に背軸面を測定した (fig. 2)。

II. 生長解析 (1970 年度)

cv. Du Puits の 1 クロンを用い、1 腋芽をもつ茎の切断片 (節の上部の節間を 2mm 前後、節の下部の節間を 4~5cm 含む) を 7 月 27 日にパーミキュライトに挿し、8 月 10 日に発根した個体を径 9cm、高さ 20cm のエスロン製鉢に 1 個体ずつ移植した。用

土、施肥法は前報^{6,7)}同様である。新たに伸長した新梢を8月15日に茎の基部2節を残して切除し、残した2節の腋から2本の分枝を伸長させた。8月19日各茎2~3展開葉をもつ揃った個体を選び(各区8個体)、昼温一夜温を30—25, 25—20, 20—15, 15—10°Cの恒温に調節した自然光のファイトトロン4室に搬入した。1965年、70年両年度とも各室の表示には便宜上昼温を用いる。午前6時から午後6時までの12時間を自然光にあてこの間の温度を昼温とし、残り12時間を暗黒に保ち夜温とした。処理開始時の平均草丈は9.5cm、葉数4.0、葉面積7.2cm²で、全乾物重は0.14gであつた。処理22日目の9月10日に全区を一斉にサンプルして、林電工業面積計で葉面積を測定、70°Cで送風乾燥して乾物重を求め、生長解析に供した。

実験結果

I. 葉の発達

table 1 に示すように、日長が短いほど、温度が低いほど、地上部全重に対する葉と若い分枝の重量割合が大きく、光合成器官に対する乾物配分が多い。1970年度の成績でも低温ほど葉身割合が高い(table 5)。処理中に展開した主茎葉の数は、30°で12枚強となり最も多く、低温ほど少なくとも15°では5枚にすぎない。従つて1葉平均展開日数は高温ほど少なく、30°で2日強、15°で6日であつた。高温ほど葉の発達が

早いことは Wolf and Blaser⁹⁾ の認めたところである。また葉の全窒素含有率は高温、長日で低い。

頂小葉の大きさ、形は fig. 3 に示す通りである。長日条件では20°, 25°の葉長、葉幅は30°, 15°より大きく、かつ葉位がすすむほど葉長が伸び葉面積も増大するのに対して、35°, 15°では葉は次第に小形となつた。葉柄長は生長量が最大の25°で最も長く、20°, 30°, 15°の順に短い。

12時間、8時間の両日長下では25°の葉長、葉幅、葉面積が最大で15°で最小である。日長が短いほど葉は小さい傾向があり、ことに8時間15°では葉位がすすむにつれ急速に小形化した。本実験では自然光を受けたのは全区8時間でこの間が昼温に保たれ、12時間、16時間日長は40ワットの白色電灯1個による補光をそれぞれ4時間、8時間行なつたもので補光のエネルギーはきわめて小さい。したがつて3日長区の受光全エネルギーには大差がないのに短日ほど葉が小さくなる点は注目すべきであらう。小葉の長さ/幅比は3日長区とも高温ほど、また上位葉ほど大きく、葉形は次第に狭長となる。

II. 葉と茎の構造

table 2 に示すように葉身、葉肉の厚さは低温となるほど大きく、短日区は長日区より厚い傾向がある。第4葉の頂小葉について相対葉面積(長さ×幅)と葉の厚さ、葉肉の厚さとの相関係数はそれぞれ -0.775^* 、 -0.822^{**} であり、葉身が大きく展開する場合にはそ

Table 1 The development of photosynthetic organs as affected by photoperiod and temperature. (Means of 5 plants, 1965)

