

レタスの生態に関する研究

(第3報) 制御環境下における Great Lakes 54 の生態

渋谷 茂・木下 恵介

Studies on the Ecological Adaptation of Lettuce

III. The Ecological Adaptation of Great Lakes 54 in the Growth Cabinet in which the Temperature is Controlled

Shigeru SHIBUTANI and Keisuke KINOSHITA

1. In this paper an experiment of the effect of temperature and photoperiod on the vegetative growth and reproductive development of lettuce plant is reported.

2. This experiment was carried out 3 times from April 1, 1966 to May 30, 1967, in the growth cabinet in which the temperature was controlled, subject to the following conditions.

Experiment I; from April 1 to May 30, 1966—1, 15°C (day and night) 2, 20°C (day and night) 3, 25°C (day and night) 4, 25°C (day)—15°C (night).

Experiment II; from November 1 to December 30, 1966—1, 15°C (day and night) 2, 20°C (day and night) 3, 25°C (day and night) 4, 25°C (day)—15°C (night).

Experiment III; from April 1 to May 30, 1967—1, 10°C (day and night) 2, 15°C (day and night) 3, 20°C (day and night) 4, 20°C (day)—10°C (night).

3. Generally the plants treated under high temperature environment have slender and thin leaves in light green color. On the contrary those treated under low temperature environment have broad and thick leaves in dark green color.

The leaf growth in the early stage under high temperature environment is more accelerated than under low temperature environment, but the progress of the growth accompanies the retardation of vegetative growth, the transfer to the developmental phase from the vegetative phase being promoted. In the above case, a low night temperature favors the plant with the vegetative growth and a short day environment delays the vegetative growth in contrast with long day environment.

Even under the condition of temperature of 10°C, the growth of lettuce plant goes on to some extent, but the total weight of plants treated after 60 days is about one half of that treated under the condition of temperature of 15°C.

4. The amount of the total nitrogen, total sugar and dry matter weight in an outer leaf 30 days after treatment was investigated. The result indicated that the higher the temperature is, the amount of total nitrogen somewhat increases, while the amount of total sugar and dry matter weight decreases. Hence the rise of temperature results in the reduction of C-N ratio in leaf.

5. The higher the temperature is, less the root develops. We observed the higher retardation at the temperature of 25°C and the best development at the temperature of 10°C.

6. The high temperature and long day condition promotes the elongation of stem

and flower induction, while the low temperature and short day condition as well as the night low temperature results in the reterdation of stem growth and flower induction.

7. The above experiment suggests that the most favorable condition of temperature is in the temperature of about 17~18°C but the low night temperature condition favors the plant with vegetative growth, even though the temperature in the day time is somewhat high.

I 緒 言

第1報(1966)では岡山大学農学部圃場において Great Lakes 54, 同 366, Imperial 847等を材料として周年栽培を行なった試験成績より, その生態様相につき報告し, さらに第2報(1967)においてはその成績を基にして環境要素(主として温度)と生育の関係につき解析を試みた. しかしこれらの研究は自然環境下で行なわれたため多くの環境要素の影響を受け, レタスの生態の実態を必ずしも正確にはあく出来なかった点があるので1966年春より1967年夏迄自然長日環境(春-夏)において2回, 自然短日環境(秋-冬)において1回計3回コイトロン(環境制御装置内)でレタス Great Lakes 54 の栽培を行ない, 観察および調査を行なった結果, 温度および日長と生育との関係につき若干の知見を得た. その概要をここに報告する.

II 材 料 と 方 法

1 試験区および材料

品種 Great Lakes 54 を用い, 第1回実験(1966年4~5月)および第2回実験(1966年11~12月)は(1)昼夜15°C, (2)昼夜20°C, (3)昼夜25°C, (4)昼25°C→夜15°Cの4区とし, 第3回実験(1967年4~5月)は(1)昼夜10°C, (2)昼夜15°C, (3)昼夜20°C, (4)昼20°C→夜10°Cの4区とした.

各回の実験には, 15cm素焼鉢に定植した本葉6枚のものを材料とし, コイトロンで60日間栽培した. 試験区の個体数は第1回実験については各区11個体, 第2回および第3回実験については各区15個体とした. なお第1回実験における材料は2月3日播種無加温ガラス室内での育苗であり, 第2回は9月21日露地に播種し, 第3回は2月7日播種無加温ガラス室育苗のものである.

