

# 冬から春にかけての気温が茶芽の生育ステージと耐凍性に及ぼす影響

中野敬之\*

(静岡県茶業試験場)

**要旨:** 静岡県菊川町における茶芽の生育ステージと耐凍性について、冬から春にかけての推移を 10 年間調査して、年次間の違いを明らかにするとともに、気温との関連性について検討した。その結果、生育ステージを表す指標とした DTS (25°C 14 時間日長下において茶芽が萌芽するまでの所要日数) は、1 月に最も長く 15 日間以上の値を示したが、その後は採取日が遅いほど短くなり、3 月下旬頃には数日間になった。1 月下旬の平均気温と 2 月中旬の DTS には正の相関が認められたが、2 月中旬以降の平均気温とその後の DTS には負の相関係数を示すことが多くなった。一方、茶芽の耐凍性を表す指標とした LT<sub>50</sub> (3 段階の低温処理で判定した半数致死温度) は、1 月に最も低かったが 2 月中下旬頃から上昇を始めて萌芽期間近には -5°C 以上になった。1 月上旬の平均気温とその後の LT<sub>50</sub> との間には負の相関係数がみられたが、2 月下旬以降は正の相関係数を示すことが多くなった。以上の結果、静岡県菊川町では、茶芽の生育ステージの進展は 2 月中旬以降の気温上昇によって、耐凍性の低下は 2 月下旬以降の気温上昇によって促進される傾向が認められた。なお、個々の DTS に対する LT<sub>50</sub> は年次によって異なり、耐凍性の高低は生育ステージの早晚とは別の要因にも影響されていた。

**キーワード:** 生育ステージ, 耐凍性, チャ, 平均気温, 芽。

凍霜害は一番茶の安定生産を脅かす重要な気象災害である。春先におけるチャの耐凍性は、萌芽期前の数週間を境に急速に低下することが指摘されており (Simura and Sugiyama 1965, 高橋ら 1961, 築瀬 1975), 送風法や散水氷結法等の防霜対策は、萌芽期の 2 週間前から行うように指導されている。しかし、茶芽の耐凍性について年次間の違いを調査した研究は無く、生育ステージとの関連性も不明な点が多いため、年々の気象変動や生育状況に対応した防霜対策の開始適期は策定されていない。一方、静岡県茶業試験場における作況園の経過を調べてみると、近年は萌芽期の年次間差が増大しており、防霜対策の開始時期の選定が困難な年次が多い。特に、暖冬年では耐凍性が低下して寒害や凍霜害が助長される可能性を懸念する生産者が多く、萌芽期の 1 か月以上前から防霜対策を実施している事例もみられている。生産費の高騰や資源の浪費を避けるためにも、萌芽期前における茶芽の生育ステージや耐凍性を判明する方法を確立するとともに、気象変動や生育の早晚と耐凍性との関係について詳細な調査が必要である。

一番茶芽の生育ステージは、萌芽後であれば新芽長や新葉数の測定により容易に判定できるが、萌芽前は茶芽の形態的な変化が小さいので判定は難しい。しかし、芽の大きさや幼葉数を詳しく調査すると、品種間差はあるものの、2 月中旬頃から幼葉数が僅かずつ増加して茶芽が肥大し始めることが報告されている (中野・大石 1993, 中野ら 1993)。一方、12 月から翌年 1 月までの期間に茶芽が付いた枝条を圃場から採取して 25°C の生育適温下で培養 [以下、この手法を切り枝検定法 (八戸ら 1988) とする] しても、茶芽は速やかに生育を開始せず、萌芽までに 15 日以上期間を必要とするが、2 月以降は採取日が遅いほど萌芽までの所要日数が短縮する現象が認められている (淵