Photoperiod	Temp. °C Day-Night	Total DW g	Leaf/Stem ¹⁾ ratio	Leaf, ²⁾ Branch %	Total-N ³⁾ conc. of leaf	Water % of top
16h	30—25	2.4	0.59	52.4	3.55	76.9
	25—20	3.5	0.44	39.7	4.15	77.4
	20—15	3.4	0.67	52.4	4.48	78.7
	15—10	2.1	0.93	59.3	4.63	79.9
12h	30—25	2.8	0.53	51.2	4.06	78.3
	25—20	3.6	0.84	61.2	4.68	80.5
	20—15	3.8	0.93	70.4	4.70	82.6
	15—10	2.2	1.02	67.7	5.14	81.4
8h	30—25	2.4	0.74	60.9	4.12	78.8
	25—20	3.9	0.71	62.7	4.60	80.9
	20—15	3.5	1.11	73.9	4.86	80.5
	15—10	2.1	1.16	68.9	5.01	79.9

1) Measured on the 2 main-shoots per plant

2) Dry weight of leaves and branches/dry weight of total top

3) Dry weight %

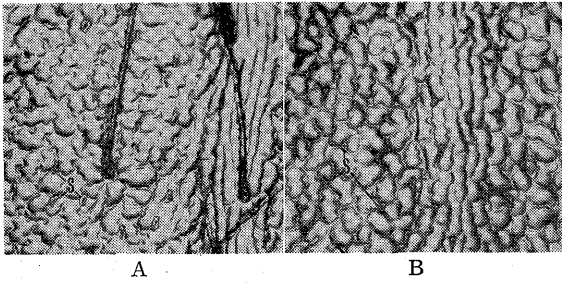


Fig. 2 The impressions by Sump method of adaxial (A) and abaxial (B) epidermis of alfalfa leaf ($\times 70$) S: Stomata

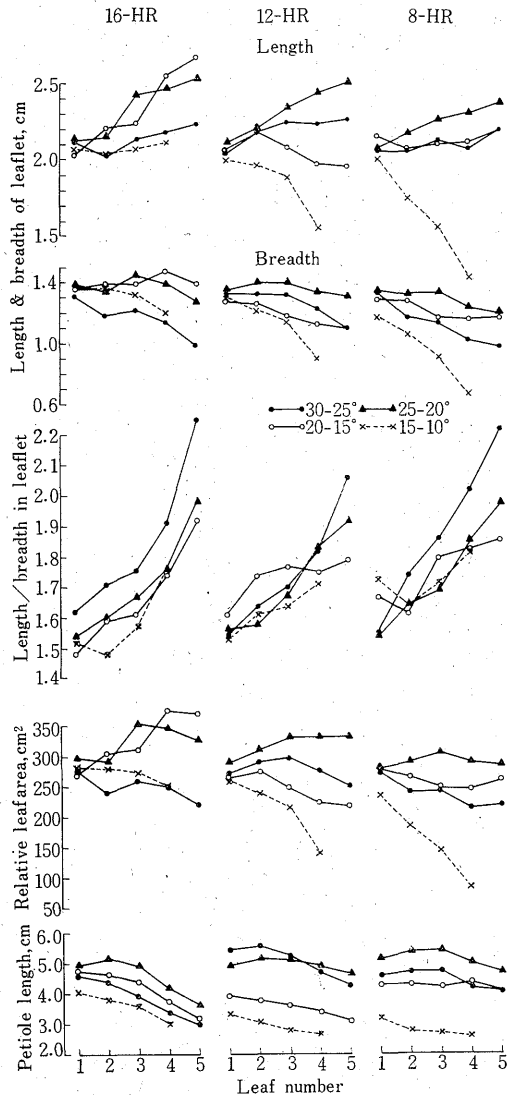


Fig. 3 Shape and size of leaves successively expanded on the main-stem during the photoperiod and temperature treatments (terminal leaflet, 1965)