2 調査方法

生育調査は毎回処理後(コイトロン搬入後)15, 30, 60日目に定期的に行なうと同時に, 結球, 抽苔, その他生育状況につき毎日観察を行なった. 収穫物調査については処理後60日目に行なった.

また窒素および炭水化物の定量は毎回処理後30日目のものを材料とし外葉の部分で定量分析した. なお窒素の定量は kjeldahl 法, 炭水化物の定量は Fischer Somogii 法により行なった. また日照時間は岡山地方気象台観測によるものである.

III 実験結果および考察

生育の初期段階では本葉数(5cm以上の葉)は第1および第3回実験(自然長日環境)では高温区程多いが, 第2回実験(自然短日環境)では逆の傾向を認めた(第2表). しかし生育が進み処理後30日目の調査では本葉数は3回の実験を通じ高温区程多かったが, 全葉数(解剖顕微鏡で観察しうる葉を含む)は殆んど差を認めなかった(第1図参照).

第1表 実験期間中の日照時間

	第1回実験 (1966年4~5月)		第2回実験 (1966年11~12月)		第3回実験 (1967年4~5月)	
実験期間中の旬別日照時間	4月上旬	54.3 ^{時間}	11月上旬	68.5 ^{時間}	4月上旬	46.1 ^{時間}
	中	51.0	中	42.7	中	20.8
	下	71.1	下	49.7	下	83.9
	5月上旬	70.9	12月上旬	47.9	5月上旬	58.9
	中	88.1	中	36.8	中	102.0
	下	62.0	下	52.2	下	82.4
実験期間60日間の総日照時間	397.4 ^{時間}		297.8 ^{時間}		394.1 ^{時間}	
実験期間中の日平均水平面日射量	404 cal/cm ²		209 cal/cm ²		396 cal/cm ²	

