報 文

温度と茶樹の生育に関する研究 (第5報)*

幼茶樹の生育に及ぼす低夜温の影響

農林省茶業試験場 中山 仰・加納照崇・讃井 元

Studies on the Effect of Temperature upon the
Growth of Tea Plant (Part 5)The Effect of Low Temperature at Night upon the
Growth of Young Tea Plant

By Aogu NAKAYAMA, Terutaka KANÔ, and Hajime SANAI

1 は し が き ■

茶樹の生育に対し、温度が支配的な要因であることはすでに明らかにしてきたところであるが、自然状態における気温は、季節的に異なると同様に日周的にも変化する。このような昼夜温差は植物の種子発芽・生長・開花・結実あるいは糖分の転流などに大きな影響を及ぼしていることが実験的に明らかにされている。そのため変温と生育との関係を明らかにすることは、立地条件による生育差や温室など人為的な環境条件での作物栽培の適条件を考える上で、大きな意義がある。著者らは、1961年以來夜温を低下させた場合の幼茶樹の生育について実験を行ってきたので、その結果を報告する。

2 夏季における実験

屋の温度を、30~31℃または25~26℃とし夜温をそれより低下させた場合の茶樹の生育について実験した。

2.1 実験-1

材料および方法：

1962年7月3日~8月31日の約2ヵ月間に、やぶきたの2年生はち植え個体を次の温度に調節した五連式恒温装置に入れ、生育状態を調査した。なお、本報に述べるすべての実験を通じて五連式恒温装置を使用し、昼夜温

の切換えは8時30分と16時30分に行なった。各室内の温度およびはち地温の日変化の一例は図1に示すとおりであった。すなわち、昼夜温の切換え後は、かなり急速に所定の温度となり恒温状態を保った。また、はち植えを用いたため地温もほぼ所定の温度となった。

結 果：

各区の生育の経過は図2に示すとおりであった。昼夜とも26℃の区(26-26)に比べ夜温を21℃に下げた区(26-21)では、生育の開始が遅れ、茎や葉の硬化もおそいことが観察された。また、両区とも試験期間中に2回の生育周期がみられたが、(26-21)区では最初の生育周期の終了後、次の生育が始まるまでの期間が長い傾向にあった。

次に昼温を31℃に保った各区では、実験終了時近くまで引き続き生育を続けたが、(31-26)区では一時的な生育の休止がみられ、(31-21)区でも同様の傾向となった。しかし、間もなく次の生育周期が比較的すみやかに進んだ。

生育終了時における掘取り調査の結果は表1に示すとおりであった。地上部の重量は昼温を31℃とした各区が26℃とした各区よりも大きい傾向にあった。また、(26-26)区に比べ(26-21)区は葉水分が多く、葉の榨汁屈折率は低く、葉が若々しいことを示した。昼温を31℃とした各区の実験終了時における葉はいずれもかなり硬化し、水分含量の差異はみられなかった。根を調査した結果、夜温を下げた各区は白根(細い新根)が多く、特に(31-21)区は著しく、かつ、木化した太根に含まれるデンプン含量も他区に比し多い傾向がみられた。

試 験 区 番 号	1	2	3	4	5
屋 の 温 度 ℃	26	26	31	31	31
夜 の 温 度 ℃	21	26	21	26	31

* 茶業技術研究 No. 32, 1~8 (1966) より転載

茶 業 研 究 報 告

図 1 試験の温度の一例 (1961)

— 昼温 25°C, 夜温 15°C とした場合の測定値 —

注: 地温は, はち (径 21 cm) の土中 5 cm の深さで測定した。

図 2 茶芽の生育経過 [実験-1]

表 1 掘 上 げ 時 の 状 態 [実験-1]

区(温度)	項 目 °C	幹 茎 重 g	葉 重 g	葉 水 分 量 含 量 %	葉の搾汁 屈 折 率	(a) 新 根 重 g	(b) 新根以外 の 根 重 g	a/b	根のデン* ブ ン 含 量
1	(26-21)	6.9	4.8	79.6	1.3525	2.4	7.8	0.31	㊦~㊦
2	(26-26)	6.1	5.1	71.5	1.3580	3.4	10.9	0.31	㊦~㊦
3	(31-21)	10.5	5.9	73.9	1.3630	4.2	8.6	0.49	㊦
4	(31-26)	12.5	9.4	72.7	1.3590	2.8	11.3	0.25	㊦~㊦
5	(31-31)	10.1	6.9	73.5	1.3590	0.7	6.3	0.11	㊦~㊦