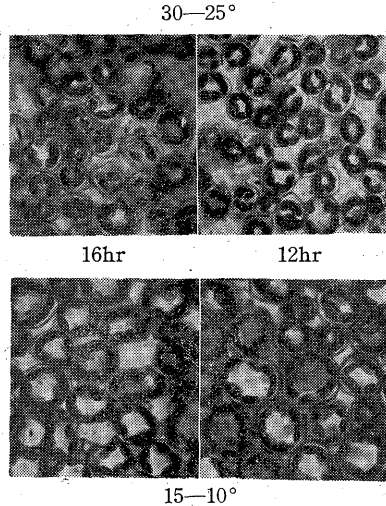


Fig. 4 Tangential sections of palisade tissue showing the diameter of palisade cells and the intercellular spaces as influenced by temperature and photoperiod (1965) $\times 360$

の厚さは薄くなる傾向が認められる。葉脈間距離は8時間—15°C区を除いて低温ほど大きい。8時間—15°C区の葉脈間距離は小さいがこれは葉が極端に小形化したことと関係があると思われる。裏面表皮をスンプ法でしらべた結果、孔辺細胞を除く表皮細胞(孔辺細胞は残りの表皮細胞にくらべて著しく小形だからである。fig. 2 参照)の平均面積は20°C区が最大でこれより高温ほど小さく、また15°C区でも小さい。面積当りの気孔数(気孔密度 Stomatal density)は細胞の大きさと逆に20°C区が最少、30°C区で最も多い。全表皮細胞数に対する気孔数の割合(Stomata index)は処理間の差が明らかではない。第4葉は処理前既に気孔分化が終つていたのであろう。

第4葉の頂小葉を葉の表面に平行に切片を作り柵状細胞の数と直径を求め、また小葉の横断切片から柵状細胞の長さを測定した(table 3, fig. 4)。面積当り柵状細胞の数は高温ほど多く、その直径は低温ほど大きい。日長の影響は明らかではない。長南³⁾の方法で葉中の空隙率を測定したが、昼温20°Cで最大、25°Cこれに次ぎ15°Cで最少となり、大形の葉ほど空隙が多いとする Turrell³⁾の観察と一致した(table 5)。葉の発達、葉面積、細胞の大きさ、間隙などは Bula²⁾と一致するところが多い。

茎の解剖結果は table 4 に示される (fig. 5 参照)。茎の太さは長日区は短日区より大きく、長日区は20°C、短日区は25°Cで最大となり、これより高温、

Table 2 Anatomical characters of alfalfa leaf as affected by photoperiod and temperature (Means of 3 successive terminal leaflets each with 5 replicates, 1965)

Photo-period	Temp. °C Day-Night	Leaf ¹⁾	Mesophyll ¹⁾	VB ²⁾	Epidermis ³⁾		
		thickness μ	thickness μ	interval μ	Stomatal density ⁴⁾	No of other ⁵⁾ cells per mm ²	Stomata index, %
16h	30—25	140	108	16.5	75	341	18.0
	25—20	147	111	19.2	56	260	17.7
	20—15	148	109	22.2	55	232	19.1
	15—10	175	132	23.7	62	279	18.2
	Mean	153	115	20.4	62	278	18.3
8h	30—25	148	115	16.6	77	322	19.3
	25—20	145	112	18.6	66	267	19.8
	20—15	167	128	20.0	60	240	20.0
	15—10	187	145	17.0	66	279	19.1
	Mean	162	125	18.1	67	277	19.6

- 1) Measured in the middle between veinlets at the transverse sections
- 2) Including fine veinlets
- 3) All values were calculated from the counts in the impressions by Sump method of abaxial surface of the 4th terminal leaflet
- 4) Number of stomata per mm²
- 5) Excluding stomata

Table 3 Density, diameter and length of palisade cells measured at tangential and transverse sections, respectively, of the 4th terminal leaflet (1965)

Photoperiod	Temp. °C Day-Night	No of cells per	Diameter of cell	Length of cell ¹⁾
		0.017mm ²	μ	μ
16h	30—25	80	16.6	39.5
	25—20	60	22.7	41.9
	20—15	58	24.7	42.9
	15—10	49	27.5	46.0
	Mean	62	22.9	42.6
8h	30—25	77	19.9	39.0
	25—20	67	22.1	43.4
	20—15	51	24.0	46.8
	15—10	44	26.7	54.3
	Mean	60	23.2	45.9