(注) 岡山地方気象台調べ

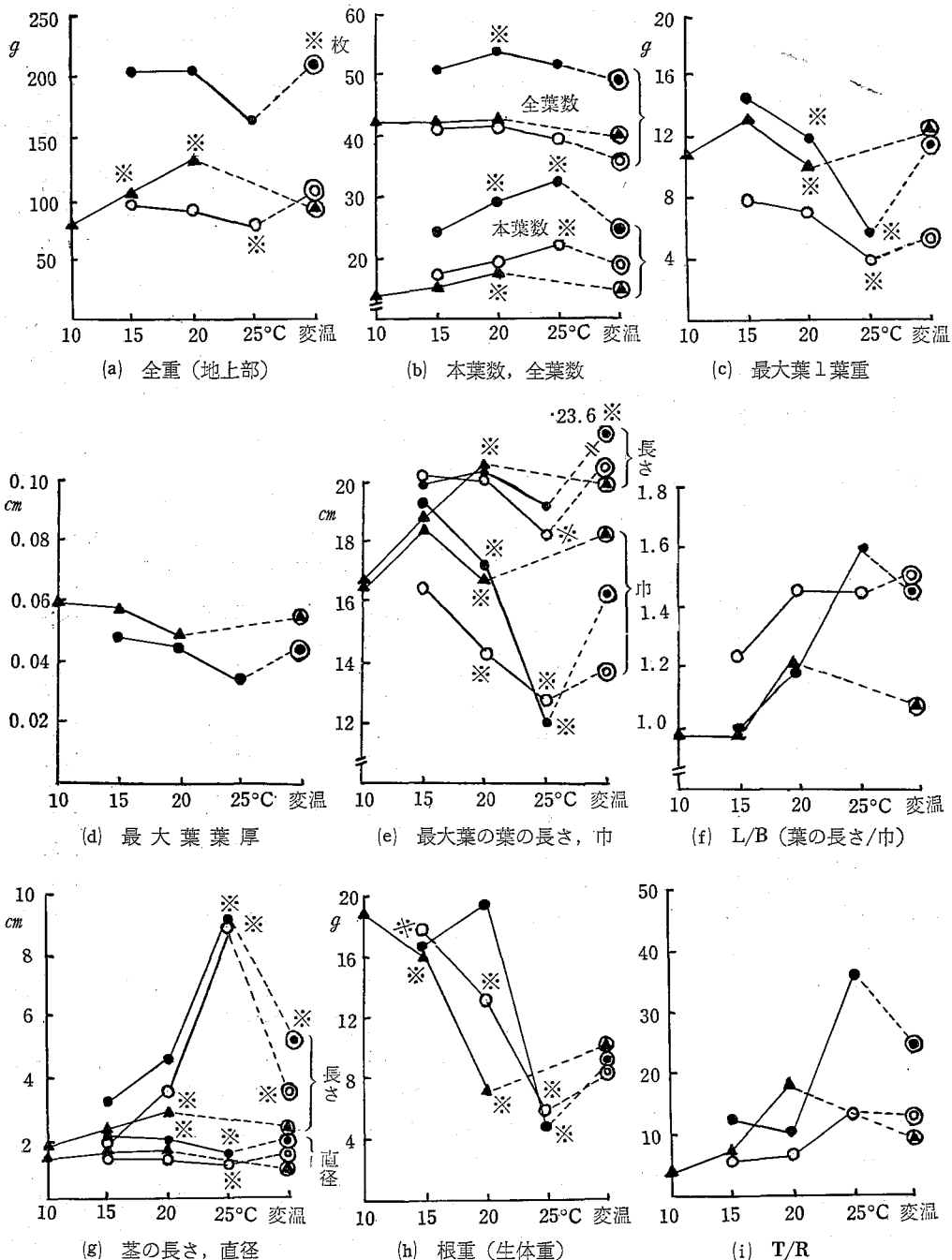
第2表 処理開始後15日目の生育調査

試験区	実験年次	本葉数	最大葉の大きさ		
			長さ (L)	巾 (B)	L/B
10°C	第III回実験	9.9 ^枚	13.6 ^{cm}	12.4 ^{cm}	1.10
15°C	I	12.3	14.4	12.6	1.14
	II	13.2	17.5	12.8	1.37
	III	10.8	14.0	12.9	1.09
20°C	I	14.4	16.4	13.4	1.22
	II	12.8	14.5	9.9	1.46
	III	11.9	15.2	12.0	1.27
25°C	I	16.9	16.4	12.4	1.32
	II	8.2	19.2	13.0	1.48
25→15°C	I	15.1	17.8	14.0	1.27
	II	9.6	18.7	13.5	1.39
20→10°C	III	10.7	15.1	12.9	1.17

(注) 本葉数は葉長5 cm以上の葉の枚数

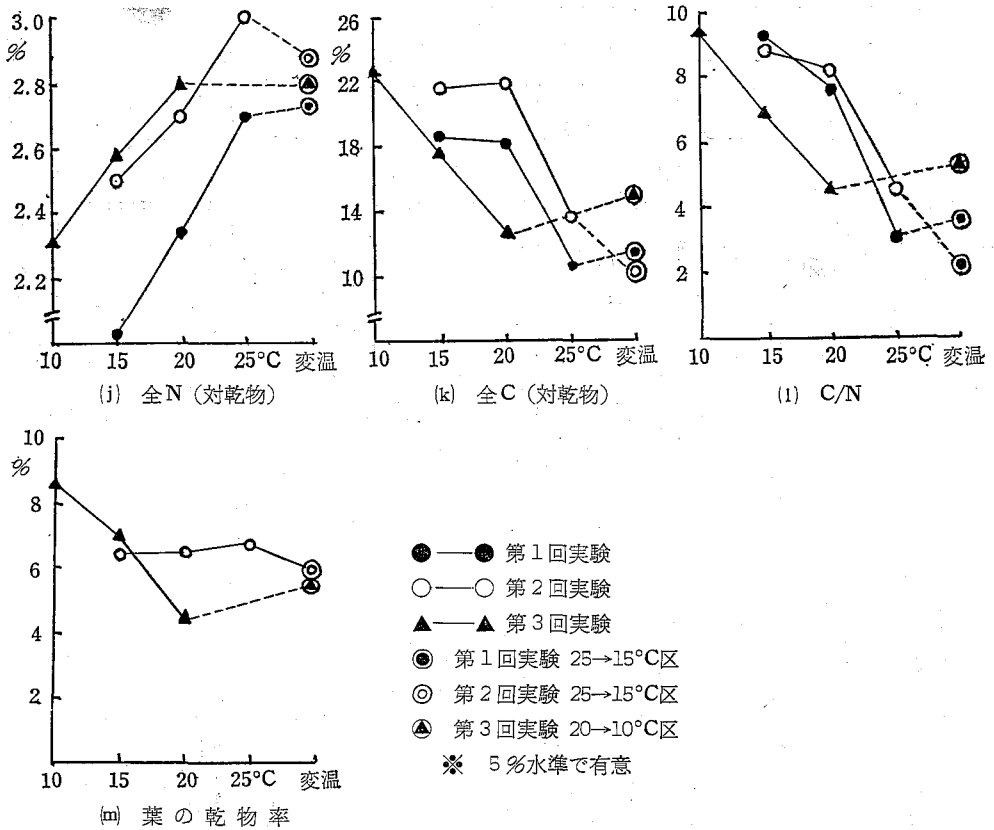
このデータのみよりすればこの時期においては各区葉の原基の数にはほとんど変りはないが、高温区の方が生育が早いということになる。平岡(1967)はWayaheadを材料とし抽台完了時主枝の全葉数合計を調査し10°C、15°C、20°C、25°Cのなかでは高温区程多く、短日と長日では短日の方が多かったと報告している、筆者らの実験において処理後30日目の調査では短日環境(第2回実験)の方が長日環境(第1回実験)より葉数が少なかった。この報告における差異は品種や調査段階によるものであろう。