注: 重量はいずれも乾物重

* よう素反応で調べ, その程度に応じ ㊦~㊦ の 5 段階に区別した。

2. 2 実 験-2

材料および方法：

(a) 1964年 7月18日～8月24日の37日間に、まきの
はらわせ、印雑131、やぶきた、やまとみどりの2年生は
ち植え個体を用い、次の温度条件下において生育状態を
調査した。

試験区番号	1	2	3	4
昼の温度 °C	25	30	30	30
夜の温度 °C	20	20	25	30

図 3 茶 芽 の 生 育 経 過 [実験-2 (a)]

(b) 次に8月25日に前記実験期間中に生育した新梢を成葉1枚残してせん除し、その後の生育経過を各区の室温をそれぞれ5℃低下させた次の温度条件で、引続き10月10日まで調査した。

試験区番号	1	2	3	4
昼の温度℃	20	25	25	25
夜の温度℃	15	15	20	25

結 果：

(a) 7月18日～8月24日の間の生育経過は、図3に示すとおりで、またこの間に生育した新梢の重量および、葉の大きさの比較は表2、3のとおりであった。すなわちやぶきたにおいては昼夜とも30℃に保った区よりも、夜温を5℃下げた(30-25)区において生育は良好で、新梢重もがいして重く、葉も大きかった。また、印雑131においてもそれに近い傾向を示し、8月22日における新葉の水分含量は表4に示すように他区に比し多い傾向であった。一方、まきのはらわせ、やまとみどりではこの両区間の差異は明らかでなかった。また、夜温

表 2 新 梢 重

[実験-2(a)]

品 種	区 温度℃			
	(25-20)	(30-20)	(30-25)	(30-30)
まきのはらわせ	2.3 ^g	2.4 ^g	2.3 ^g	2.9 ^g
印 雑 131	2.6	2.5	2.5	2.9
や ぶ き た	2.7	3.1	4.5	3.5
やまとみどり	2.1	1.9	2.6	2.3
平 均	2.4	2.5	3.0	2.9

注：代表的な新梢10本の乾物重合計値

表 3 *葉の大きさ(葉長×葉幅)

[実験-2(a)]

品 種	区 温度℃			
	(25-20)	(30-20)	(30-25)	(30-30)
まきのはらわせ	37.8 ^{cm²}	26.5 ^{cm²}	25.9 ^{cm²}	23.3 ^{cm²}
印 雑 131	31.9	41.1	35.1	26.5
や ぶ き た	37.8	38.5	47.9	38.1
やまとみどり	30.4	18.7	23.8	19.3
平 均	34.5	31.2	33.2	26.8

注：* 新梢の下から2、3葉につき調査した。

表 4 新葉の水分含量

[実験-2(a)]

品 種	区 温度℃			
	(25-20)	(30-20)	(30-25)	(30-30)
印 雑 131	81.1 [%]	81.2 [%]	82.4 [%]	80.0 [%]
や ぶ き た	79.4	79.7	82.8	79.9

表 5 新 梢 重

[実験-2(b)]

品 種	区 温度℃			
	(20-15)	(25-15)	(25-20)	(25-25)
まきのはらわせ	1.0 ^g	1.9 ^g	1.9 ^g	2.1 ^g
印 雑 131	2.7	3.8	4.7	3.9
や ぶ き た	0.8	2.5	2.2	3.6
やまとみどり	1.2	1.4	1.1	1.4
平 均	1.4	2.4	2.5	2.8

注：1株当たり乾物重

表 6 *葉の大きさ(葉長×葉幅)

[実験-2(b)]

品 種	区 温度℃			
	(20-15)	(25-15)	(25-20)	(25-25)
まきのはらわせ	28.5 ^{cm²}	22.5 ^{cm²}	17.6 ^{cm²}	15.1 ^{cm²}
印 雑 131	30.1	27.9	28.6	33.4
や ぶ き た	12.9	26.3	23.3	24.8
やまとみどり	13.1	14.4	18.1	—
平 均	21.2	22.8	21.9	24.4