- 1) Length of the larger cell was measured when the two cells of almost same length made in pairs a row of palisade tissue at right angles to leaf surface

低温でそれぞれ細くなっている。皮層は葉緑体をもつので光合成組織とみられるが、その厚さも僅かながら低温ほど大きい傾向を示し、日長の影響は明らかではない。その細胞層数には差が認められないから低温ほど細胞が大きいのであろう。内皮(澱粉鞘)における澱粉の蓄積程度は、長日は短日より多く、25°、20°両区は多いが30°区は著しく少ない。茎全体の全窒素含有率は葉と同様に短日、低温となるほど高い。繊維層を含む維管束全体の厚さは茎の太さと比例的で、長日は短日より、また15°区を除き低温ほど厚い。

III. 温度の影響に関する生長解析 (1970 年度)

Table 5 に示したように、草丈は高温ほど高いが分枝数は20°で最大、これより高温、低温で少ない。個体の全葉面積、平均1葉面積、全乾物重は昼温20°で最大、25°、15°、30°の順に小さい。T/R率は高温ほど高く、葉/茎比は低温ほど高まることは前報⁶⁾の結果と同様である。SLW (Specific leaf weight) は低温ほど高まる傾向があり葉の厚さと関係が深いと思われる (table 2)。

相対生長率 (RGR), 相対葉面積生長率 (RLGR),

Table 4 Diameter and chlorenchyma thickness of internode as affected by photoperiod and temperature (1965)

Photoperiod	Temp. °C Day-Night	Diameter mm	Chlorenchyma thickness, μ	Starch ¹⁾	Total ²⁾ N, %
16h	30—25	1.82	51	+	1.56
	25—20	2.30	53	##	1.84
	20—15	2.35	54	##	2.04
	15—10	2.17	57	##	2.37
8h	30—25	1.68	51	tr	1.83
	25—20	2.06	52	+	2.01
	20—15	1.61	55	+	2.52
	15—10	—	—	—	3.20

Notes : Means of 3 successive internodes each with 5 replicates

- 1) Degree of starch deposit at endodermis.
- 2) Nitrogen concentration of stem by dry weight

Table 5 Growth of alfalfa plant as affected by temperature (Means of 8 plants, 1970)

Temp. °C Day-Night	Plant height cm	No of branch	Total leaf number	Total leaf area, cm ²	Mean leaf area cm ²	SLW ¹⁾ mg. cm ⁻²	T/R ²⁾ ratio	Leaf/ Stem ratio	Total dry weight, g	Water % of leaf	Air-space % of leaf ³⁾
30—25	40	3.6	24	82.4	3.5	2.33	14.3	1.03	0.46	85.1	10.6
25—20	37	4.5	26	111.7	4.3	2.47	5.5	1.19	0.69	83.7	11.2
20—15	38	5.8	26	154.6	5.9	2.44	3.4	1.32	1.05	84.2	12.3
15—10	18	3.1	17	69.8	4.1	2.85	2.9	3.06	0.51	83.8	8.4

- 1) Specific leaf weight; dry weight of leaf (mg)/leaf area (cm²)
- 2) Top/Root ratio
- 3) Volume of air-space/volume of leaf × 100

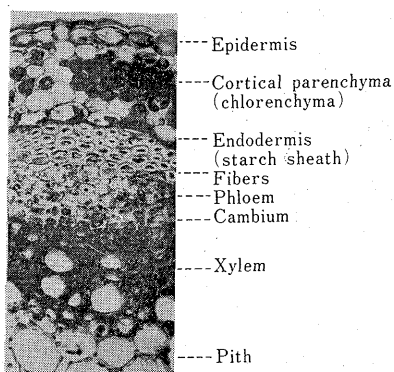


Fig. 5 Transection of sector of alfalfa stem (×140)