葉の生育を量的に見た場合は葉数の変動とは異なり、最高温度区(25°C)や最低温度区(10°C)は15°C、20°C区に比べはなはだおとる。高温区は葉色淡緑化し徒長するが、低温区は濃緑化し萎縮した生育をする。前者の場合は夜温の高温による消耗や昼間における高温障害が考えられる。第2回実験(自然短日)の場合は第1および第3回実験(自然長日)に比べ同一温度区と比較すると生育量はかなりおとる。これは日照時間の不足による同化量の相異の現われであろう。実験期間60日間における総日照量についてみると、第2回実験は第1回および第3回実験に比べ90~100時間の相異がある(第1表)。



第1図 処理開始後30日目の生育調査(その1)

- 第1回実験 ◎ 第1回実験25→15°C区
- 第2回実験 ⊙ 第2回実験25→15°C区
- ▲—▲ 第3回実験 ⊕ 第3回実験20→10°C区 ※ 5%水準で有意



第2図 処理開始後30日目の生育調査（その2，第1図の続き）

なお第2回実験（自然短日）では各温度区とも第1および第3回実験（自然長日）に比べ結球始が2日～数日早くなっていることから短日は結球を促進する条件となることも考えられる（第4表）。

処理後30日目の材料につき葉を分析してみると第2図(j)(k)(l)のとおりである。これによると高温区程窒素含有量は若干増加の傾向にあるが、炭水化物（全糖質）は逆に減少し、とくに25°C区は20°C区に比べ減少が著しかった。この結果C—N率は温度の上昇とともに減少してくる。このことは25°Cのような高温環境下では同化物質の蓄積が急激におとろえ、レタスのような高温環境を嫌う作物ではその適温限界が案外低いことを暗示するものである。

乾物重においても同様な傾向となり温度の高い区程その数値は小さい（第2図(m)）。このことは温度の低い区は葉が濃緑色を呈し球もよく締るのに反し温度の高い区は逆に葉色は淡緑化し球は軟化して株全体が軟弱な外観となることから推定される。

この問題に DALLFORCE (1956) はレタスの同化作用は温度により negatively に光により positively に影響されるのに反し leaf area ratio は温度により positively に、光により negatively に影響されるものとしている。

なお20°C→10°C区および25°C→15°C区をそれぞれ対応する20°C区および25°C区に比べると葉の生育が勝っている。これは夜温の低下による消耗の減少からくる当然の結果であるが、20°C(昼)→10°C(夜)区が昼夜15°C区と、25°C(昼)→15°C(夜)区が昼夜20°C区とそ

それぞれ生育相が似ているのは興味ある事実である。

自然環境下においては時間的に、季節的に変温の状況はすこぶる複雑であるので実際栽培においては最高温度が 20°C 以上になってもそれが時間的に短かくて、夜温が低下すればレタスの生育に対する適応環境として許容されるものと考えられる。また 10°C 区の生育状況を見る