注：* 表3と同じ。

表 7 新葉の全窒素含量(対乾物)

[実験-2(b)]

品 種	区 温度℃			
	(20-15)	(25-15)	(25-20)	(25-25)
印 雑 131	4.48 [%]	4.95 [%]	4.38 [%]	5.32 [%]
や ぶ き た	5.06	5.39	4.54	5.35
やまとみどり	5.44	5.42	4.96	5.67
平 均	4.99	5.25	4.63	5.45

図 4 茶 芽 の 生 育 経 過 [実験-2 (b)]

を 20℃ まで下げた区の生育は 30℃ 恒温区と同程度かまたはわずかに劣る傾向であった。一方、昼の温度が 25℃ で夜温を 20℃ とした区は他の 3 区に比し一般に生育は劣り、出開きに至るまでの開葉数も少ない傾向にあったが印雑 131 では比較的低温でも生育する性質を反映してか他区との生育差は少なかった。

(b) 次に各区の温度条件をさらに 5℃ 低下させて、同一の材料につきせん枝後の芽の生育を調査した結果は図 4、表 5、6 に示すとおりである。すなわち、印雑 131、やぶきたでは、25℃ 恒温区の新芽はがいしてあとまで良好に生育し、実験終了時の芽長、新梢重、葉の大きさは大となる傾向であった。これに比し夜温を 5℃

表 8 根の全糖およびデンプン含量 (対乾物)

[実験-2 (b)]

品 種	区 温度℃		1		2		3		4	
	項 目		(20-15)		(25-15)		(25-20)		(25-25)	
			全糖	デンプン	全糖	デンプン	全糖	デンプン	全糖	デンプン
印 雑 131			0.28	0.98	0.19	0.77	0.75	1.08	0.54	2.53
や ぶ き た			1.04	2.66	0.90	3.96	0.57	2.58	0.60	3.37
や ま と み ど り			0.47	2.01	0.53	1.53	0.58	2.55	0.64	1.73

表 9 掘上げ時の古葉の全糖、デンプン含量(対乾物)

〔実験-2(b)〕

品 種	区 項 目	1		2		3		4	
		温度 °C							
		(20-15)		(25-15)		(25-20)		(25-25)	
		全糖	デンプン	全糖	デンプン	全糖	デンプン	全糖	デンプン
		%	%	%	%	%	%	%	%
印 雑 131		2.11	3.76	1.77	3.79	1.66	3.70	1.32	3.62
や ぶ き た		1.22	3.55	2.01	3.83	1.89	3.75	1.62	3.53
や ま と み ど り		1.72	3.93	1.95	4.16	1.90	3.25	1.61	2.96

下げた区(25-20)では、やがて出開きとなり、開葉数も少なかった。また、夜温を 10°C 下げた(25-15)区でも 25°C 恒温区に比べ生育はやや劣るが、同時に葉の硬化もおそく、表 7 に示すように新葉の全窒素含量は 25°C 恒温区とともに多かった。また、葉組織を顕鏡した結果でも(25-25)、(25-20)区よりも細胞間けきが少ないことが観察された。また、(20-15)区は印雑 131 を除き発芽・生育がおそく、表 5、6 のように、新梢は他区より劣る傾向にあった。さらに、実験終了時における根および成葉の全糖、デンプン含量は表 8、9 に示すとおりであった。根の含量については、品種によって一定の傾向がみられなかったが、成葉については 25°C 恒温区に比べ夜温を低下させるほど、全糖、デンプンともに含有量が多かった。

3 秋季における実験

屋の温度を 25°C とし、夜温をそれより低下させた場合の秋における茶樹の生育について実験した。

3.1 実験-3

方法および材料:

1961年10月30日~12月15日の間に印雑131、べにほまれやまともどりの苗を用い屋の温度を 25°C とし、夜温を 20、および 15°C に調節し、その生育状態を調査した。同時に前報で用いたと同様の根箱に植え付けたやぶきた苗を用い変温下における根の生育を追跡的に調べた。12月12日には³²Pを用いてリン酸の根への転流に関する実験も行なった。すなわちやぶきた1年生苗のさし穂母葉の裏面に、1個体当たり 0.1 ml (4 μc) を14時に与え翌朝 8時30分に掘り上げ、乾燥し、灰化後 GM 管によって放射能を測定した。また(25-20)区については温度切換え時の16時30分に与える区をも設けた。