純同化率 (NAR), 葉面積比率 (LAR) などを Fig. 6, B に示す. LAR は高温ほど大きく, これと RGR との関係はうすい. RGR, RLGR, NAR は, 生長量が最大の昼温 20° でいずれも最大となり, 25° がこれに次ぐ. RLGR が 15° の低温で急激に減少するのに対して, NAR の減少程度は少ない. これと反対に 30°

Table 6 Correlation coefficients between total dry weight and several characters of plant as influenced by photoperiod and temperature (1965)

Character	r	
	I	II
Diameter of stem	0.465	0.490
DW % of tops	-0.182	-0.595
DW of leaves	0.866**	0.774
Total plant/leaf (DW)	-0.056	0.105
Leaf/Stem ratio	0.334	0.155
N % of leaf	0.105	0.776
DW of nodules	0.556	0.765
Thickness of leaf	-0.480	0.341
of mesophyll	-0.512	0.207
Size of epidermal cell ¹⁾	0.641	0.841*
Diameter of pallsade cell ²⁾	-0.080	0.785
Length of pallsade cell ²⁾	-0.228	0.792
Vascular bundle interval	0.179	0.702

I : Including all plots

II : Excluding 15—10° plot

1) Excluding guard cells

2) Measured on the 4th terminal leaflet

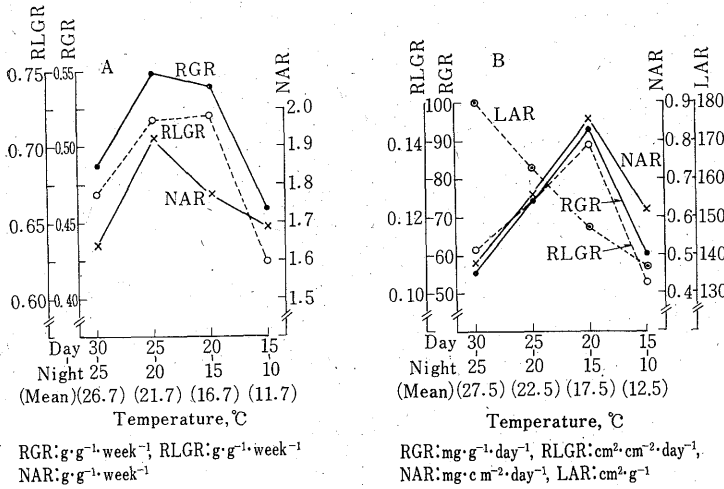


Fig. 6 RGR, RLGR and NAR as affected by temperature in 1965(A) and 1970 (B). In 1965, RLGR and NAR were calculated using leaf weight instead of leaf area, since the area was not estimated. The respective values of A are the means of 3 photoperiods treatments.

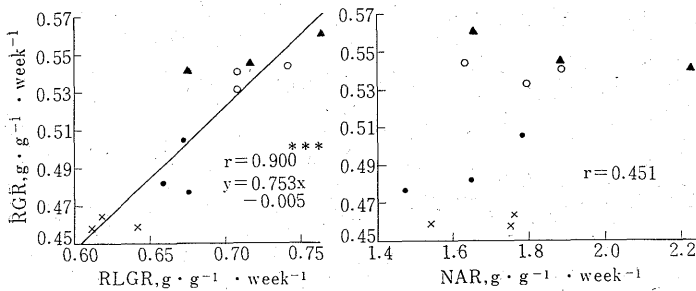


Fig. 7 Correlations between RGR and RLGR, RGR and NAR. Leaf weight was used instead of leaf area for calculation of RLGR and NAR (1965).