第3表 処理開始後60日目の調査

試験区	実験年次	全重	球重	球葉数	全球葉数	茎			球のしまり
						球内の長さ	全長	直径	
10°C	III	211.0 ^g	24.6 ^g	7.8 ^枚	42.6 ^枚	1.2 ^{cm}	3.4 ^{cm}	2.2 ^{cm}	
15°C	I	511.3	344.3	20.8			8.2	2.6	良
	II	372.2	291.3	20.7	39.7	3.6	5.8	2.2	〃
	III	417.0	230.7	19.0	51.8	1.9	4.3	2.3	〃
20°C	I	311.7	(228.0)	(39.0)			23.4	2.1	
	II	267.3	203.3	24.2	41.2	6.4	8.0	1.8	良
	III	352.6	206.8		55.0	9.2	12.4	1.9	否
25°C	I	192.5					67.3	1.5	
	II	109.0					41.9	1.1	
25→15°C	I	194.3					38.0	1.9	
	II	159.4					10.6	1.5	
20→10°C	III	382.6	235.6		52.1	1.9	4.0	2.1	良

(注) 球葉数は葉長 3 cm 以上の球葉の枚数。全球葉数は解剖顕微鏡下で観察し得るものを含む。

と終始温度不足による生育の遅延が顕著で、処理後60日目になっても完全結球をしないが、それでも最も生育の良かった 15°C 区の約 1/2 の生育量を示した。このことはレタスのような高温を嫌う作物はかなり低温下でも相当生育が進行することを示すものである。

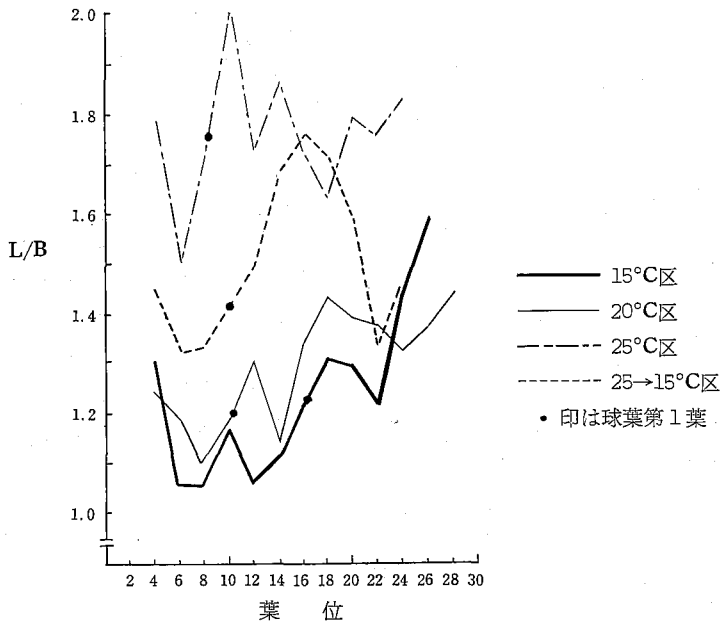
以上の事実をさらに詳細に観察するため処理後30日目の最大葉について調査してみると(第1図(c)(d)(e)(f))、3回の実験を通じ 15°C 区は最も重量が大であり温度の高い区程次第に減少しているが、25°C 区では急激な減少が見られ 25°C(昼)→15°C(夜)区はやや増加している。この場合葉の長さは各区それ程の相異が認められないが、葉の巾は温度の上昇とともに減少し、その結果温度の高い区程細長い外観を呈するが、それにも増して温度の上昇とともに葉肉がうすくなる。この傾向は生育の初期より全期を通じて見られ高温環境下に生育するものは葉形細長く軟弱で徒長し低温環境下(10°C)に生育するものは葉色が濃緑化し葉肉は厚く萎縮気味の生育をする。

以上のような生育の推移から処理後60日目において完全結球を見たのは、第1回実験では 15°C 区のみであり、第2回実験(自然短日)では 15°C および 20°C 区、第3回実験(自然長日)では 15°C 区および 20°C(昼)→10°C(夜)区であり、25°C 区はいずれも全株不結球のまま抽苔した。BENTINK(1966)は葉形を指数 L/B(L:葉の長さ、B:葉の巾)で表わし、葉形と光、夜温、窒素量との関係につき研究し、自然強光下で 12~15 葉位では葉位の上昇とともに L/B 曲線は下降するが弱光下では扁平になるとしている。しかしこれは比較的低位についての観察であって著者らの実験の場合と趣を異にしている。この場合温度と葉形の関係については触れていない。温度と葉形との関係は第3図のとおりであるが、実際栽培の観察でも高温下栽培のものは葉が徒長的に細長くなり L/B 指数の値が大きくなることは経験するところである。