結 果:

各区の生育経過は図 5 に示すとおりで、夜温を低下させた場合、一般に生育は劣る傾向を示した。根箱の調査結果は図 6 に示すとおりで、地上部と同様に夜温を低下させた場合、根の生育も劣る傾向を示した。

葉から吸収させた³²Pの根への移行を調査した結果、

図 5 茶芽の生育経過〔実験-3〕

表10に示すように、25°C 恒温区に比べ低夜温区は³²Pの集積量がはなはだ少なく、20°C 下で夜間のみ³²Pを与えた 2 N 区では、2 区の半量以下であった。また、この結果はオートラジオグラフィーによっても確められた。

3.2 実験-4

方法および材料:

1963年10月11日~11月30日の間に、印雑 131、やぶきた、やまともどりの3年生はち植え個体を用い、下記の

図 6 根の生育経過〔実験-3〕

注：根箱のガラス面で調査した根の1個体当たり総根長

表 10 根への ^{32}P の移行

〔実験-3〕

区	1	2	2 N	3
温 度 °C	(25-15)	(25-20)	(25-20)	(25-25)
集積量 (cpm/gD.W)	59.0	88.9	41.5	366.1

注：2 N区は夜間のみ（16時30分～8時30分）処理した。

試験区番号	1	2	3
昼の温度 °C	26	26	26
夜の温度 °C	16	21	26

温度での生育状態を調査した。

結 果：

実験終了時における新芽長、開葉数は表11に示すとおりである。印雑131を除き夜温を低くした各区は、実験-3の場合と同様発芽・生育が遅れ、中でもやぶきた、や

表 11 新芽の生育状態

〔実験-4〕

区 温度 °C 項目 品 種	1		2		3	
	(26-16)		(26-21)		(26-26)	
	芽長	開葉数	芽長	開葉数	芽長	開葉数
印 雑 131	39.6	2.7	39.6	3.1	38.0	2.8
や ぶ き た	9.8	0	14.8	0.8	36.0	2.4
やまとみどり	9.9	0	18.0	2.0	20.2	2.6

注：代表的な10芽の平均値を示す。

まとみどりの夜温を 16°C に下げた区では、わずかに芽が動いたにすぎなかった。これに対し、印雑131は低温でも比較的良好に生育し、新芽の水分含量は夜温を低下させた場合に多かった。

4 考 察

夜温を低下させた場合の茶樹生育に及ぼす影響について、夏季および秋季に実験を行なった。まず昼の温度を 30~31°C とし、夜温をそれより 5°C または 10°C 低下させた場合には、茶芽は一時的な生育の休止はあっても、比較的順調に芽の生育の進む場合（実験-1）や、恒温区に比してかなり生育のまさる場合（実験-2、やぶきた）あるいは差の明らかでない場合（実験-2、その他の品種）があった。しかし、はなはだしく生育の劣る場合はほとんどみられなかった。

WENT の種々の植物を用いた温室における実験から、多くの植物は夜温が昼温より低い時によく生長し、較差は 4~6°C が最適であるとしている。たとえば、コーヒーの若い苗の生育最適温度は昼温 30°C、夜温 23°C であった。桑樹の 5,000~6,000 lux における実験では、昼温 30°C、夜温 20°C で茎の生長は促進されたとの報告もある。このような変温の効果は、温室における育苗の温度条件とも関連し、今後さらに検討する必要があると思われる。

SMEETS は、オウトウ実生の生育に及ぼす変温の影響を、昼夜温を 17~26°C の範囲で組み合わせた種々の温度区を設けて試験した。その結果、昼温 26°C の場合夜温が 17°C および 20°C 区では、早く生育を停止したが、26°C 区では新梢はおそくまで伸び、生育量も最大であった。著者らの昼温を 25~26°C とした幼茶樹における実験でも、同様の結果が得られ、低夜温区はがいして生育が劣るかまたは同程度にとどまった。この点は中山が水稻、小麦など数種の作物を用いた変温に関する研究の結果から導き出しているように、「植物の生長には適温があり、夜間の適温がこれより低い場合には生育の遅延をきたすが、この遅延は諸実験の結果からみて伸長生長を抑制したような充実さが伴っている」こととかなり共通している。すなわち、低夜温下で育った芽は、全体に若々しく組織の硬化がおそく、また、葉の細胞間げきも少なかった。温度の日変化は立地条件によって異なり、温度の日較差は一般に海岸地帯は少なく、山間地帯に大きい（表12）。上記の結果は山間地に良好な茶が生産されることの一因となっているかもしれない。