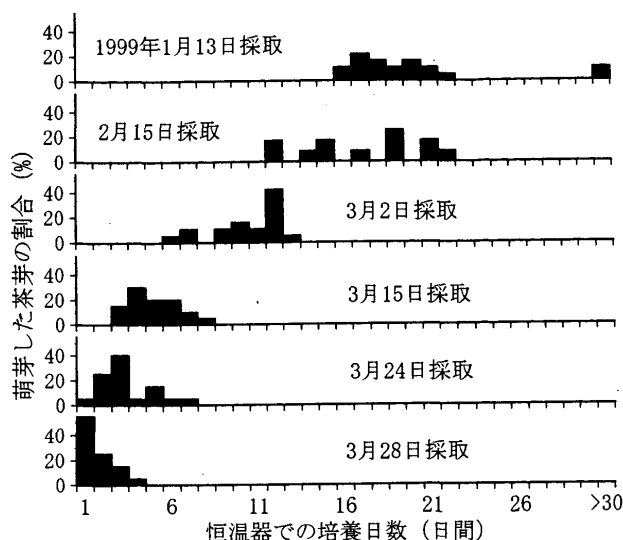
之上 1988, 八戸ら 1988, 築瀬 1971, 築瀬ら 1999)。以上の結果は、一番茶芽の生育が萌芽期の 2 か月前から始まっていることを伺わせているが、萌芽期と冬季の生育ステージおよび耐凍性との関係はほとんど明らかにされていない。

筆者は、切り枝検定法に基づく生育ステージと低温処理で推定した耐凍性について 1990 年から 10 年間調査して気温との関連性を検討した結果、上述した問題に対して参考になる幾つかの知見が得られたので報告する。

## 材料と方法

供試園は、静岡県茶業試験場 (静岡県菊川町, 標高 191 m) 内の 1983 年に南北方向に定植され、弧状に仕立てたやぶきた園で、二番茶まで摘採する周辺産地と同様な栽培方法が実施されている。試験に供する茶芽は、秋整枝で切断した枝条の最上位にある第 1 側芽を調査対象とした。1990~1999 年の 1~4 月に樹冠面の東側と西側から、第 1 側芽が付いた長さ 5 cm 程の枝条を 40 本ずつ採取した。試験は 10 本を一処理単位とし、樹冠面の採取場所別に 2 反復で行い、計 20 本の枝条を生育ステージの検定に、計 60 本を耐凍性の検定に供試した。調査間隔は、形質の変化が少ない 1~2 月では約 2 週間毎、変化が大きい 3 月以後は 3~7 日毎とした。

茶芽の生育ステージの判定方法については、樹木で休眠の判定に利用されている切り枝検定法を用いた。茶芽の生育に適した条件 (Carr and Stephens 1992, 中野 1999, 中山・原田 1962, Yanase 1980) である +25°C, 14 時間日長に調節した恒温器内 [(株) 日本医化, LH-200-RDCI, 5000 lux] で、水道水を入れた容器に枝条を水差し状態で 30 日間培養し、その間に萌芽までに要した日数

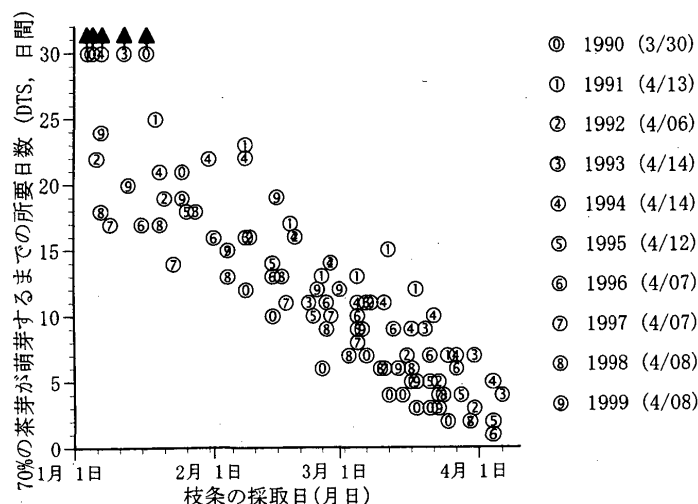


第1図 恒温器での培養日数と茶芽の萌芽日との関係。

を1本ずつ調べた。チャの萌芽期は70%の茶芽が萌芽した期日と定義（野菜・茶業試験場茶業成果発表会栽培部会1997）されているため、培養開始後70%の芽が萌芽するまでの所要日数を生育ステージを表す指数（Number of Days Transformed to Standard Temperature, 単位: 日間, 以下DTSとする）とした。すなわち, DTSは生育が進展するほど減少する変数であり, 0になった採取日は萌芽期を示す。なお, 培養中は水道水を適時に補充し, また, 何らかの影響により生育途中で枯死した調査個体は集計から除いた。