つぎに根の生育についてみると、3回の実験を通じ低温区程良好な傾向が見られ、20°C 区

第4表 結球開始および抽苔開始

試験区	実験年次	結球開始		抽苔開始日	備考
		開始日	球葉第1葉の葉位		
10°C	Ⅲ	44日目	22.5	日目	60日目までに抽苔せず
15°C	Ⅰ	28	16.1		〃
	Ⅱ	20	14.4		〃
	Ⅲ	32	14.5		〃
20°C	Ⅰ	14	10.7	47	2/6抽苔 4/6球内抽苔
	Ⅱ	12	12.5		60日目までに抽苔せず
	Ⅲ	16	9.5		60日目に抽苔様相を示す
25°C	Ⅰ	8	8.3	30	全個体抽苔 (50日目開花)
	Ⅱ	7	8.2	26	全個体抽苔
25→15°C	Ⅰ	12	9.9	44	〃
	Ⅱ	9	9.1	41	〃
20→10°C	Ⅲ	30	10.8		60日目までに抽苔せず



第3図 各区の葉位別の L/B (葉長/葉巾)

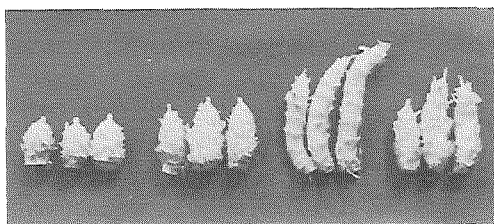
(注) 第1回実験処理開始後30日目調査

ではかなり良い生育量を示すが 25°C 区では極端に不良となり、一方夜温低温区では昼夜恒温のそれぞれ対応する区に比べやや良好となっている (第4図)。なお第1回実験では 20°C 区は 15°C 区に比べ細根重が多い傾向がみられた。このように高温障害は地下部にも顕著に現われ、地上部茎葉の生育は直接気温、光、湿度等の環境の影響を受け、地下部の機能低下と関連連して行なわれるものであろう。以上の結果を茎葉生育との関連性においてみる場合、T/R率は温度の上昇とともに大きくなる。

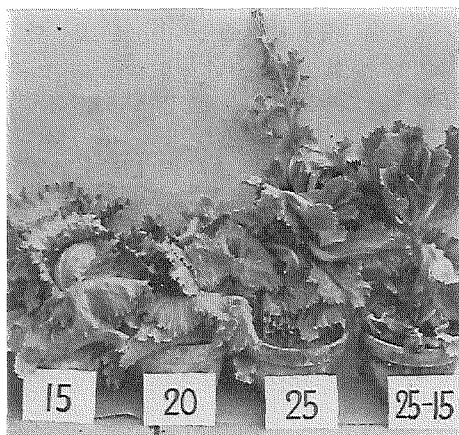
茎の生長と花成; 処理後30日目の状況を観察してみると高温区程茎の長さは長く、直径は減



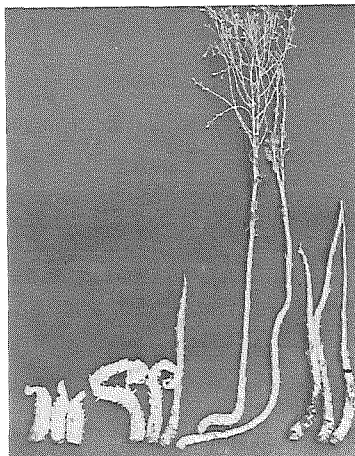
第4図 処理開始後30日目の根(第2回実験)
左より 15, 20, 25, 25→15°C区



第5図 処理開始後30日目の茎(第1回実験)
左より 15, 20, 25, 25→15°C区



第6図 処理開始後60日目の生育状況
(第1回実験)
左より 15, 20, 25, 25→15°C区



第7図 処理開始後60日目の茎
(第1回実験)
左より 15, 20, 25, 25→15°C区

少して細長くなる傾向がみられ、すでにこの時期において25°C区は著しい伸長をしている(第5図)、かくして処理後60日目において25°C区は茎が長く伸長して抽苔するが、20°C区にお