● 30—25°, ▲ 25—20°, ○ 20—15°, × 15—10°

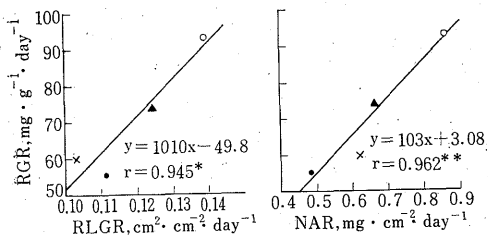


Fig. 8 Correlations between RGR and RLGR, RGR and NAR (1970)

● 30—25°, ▲ 25—20°, ○ 20—15°, × 15—10°C

では RLGR の減少程度にくらべて NAR の減少の方が大きい。1965 年度は葉面積の測定を欠いたので、面積の代わりに葉重を用いて RLGR, NAR を計算した結

果を Fig. 6, A に示す。RLGR と NAR の高温、低温下の変化の様相は B におけると同様であるが、RGR, RLGR とともに 25° と 20° の間に明らかな差がない点 B とは異なつた。

兩年度の RGR と RLGR, NAR との相関を求めると (fig. 7, fig. 8), '65 の成績では RGR したがつて乾物生産は RLGR と強い相関をもつのに NAR との相関は弱い。'70 の成績では RGR は兩者と強い相関をもち、しかも NAR とより密接な関係をもっている。この喰いちがいの一因は、上述のような計算基礎のちがいで、'65 年は 3 日長処理を含むのに '70 年は日長処理がないこと、昼夜夜のそれぞれの時間がちがいで従つて日平均気温が異なること、処理期間 (前者で 6 週間、後者は 3 週間) のちがいにあり得ると思われる。従つて兩者の厳密な比較は無理であろう。SLW と NAR との間には必ずしも密接な関係はなく (table 5), 温度反応に関する限り Barnes ら¹⁾や Pearce ら²⁾の報告と一致しなかつた。

考 察

兩年度の温度に対する RGR, 従つて乾物生産の序列が異なるのは、前述の様々な要素が複雑に関与するからであるが、主因は温度処理法のちがいでないかと推測している。'65 年度は、午前 9 時から午後 5 時までの 8 時間を自然光にあて、この間を昼温に保ち、残り 16 時間を夜温に保つた。'70 年度は午前 6 時から午後 6 時までの 12 時間を自然光にあて昼温に保ち、残り 12 時間を夜温とした。従つて気温処理を 1 日の平均気温で表わすと乾物生産の序列は、'65 年度が 21.7>16.7>26.7>11.7°C の順、'70 年度が 17.5>22.5>12.5>27.5°C の順となる。従つて乾物生産の適温は平均気温では 20°C 前後とみられ、これを遠ざかるほど生産を減らすようである。

短日、低温となるにつれ葉/茎比が高まり、葉の窒素含有率、葉の厚さ、葉肉の厚さ、柵状細胞の大きさ、

茎の葉緑組織の厚さなどが増大することは物質生産に好ましい体制と考えられるが、同じ条件は同時に乾物分配を地下部に多からしめ⁶⁾、葉の展開速度をおくらせ、葉を小形化し葉の乾物重を小ならしめるのでこの点ではマイナスに働くであろう。

'65, '70 両年度の生長解析 (fig. 6~8) および乾物生産量といくつかの形質との相関 (Table 6) から乾物生産を考察しよう。まず、日長と温度が比較的長期間異なり、それに応じて生育ステージに著しい変化をもたらした⁶⁾ '65 年度の場合には (完全な vegetative growth のものから開花中のものまでが含まれる)、アルファルファの RGR について乾物生産を支配する大きな要因は葉の相対生長率 RLGR であり、葉の絶対量 (table 6) であるといえよう。その他の形質では密接な相関は認められない。'70 年度のように温度処理期間が短かく、日長処理を与えず、したがって生育ステージに変化の少ない場合には、RGR、乾物生産は RLGR、NAR 両者と相関が強く、純同化率も一方の支配要因であることを物語る。'65 年度の成績でも (table 6)、15° 区 (平均気温 11.7° 区) が特別な反応を示して乾物生産との関係を乱しているため、この区を除外して純同化率に関与すると思われる形質の中では、葉の窒素含有率、根瘤の乾物量、表皮や柵状細胞の大きさ、維管束間距離などが、純同化率の増大を通じて乾物生産とかなり高い正の相関を示すようになった。柵状細胞の大きさ (第4葉の頂小葉の値) は、同小葉の厚さとの間に $r=0.905^{**}$ の高い相関をもつので、葉の分化から展開まで完全に処理の影響を受けると推定される、さらに上位の葉を調べると、葉の厚さ、葉肉の厚さも、Barnes ら⁷⁾、Pearce ら⁸⁾ のいうように、純同化率を高めることを通じて乾物生産と一層強い相関を示すに至るかもしれない。