耐凍性の判定は, 3段階の低温処理による被害芽率から求めた半数被害温度を指標にした築瀬 (1975) の方法を応用した。採取日の天候や採取に費やした時間の差異が枝条の乾燥程度に及ぼす影響を緩和することを目的に, 低温処理前に枝条全体を数分間, 水道水に浸せきした。その後, 濡れたままの枝条を10本ずつアルミ箔に包み, 3基のプログラムフリーザーに入れた。枝条間の温度差を縮小させるため, 室温から0℃まで3~5時間かけて低下させ, 0℃の状態では5~8時間維持した後, -3~-18℃の範囲で設定した3水準の所定温度まで-1℃hr<sup>-1</sup>の速度で冷却した。所定温度で2時間処理した後, +3~+5℃hr<sup>-1</sup>の速度で+10℃まで加温した。低温処理後, 前述した切り枝検定法と同一条件で30日間培養した。

過去に行われたチャの低温処理試験では, 被害程度をグレード分けする方法が一般的に用いられてきた（淵之上1966, 原田・中山1961, 高橋ら1961, 鳥屋尾ら1967, 築瀬1975）。しかし, 本研究では, 調査員によって判断が異なる微妙な症状が多かったため, 一部の組織が壊死したものや変形葉がみられたものを判定材料とせず, 培養期間中に茶芽の全組織が黒変壊死したものを枯死芽と判定した。このため, 本研究では, 耐凍性を表す指標を半数被害温度（築瀬1975）ではなく, 半数致死温度（Lethal Temperature of 50% buds, 単位℃, 以下LT<sub>50</sub>とする）とした。なお, LT<sub>50</sub>は, 枯死芽率50%以上を示した処理温度を



第2図 1990~1999年におけるDTSの推移。

凡例横の括弧内の数値は, 供試園の萌芽期を示す。

図中の矢印は, 70%が萌芽するまでの所要日数 (DTS) が30日以上であることを示す。

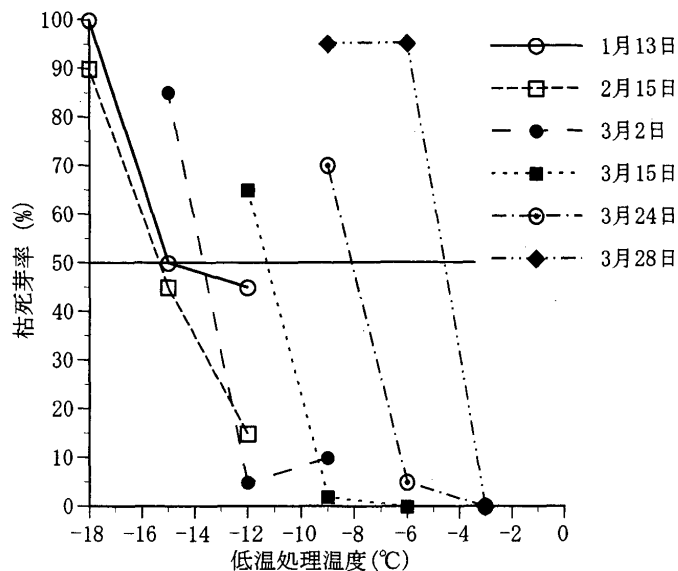
t1, 50%以下をt2とし, それぞれの枯死芽率をd1, d2とした場合, 次式により算出した。LT<sub>50</sub>=(50-d1)(t2-t1)/(d2-d1)+t1

## 結 果

1999年に実施した切り枝検定において, 恒温器内での培養日数と萌芽した茶芽の度数分布との関係を第1図に示した。その結果, 1月13日の採取では, 培養開始16日後から萌芽が始まり22日までにほとんどが萌芽したが, 一部の茶芽は30日後でも萌芽しなかった。2月15日の採取では, 12日後から22日後までの間に全ての茶芽が萌芽した。3月以降は, 採取日が遅いほど萌芽までの所要日数は短くなり, 調査個体間の変異も減少した。このような傾向は, 他の年次でも同様に認められた。