第5表 花芽分化の状況

試験区	実験年次	30日目	60日目
10°C	Ⅲ	×	×
15°C	Ⅰ	×	△ ₃
	Ⅱ	×	×
	Ⅲ	×	×
20°C	Ⅰ	△ ₁	抽苔
	Ⅱ	×	×
	Ⅲ	×	△ ₃
25°C	Ⅰ	△ ₄	抽苔
	Ⅱ	△ ₃	〃
25→15°C	Ⅰ	×	〃
	Ⅱ	×	○ ₁
20→10°C	Ⅲ	×	×

(注) × 未分化 △ 分化初期 ○ 分化期 各5個体調査

いては第2回実験(自然短日)は茎の伸長は前者程長くなく10°C区は一層短かく大きさも小形であった(第7図)。

花芽の分化については、25°C区のみ30日目にすでに徴候を示したが、この時期における葉数は40~50枚で茎の伸長は9cmに達していた。その後25°C区は茎の伸長とともに花成も進行し60日目には全株抽苔を見た。20°C区は第1回実験(自然短日)のみ花芽の分化を認め25°C(昼)→15°C(夜)区も花芽の分

化、抽苔株が多かった（第5表）。

レタスの花成の要因については多くの研究が報告されている。RAPPAORTら（1956）は vernalization, 温度, 日長の影響につき報告した。この実験では Great Lakes が用いられ, Seed vernalization につき 65°F 以上の夜温で育成すると結球を見ずして抽苔せしめ, 長日は花成を促進し短日はこれを抑制し, また根の温度が高いと開花が促進され低いと遅延されるとしている。平岡（1967）は最近 Wayahead を材料として実験し, 高温, 長日は抽苔を促進し, 短日, 低温はこれを抑制することを報告した。RALEIGH（1959）は“456”レタスにつき実験し, 種々の温度を組合せて処理区を設け, 茎の伸長には夜温が非常に影響をし, 80°F（昼）→60°F（夜）区の方が 70°F（昼夜）より茎の伸長が短かかったと報告している。筆者らの実験においても夜温低温区はそれぞれ対応する夜温高温区に比べ茎の伸長ならびに花成抑制にかなり大きな効果が見られた。また RALEIGH は夜温さえ低ければ昼間温度の範囲はかなり広いとしているが, これは温度および日照常に変化している自然環境下に適応するものと考えられる。

つぎに茎の伸長と花成との関係であるが, BUKOVACら（1955）は茎の伸長は花成に先行するものとし, 同時に Seed vernalization, gibberellin の影響を強調している。また BENTINK は光が弱くなるとレタスの茎は長くなり50cmにもなるが, これは花成と無関係であるとしている。筆者らの第2回実験の 25°C（昼）→15°C（夜）区や第3回実験の 20°C 区は処理後60日目において茎の伸長はいずれも10cm以上に達しているが, 花芽の未分化や分化初期の状態のものが多かった。また山崎（1962）は Great Lake 366, Wayahead, Bibb を材料として実験し, 短日区は長日区に比べ花芽分化節位を高節位とし短日効果の大きいことを認め, 平岡（1967）も同様な見解を述べ, なお抽苔に及ぼす日長の影響は温度に優先するものとしている。筆者らの第2回実験（自然短日）において高温区（昼夜 25°C）は30日目にすでに花芽分化期に達し, 60日目には抽苔していることから短日下でも温度が高いと花成をおこし抽苔することが考えられ, この説を裏書することにはならない。

以上総合考察するに Great Lakes の生育適温をしいて平均気温で表すならば, 実際栽培における安全限界は 17°C~18°C であろうと前報（1966）の野外実験より推定したが, 本実験の結果より考えてもこの考え方は変らない。しかし夜温の低いことが望ましく, 夜温が低ければ昼間高温の許容される範囲はかなり広くなると考えられる。それでも 22°C~23°C で一定時間を越えるような温度環境は安全な栽培環境でないであろう。岩間ら（1954）によればレタスの花房分化は播種後の積算温度が 1,500°C~1,700°C で起こり抽苔は花芽分化後の温度により速度が異なり 15°C 以下の温度では花房は分化しても抽苔にいたらぬことを述べている。また伊東ら（1963）はレタスの抽苔開花には 20°C 以上の高温が必要であるとしている。これに反し平岡は 10°C, 15°C, 20°C, 25°C いずれの温度段階でも抽苔が起ることを認めた。本実験では処理後60日目まで調査を打ちきったので以上の点につき説明しえなかったが, 岩間ら（1954）および渋谷ら（1953, 1957）の実験より少くとも花成に対しては積算温度は相当密接な関係を持ち, 高温, 長日は茎の伸長や花成を促進する条件となるが, 十字科そ菜の多くの種類における Vernalization のように必須条件ではない。そして必然的に葉齢と言う問題も花成に関係してくるであろう。