以上のように、本実験の範囲では、乾物生産を支配する要因の一つは葉の形成速度であり、他の一つの純同化率はそれを支配する要因が複雑で単一形質ではなく、ことに日長が関与して植物の生育ステージが大きく変る場合には純同化率と乾物生産との関係は弱まる。しかしその場合でも純同化率と関係の深い特長は平均気温 11.7° という低温を除外すると、内容的には高い窒素含有率、構造的には厚い葉肉、大きな細胞および細胞間隙、広い維管束距離などであった。

摘 要

日長 (8, 12 および 16 時間) と温度 (15~30°C の昼温) を組合わせた環境下に栽培したアルファルファ

の地上部の中、光合成に関係の深い器官、組織の発達とその解剖的特長をしらべると共に、生長解析を行なつて乾物生産を考察した。

1) 短日、低温は長日、高温にくらべて葉/茎比を高め光合成組織により多く乾物を配分した。葉の窒素含有率も短日、低温で高い。しかし葉の展開速度は低温ほど小さかつた (table 1)。

2) 日長のいかんを問わず、小葉の大きさは 20~25° で最大、30°, 15° では小形となり、特に短日 15° で著しく小さかつた。一般に葉の大きさは日長が長いほど大きかつた。葉柄長は 25° で最長、15° で最短であつた (fig. 3)。

3) 葉の厚さは低温ほど大きく、短日の方が長日より厚い傾向があつた。葉脈間距離は低温ほど大きい傾向があつた。表皮細胞の面積は 20° で最大、これより高温で小さく、15° でも小さかつた。面積当り気孔数は細胞の大きさと逆関係にあり、20° で最少 30° で最も多かつた (table 2)。単位葉面積当りの柵状細胞数は高温ほど多く、その直径は高温ほど小であつた (table 3)。大形の葉ほど細胞間隙を増加する傾向があり、15° は最も小さかつた。

4) 茎の太さは長日で大きく、温度は 20° で最大となつた。その葉緑組織の厚さは低温ほど大きい傾向があつた。内皮の澱粉蓄積は 20~25° で多く、また長日で多かつた。茎の窒素含有率も短日、低温で高かつた (table 4)。

5) 日長を変えず、温度処理も短期間であつたために生育ステージに大差のない 1970 年度の実験では、1葉の大きさ、株の全葉面積、全乾物重は 20° > 25° > 15° > 30° の順となつた。SLW は低温ほど高い傾向を示した (table 5)。

6) RGR は、生育ステージに大差のない場合には RLGR、NAR 両者と強い相関を示したが、日長が異なり生育ステージに大差が生ずる場合には、RGR は RLGR との相関が強く、NAR との相関は弱まつた (fig. 7, fig. 8)。

7) 本実験の範囲内では、長日で平均気温が 20° 前後の温度は、内容的に窒素含有率が比較的高く、形態的には単葉の大きさ、柵状細胞の大きさ、細胞間隙の大きい大形の葉を速やかに展開することにより乾物生産を最大にした。