1990~1999年の10年間における萌芽期の期日とDTSの推移を第2図に示した。萌芽期は, 1990年が3月30日で最も早く, 1993年と1994年が4月14日で最も遅く, 10年間で16日の年次間差が認められた。DTSは1月に最も長くなり, 特に1990, 1993, 1994年の3か年は30日間以上であった。しかしながら, 1996, 1997, 1998年の3か年におけるDTSは20日間以下の値を示し, DTSの最大値は年次によって大きく異なった。その後のDTSは, 全ての年次で採取日が遅いほど短くなり, 3月下旬頃には数日間になった。萌芽期が3月30日と早かった1990年では, DTSは2月中旬頃から短く推移し, 萌芽期が4月13~14日と遅かった1991, 1993, 1994年では, 3月中旬のDTSは他の年次に比較して長かった。

1999年に実施した低温処理試験において, 処理温度と枯死芽率との関係を採取日毎に第3図に示した。その結果, 1月13日と2月15日の採取では, -18℃処理でほとんどの茶芽が枯死したが, -15℃処理では半数が枯死した。その後, 茶芽は採取日が遅いほど高い温度でも枯死



第3図 低温処理温度と枯死芽率との関係。

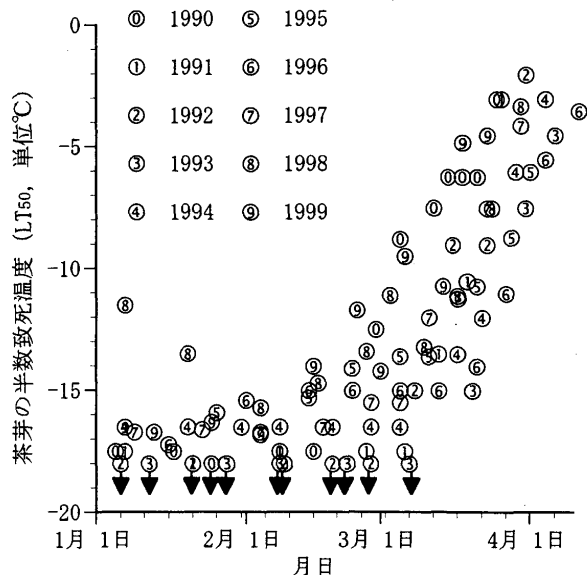
するようになり、3月28日の採取では $-6^{\circ}\text{C}$ 処理でもほとんどの茶芽が枯死するようになった。なお、枯死芽率が高い場合では、低温処理の数日後に枯死芽の判定ができたが、枯死芽率が低い場合は、枯死芽として判定できるまでに各採取日におけるDTSの値と同程度の調査期間が必要であった。

第3図における枯死芽率50%の横軸との接点である温度を $LT_{50}$ と定義して、1990～1999年における $LT_{50}$ の推移を第4図に示した。1月の $LT_{50}$ は、1998年以外では $-15^{\circ}\text{C}$ 以下まで低下し、特に1990、1992、1993年では $-18^{\circ}\text{C}$ 以下になった。 $LT_{50}$ は採取日が遅いほど上昇した。 $LT_{50}$ が $-10^{\circ}\text{C}$ 以上に上昇したのは、1990年と1999年では3月中旬以前であったが、1993、1994、1995、1996年では4月上旬になってからであった。 $LT_{50}$ の年次間差は3月20日頃に最大値を示し、1993、1996年と1990、1999年では $10^{\circ}\text{C}$ 以上の大きな差を示した。

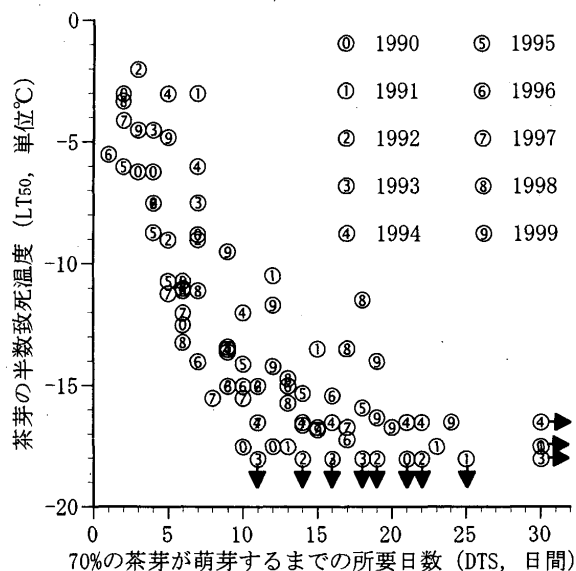
DTSと $LT_{50}$ との関係を第5図に示した。年次を混みにしてみると、両者には負の相関関係がみられた。しかし、DTSが15日以下の範囲における $LT_{50}$ は、年次によって大きく異なり、例えば、DTSが5日の時に対する $LT_{50}$ は、 $-3\sim-13^{\circ}\text{C}$ の範囲で大きく変動した。