またレタスの抽苔に関連し渋谷ら（1953, 1957）の実験において Wayahead, Simpson などの品種は 8月20日播のものが12月の短日低温季に抽苔しているのに対し同じ条件下で New

York, Great Lakes は抽苔しなかったことからレタスの抽苔は品種により著しく様相を異にするものであることがわかる。

IV 摘 要

1) 1966年4月1日より1967年5月30日迄3回にわたり制御環境下(コイトロン使用)において温度および日長がレタス(Great Lakes 54)の生育におよぼす影響について実験を行った。

2) 高温環境下では葉は細長く薄く淡緑化するが、低温環境下では葉は巾広く葉肉厚く濃緑色となる。また高温環境では低温環境下に比べ初期生育は促進するが、生育が進むにしたがい栄養生長相から生殖生長相への移行が早くなり栄養生長は抑制される。この場合夜温の低温は栄養生長を良好にするのに役立ち、短日環境は長日環境に比べ生長量を減少させる。15°C, 20°C, 25°C, 25°C(昼)→15°C(夜)の各区につき自然短日環境下(冬)のものと同自然長日環境下(春～夏)のものとを比較すると、処理後60日目の全重量において前者は後者よりそれぞれ劣っている。また10°Cの低温でもある程度の生育が行なわれるが、処理後60日目における生育量は15°Cにおけるものに比べ約半分位であった。

3) 処理後30日目における外葉の全窒素量, 全糖質, 乾物重の定量を行なったが、温度の高い試験区程全窒素はある程度増えるのに対し、全糖質, 乾物重は減少し、その結果C～N率は温度の上昇とともに減少した。

4) 根の生育は温度が高い程抑制され、25°Cでは極端に不良となり、10°Cでは最も良好であった。

5) 高温および長日は茎の伸長および花成を促進し、低温および短日はこれを抑制する。夜温の低温もまた茎の伸長および花成を抑制する。また短日は結球開始を促進するものと思われる。

6) レタス Great Lakes の栽培に最も都合の良い温度は平均温度で17°C～18°Cと推定されるが、この場合昼間温度が多少高くても、夜温が低ければ、その影響は相殺される結果となる。

V 参 考 文 献

- 1) BUKOVAC M. J. and S. H. WITTWER (1958) Proc. Am. Soc. Hort. Sci 71 : 407-411
- 2) BENTINK J. (1961) Advance in hort. Sci. and their application 1 : 470-475
- 3) 平岡達也 (1967) 園学雑 36 (1) : 70-79
- 4) 岩間誠造・モタイ淳 (1954) 園学雑 20 (4) : 203-216
- 5) 岩見直明 (1958) 園学雑 28 (1) : 35-38
- 6) Tto HIDEO, Toru Kato and Yoshitaka Kono (1963) The Tohoku Jour. of Agr. Reserch 14 (2) : 51-65
- 7) RAPPAPORT L. and S. H. WITTWER (1956) Proc. Am. Soc. Hort. Sei 67 : 429-431
- 8) RALEIGH G. J. (1959) Proc. Am. Soc. Hort. Sei. 73 : 374-376
- 9) 渋谷茂・磯田龍之・岡村知政. (1953) 園学雑 22 (1) : 41-44
- 10) 渋谷茂 (1957) 農及園 32 (11) : 1660-1669
- 11) 渋谷茂・木下恵介 (1966) 園学雑 35 (4) : 387-394
- 12) 渋谷茂・木下恵介 (1967) 農及園 42 (2) : 1855-1857
- 13) WHYTE R. O (1960) Crop production and Environment : 225-227
- 14) 山崎肯哉 (1960) 園芸試験場報告 第1号 : 123-135