終りに本実験の管理、調査にあたり援助をいただいた伊藤陸泰氏 (現新潟大学) と本学技官大友健二氏に深謝いたします。

引用文献

1. BARNES, D.K., P.B. PEARCE, G.E. CARLSON, R.H. HART and C.H. HANSON, 1969. Specific leaf weight differences in alfalfa associated with variety and plant age. *Crop Sci.* **9**: 421—423.
2. BULA, R.J. 1972. Morphological characteristics of alfalfa plants grown at several temperatures. *Crop Sci.* **12**: 683—686.
3. 長南信雄 1971. 体積法による葉の細胞間隙の測定 日作紀 **40** (別2): 107—108.
4. GINDEL, I. 1968. Dynamic modifications in alfalfa leaves growing in subtropical conditions. *Physiol. Plant.* **21**: 1287—1295.
5. PEARCE, P.B., G.E. CARLSON, D.K. BARNES, R.H. HART and C.H. HANSON. 1969. Specific leaf weight and photosynthesis in alfalfa. *Crop Sci.* **9**: 423—426.
6. ROBINSON, G.D. and M.A. MASSENGALE, 1968. Effect of harvest management and temperature on forage yield, root carbohydrates, plant density, and leaf area relationships in alfalfa (*Medicago sativa* L.), cultivar 'Moapa'. *Crop Sci.* **8**: 147—151.
7. 佐藤 庚 1971. 環境条件がアルファルファの生育に及ぼす影響 第1報 日長, 温度の組合わせが生育と体内成分に及ぼす影響 日作紀 **40**: 120—125.
8. ————— 1971. ————— 第2報 刈取前後の日長, 温度処理が再生に及ぼす影響 日草誌 **17**: 127—132.
9. TURRELL, F.M. 1942. A quantitative morphological analysis of large and small leaves of alfalfa, with special reference to internal surface. *Amer. Jour. Bot.* **29**: 400—415.
10. WOLF, D.D. and R.E. BLASER, 1971. Leaf development of alfalfa at several temperatures. *Crop Sci.* **11**: 479—482.

Growth and Development of Alfalfa Plant under Controlled Environment

III. The effects of photoperiod and temperature on the growth and anatomical features of photosynthetic tissues

Kanoë SATO

(Faculty of Agriculture, Tohoku University, Sendai)

Summary

A clone of alfalfa cv. Du Puits was grown under 3 photoperiods (8, 12, 16 hr in 1965; 12 hr in 1970) combined with 4 temperatures (day-night; 30–25, 25–20, 20–15, and 15–10°C) to determine the effects of these environmental factors on the growth and anatomical characteristics of photosynthetic tissues.

Under shorter day and lower temperatures, the leaf/stem ratio and nitrogen concentrations of the both organs were higher as compared with those of longer day and higher temperatures. The leaf expansion rate decreased as temperature decreased. The leaf size was greatest at 20° or 25°, and smallest at 15° under short photoperiod. In general it became larger as photoperiod increased.

The leaf thickness and intervein distance increased as temperature decreased. The mean epidermal cell area was greatest at 20°, becoming smaller at higher or lower temperatures. Stomatal density was smallest at 20°, greatest at 30°, while stomata index changed little. Pallisade cell number per unit leaf area increased with a smaller diameter and length as temperature increased. Leaves of plants grown at 20° had the largest intercellular spaces, followed by those grown at 25°, 30°, and 15° in order.

The stem diameter was greater under longer photoperiod, and greatest at 20°. The stem chlorenchyma increased in thickness as temperature decreased. The amount of starches deposited at endodermis was greater at 20° or 25° under long photoperiod.

RGR had the intimate correlations with both RLGR (relative leaf growth rate) and NAR in 1970 experiment with a small change of developmental phase by temperatures under a definite photoperiod (12 hr), while in 1965 experiment where much developmental change occurred under different photoperiods of longer duration than in 1970, the correlation with NAR became weaker, although the correlation with RLGR was still strong.

In the regime of the experiments, the total plant weight was highest for plants grown at daily mean temperature around 20° (day-night, 20-15° or 25-20°) under long photoperiod, due probably to the largest leaf area per plant (largest RLGR) with the highest expansion rate and the largest size of leaf, being composed of the largest cells and intercellular spaces with a relatively high nitrogen concentration and a smaller respiration loss, all these resulting in a higher NAR.