冬～春季における茶芽の生育ステージや耐凍性は、気温の上昇や日長時間の変動に伴って変化すると考えられている(八戸ら1988, 中野1999, 築瀬1971, 1973, 1975)ので、本研究では気温の高低とDTS,  $LT_{50}$ との関係を検討した。その結果、最高気温、最低気温、平均気温の違いについては、DTS,  $LT_{50}$ との関係に大きな違いがみられなかった(図表省略)ので、以下は環境要因を平均気温に絞って示す。

旬別の平均気温とDTSとの相関関係を求めた結果を第1表に、また、両者間の相関係数が高いものを選んで第6図に示した。その結果、2月上旬以前のDTSについては、危険率5%以下での相関関係は認められなかったが、1月

第4図 1990～1999年における半数致死温度( $LT_{50}$ )の推移。

図中の矢印は、半数致死温度( $LT_{50}$ )が $-18^{\circ}\text{C}$ 以下であることを示す。

第5図 DTSと $LT_{50}$ との関係。

図中の矢印は、DTSが30日以上、若しくは $LT_{50}$ が $-18^{\circ}\text{C}$ 以下であることを示す。

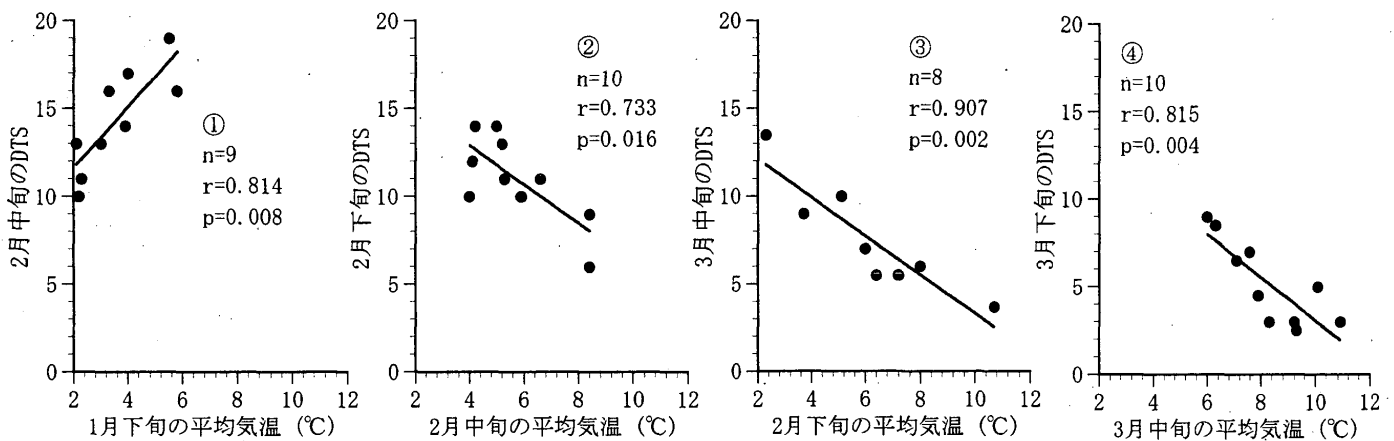
下旬の平均気温と2月中旬のDTSには危険率1%以下の高い正の相関が認められた。一方、2月中旬以後の平均気温は、その後のDTSとの間に負の相関関係を示すことがほとんどであり、特に2月中旬の平均気温と2月下旬のDTS、2月下旬の平均気温と2月下旬、3月上旬および3月中旬のDTS、3月中旬の平均気温と3月下旬のDTSとの間には、危険率5%以下の負の相関係数が認められた(第6図)。

次に旬別の平均気温と $LT_{50}$ との相関関係を求めて結果を第2表に示した。また、両者間の相関係数が高いものを選んで、それらの詳細を第7図に示した。平均気温と $LT_{50}$ との関係はDTSほど判然としない傾向であった。

第1表 旬別の平均気温とDTSとの相関行列.