WENT はトマトその他の植物を用いて変温に関する広範囲な実験を行っており、ある程度夜温を低下させるとむしろ生長の促進となるが、これには、低夜温による糖の転流の促進が関係していることを明らかにした。これに対し HEWITT らは別の実験方法によって、ある程

表 12 静岡県内各地の最高・最低気温 (月平均 °C)

観 測 地	1 月			4 月			7 月			10 月		
	最 高	最 低	差	最 高	最 低	差	最 高	最 低	差	最 高	最 低	差
御 殿 場	7.5	-2.2	9.7	14.5	6.5	8.0	26.2	20.1	6.1	19.1	10.2	8.9
大 河 内	10.4	-1.4	11.8	17.4	8.4	9.0	29.2	21.9	7.3	20.5	13.5	7.0
本 川 根	10.9	-1.7	12.2	18.9	6.7	12.3	31.4	21.0	10.5	22.7	12.3	10.4
牧 ノ 原	9.6	-0.2	9.8	17.6	7.6	10.0	28.7	21.3	7.4	21.5	12.6	8.9
気 多	11.1	-0.9	12.0	19.6	8.3	11.3	30.9	21.7	9.2	23.4	12.8	10.6
御 前 崎	10.4	2.9	7.5	17.5	10.5	7.0	28.4	23.1	5.3	22.6	17.0	5.6

(1960年全国気象旬報より)

度以上の低夜温では転流は増加せず、炭水化物の増加の原因は呼吸、生長による消耗が減少するためと反論している。本実験の結果では、昼の温度を 25°C とした場合成葉の全糖・デンプン含量は夜温を低下させるほど増加する傾向がみられた。一方、炭水化物代謝に重要な役割^{12,13)}を持つリン酸の移動を、³²P を用い、1 年生さし木苗で実験したところ、低夜温区の根への ³²P の移動はむしろ少なかった。

以上の諸結果から、昼温が 30~31°C で夜温を 25~20°C まで低下させることは、茶芽の生育に有利な場合があるが、昼温を 25°C として夜温を 20~15°C とした場合には、一般に生育が劣り、また、炭水化物の根への転流を減少することが考えられる。しかし、比較的低温下でも生育する性質の印雑 131 のような品種では、低夜温により生育の劣る限界はさらに低くなるものと推察される。

5 摘 要

1. 気温の日変化、特に夜温の低下が茶樹の生育に及ぼす影響を知るために、五連式恒温装置内で数品種のはち植え個体の生育状態を調査した。

2. 夏季に昼温を約 30°C として夜温をそれより 5°C または 10°C 低下させた場合、生育は恒温区よりもまさるか、または同程度であった。

3. 約 25°C の恒温区に比べ、夜温をそれより 5°C または 10°C 低下させた場合は、むしろ生育が劣り、葉組織の硬化が遅れる傾向がみられた。

6 文 献

- 1) 原田重雄, 中山 仰, 三ッ井 稔: 日作紀, **28**, 107~108 (1959).
- 2) 原田重雄, 中山 仰, 三ッ井 稔: 日作紀, **28**, 343~344 (1960).
- 3) 原田重雄, 中山 仰: 東海近畿農試研報 (茶), No. 7, 25~52 (1960).