DTS 平均気温	1月			2月			3月		
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
11月 上旬	0.215	0.633	-0.378	-0.023	-0.020	-0.242	-0.070	-0.230	-0.405
中旬	0.390	-0.062	-0.325	0.572	0.081	0.113	0.077	0.446	0.423
下旬	-0.485	-0.162	-0.475	0.034	0.189	0.109	-0.026	0.111	-0.245
12月 上旬	0.548	0.600	0.557	0.235	0.532	0.237	0.379	0.211	0.381
中旬	-0.738	-0.512	-0.544	-0.152	0.136	0.118	-0.126	-0.292	-0.628
下旬	-0.553	0.092	-0.049	-0.295	0.148	-0.136	-0.296	-0.459	-0.381
1月 上旬	-0.008	0.495	0.059	0.066	-0.093	0.206	0.197	0.077	0.576
中旬		-0.091	0.281	-0.127	-0.252	-0.006	-0.025	-0.103	0.229
下旬			0.093	-0.179	0.814**	0.598	0.573	0.105	0.154
2月 上旬				-0.174	-0.211	-0.131	-0.199	-0.440	-0.109
中旬					-0.539	-0.733*	-0.564	-0.361	-0.242
下旬						-0.733*	-0.802**	-0.907**	-0.627
3月 上旬							0.119	-0.161	-0.384
中旬								-0.653	-0.815**
下旬									-0.310

\*, \*\* は, それぞれ危険率5%, 1%で有意であることを示す.



第6図 旬別の平均気温とDTSとの関係. 相関関係が高いものを抜粋した.

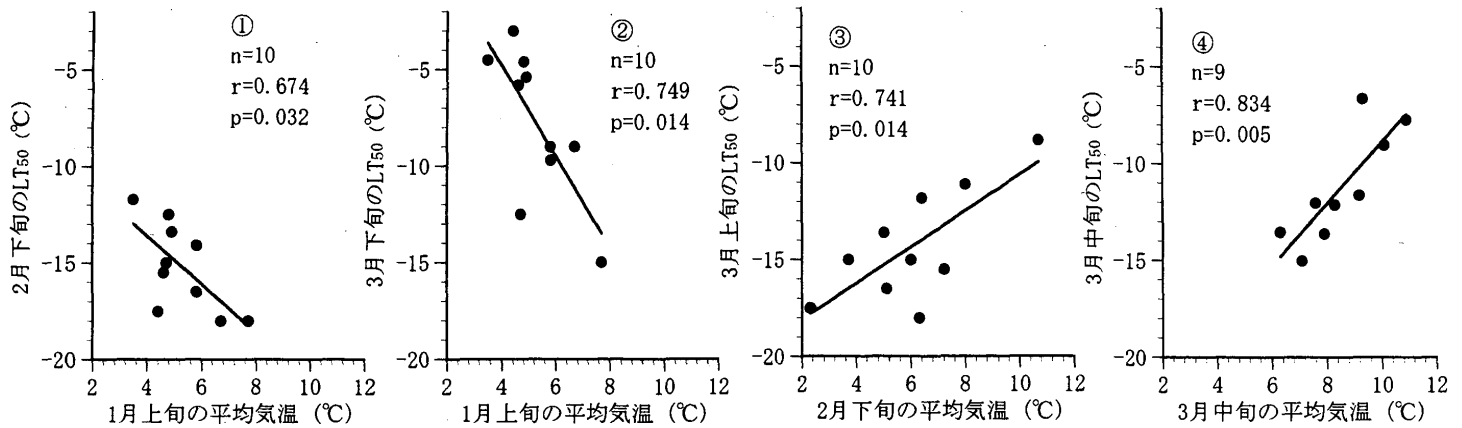
第2表 旬別の平均気温とLT<sub>50</sub>との相関行列.