- 4) 中山 仰, 原田重雄: 茶試研報 No. 1, 1~40 (1962).
- 5) 盛永俊太郎, 永松士己, 栗山英雄: 農及園, **23**, 111~113, 173~175, 281~283, 387~389 (1948).
- 6) 林 武: 農及園, **25**, 871~874, 989~91 (1950).
- 7) WENT, F. W.: The Experimental Control of Plant Growth, 輪田, 富田訳 (朝倉書店 (1957)).
- 8) 中山治彦: 農技研報 D, No. 12, 77~124 (1964).
- 9) HEWITT, S. P. and O. F. CURTIS: *Amer. Jour. Bot.* **35**, 746~755 (1948).
- 10) 蚕糸試験場年報: p. 20 昭和37年度.
- 11) SMEETS, L.: *Euphytica*, **6**, 161~168 (1957).
- 12) 関岡 行: 日作紀, **29**, 273~275 (1961).
- 13) 相見靈三, 沢村 浩: 日作紀, **28**, 41~43 (1959).

Summary

The effect of low temperature at night on the growth of young tea plant was examined using two years-old plants of several varieties cultivated in pots. The air temperature of thermostats was regulated as follows ;

by day	at night
(8.30 a.m.~4.30 p.m.)	(4.30 p.m.~8.30 a.m.)
30°C.	30°C.
30	25
30	20
25	25
25	20
25	15

By varying the temperature from 30°C. to 25°C.

(or 20°C.), the growth rate of shoots showed superior or similar to that at a constant temperature 30°C.

By varying the temperature from 25°C. to

20°C. (or 15°C.), however, the growth rate of shoots showed inferior to that at a constant temperature 25°C.

(Dec., 23, 1965)

アッサム種利用に関する育種学的研究 (第2報)*

低温抵抗性について

農林省茶業試験場 塘 二郎・渡辺 明・三ッ井 稔・増田清志

Studies on the Utility of Assam Varieties in Tea Plant Breeding (Part 2)

Cold Resistance of F₁ Progenies

By Nirô TOMO, Akira WATANABE, Minoru MITSUI,
and Kiyoshi MASUDA

1 は し が き

紅茶用品種の育成にあたって、アッサム種の利用は欠くべからざることである。しかし、アッサム種の低温抵抗性はきわめて弱い。いろいろの組合せで交配に使用する場合、その後代にどの程度の低温抵抗性を示す個体がよく出現するのか、低温抵抗性の遺伝はどのようなかなどを知ることは、交配計画をより合理化し、育種能率を促進する上に重要なことである。昭和35年交配の実生個体を調査材料として、それらの低温抵抗性を調査したので、その結果を報告する。

2 実験材料および方法

昭和35年交配の実生個体を供試材料として、34組合せ1152個体の交雑後代を調査した。低温抵抗性の調査は昭和40年2月上旬に行なった。低温抵抗性の判定は-10°C、2時間の人為低温処理により、成葉および芽に現われた被害程度によって、0～6までの7階級に分類し、被害のないものを0とし、1, 2, 3, 4, 5の順位に6を最も被害の大きいものとした。

供試した交配組合せの両親の低温抵抗性は次のとおりである。

0 : べにほまれ・べにふじ・ただにしき・C5・C7
・C17・Niw1・Niw2・Niw3・Niw5・Niw8・コ
ーロ1

1 : 静印雑131・C22・X5・X11

2 : X12

3 : はつのみじ・あかね

6 : アッサム種全系統 (Ace5・Ace33・Abo20・
Abu1・Ash1・Acl1)

なお、アッサム種の6の階級は交雑後代の被害調査の結果と比較して決定したものである。

統計分析は表1の方法により、遺伝分散と環境分散を推定して遺伝力を求めた。

表1 分散分析と分散成分の推定方法

要 因	自 由 度	平均平方	期待される分散成分
全 体	$\Sigma n_i - 1$	M_0	
組 合 せ 間	$a - 1$	M_1	$\sigma_w^2 + h\sigma_b^2$
組 合 せ 内	$\Sigma n_i - a$	M_2	σ_w^2

注 : a : 組合せ数, n : 組合せ内個体数

$$h = \frac{1}{a-1} \left(\Sigma n_i - \frac{\Sigma n_i^2}{\Sigma n_i} \right)$$

$$\sigma_b^2 = \frac{1}{2} \sigma_g^2, \quad \sigma_w^2 = \frac{1}{2} \sigma_g^2 + \sigma_e^2$$

σ_g^2 : 遺伝分散, σ_e^2 : 環境分散

$$\text{遺伝力 } (h^2) = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_e^2}$$

また、低温抵抗性を調査した同じ材料について、樹

* 茶業技術研究 No. 32, 9~17 (1966) より転載