LT <sub>50</sub> 平均気温	1月			2月			3月		
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
11月 上旬	-0.573	-0.278	0.015	-0.547	-0.244	0.203	0.185	0.620	0.632*
中旬	0.306	0.260	0.449	0.228	0.190	-0.070	-0.238	-0.541	-0.077
下旬	0.589	0.872*	-0.333	-0.106	0.040	-0.134	0.033	0.093	0.476
12月 上旬	-0.011	-0.046	-0.364	-0.636	-0.129	-0.292	-0.147	0.284	-0.138
中旬	-0.047	0.472	0.228	0.108	0.048	0.214	0.165	0.351	0.629
下旬	0.689	0.499	0.629	-0.288	0.112	0.292	0.345	0.277	0.206
1月 上旬	-0.170	-0.324	-0.340	-0.509	-0.655	-0.674*	-0.464	-0.195	-0.749*
中旬		-0.468	-0.444	0.407	-0.226	-0.111	-0.055	0.033	-0.201
下旬			-0.094	-0.575	0.013	-0.266	-0.220	0.367	-0.063
2月 上旬				-0.699*	-0.686	-0.203	0.038	0.547	0.063
中旬					-0.050	0.285	0.546	0.216	0.025
下旬						0.523	0.741*	0.629	0.229
3月 上旬							0.064	0.652	0.655*
中旬								0.834**	0.601
下旬									0.276

\*, \*\* は, それぞれ危険率5%, 1%で有意であることを示す.

11月下旬の平均気温と1月中旬のLT<sub>50</sub>との間には0.872の高い正の相関係数が認められたが, 僅か一つの離れたプロットが起因しており, 両者の関係は判然としなかった(図省略). 1月上旬の平均気温は, その後の全てのLT<sub>50</sub>

に対して負の相関係数を示し, 特に2月下旬, 3月下旬のLT<sub>50</sub>に対しては危険率5%以下の相関関係が認められた. 一方, 2月以後の平均気温と3月以後のLT<sub>50</sub>の間には全てに正の相関係数が認められ, 特に2月下旬の平均気温

第7図 旬別の平均気温と  $LT_{50}$  との関係。

相関関係が高いものを抜粋した。

と3月上旬の  $LT_{50}$  との間、および3月中旬の平均気温と3月中旬の  $LT_{50}$  との間には高い相関係数が示された(第7図)。

## 考 察

本研究では、10年間同一圃場から採取した茶芽について、1月上旬から4月上旬にかけての生育ステージと耐凍性の推移を調査した。その結果、生育ステージを表す指標としたDTSは、1月に最も長く15日間以上の水準で推移したが、その後は採取日が遅いほど短くなり、3月下旬頃には数日間になった。また、1990年のように、3月以降のDTSが短いと萌芽期も早まる傾向であった。一方、茶芽の耐凍性を表す指標とした  $LT_{50}$  は、1月に最も低く、ほとんどの年次で  $-15^{\circ}\text{C}$  以下まで低下した。特に1990、1992、1993年は  $-18^{\circ}\text{C}$  処理でも枯死芽はほとんどみられず、冬季における耐凍性の水準には大きな年次間差が認められた。 $LT_{50}$  は、年次間差があるものの、2月中下旬頃から上昇を始めて、萌芽期間近は  $-5^{\circ}\text{C}$  以上になった。

築瀬ら(1999)は、DTSが10日以下になった時を休眠覚醒期と定義して静岡県金谷町で1986～1988年に調査した結果、休眠覚醒期の早晩に年次間差はほとんど認められないとした。しかし、長期間実施した本研究の結果では、DTSと  $LT_{50}$  には萌芽期以上の大きな年次間差が認められた。例えば、10年間における供試園での萌芽期は3月30日から4月14日までの16日間の差異があったが、DTSが10日間以下になったのは、1990年の2月中旬から1991年の3月下旬まで30日間以上の差を示した。また、 $LT_{50}$  が  $-10^{\circ}\text{C}$  以上になったのは、1990年の3月上旬に対して、1994、1995、1996年では4月上旬であり、DTSと同様に大きな差が認められた。さらに、両形質の推移は萌芽期の早晩にも関係している傾向がみられたことから、DTSと  $LT_{50}$  が萌芽期前における生育状況を表す形質として利用できる可能性が示された。ただし、茶芽の採取からDTSや  $LT_{50}$  の調査結果が判明するまでにはDTSの値と同程度の期間が必要であることから、リアルタイムの情報として活用できないことが問題として残され

た。

春先におけるチャの耐凍性については、これまでに、萌芽期前の数週間を境に急速に低下することが明らかにされている(Simura and Sugiyama 1965, 高橋ら 1961, 築瀬 1975)が、低下時期の早晩と低下速度が茶芽の生育ステージにどの程度起因しているかを明示した報告はなかった。本研究では、DTSと  $LT_{50}$  との間には、年次を混みにした場合に負の相関関係が認められたが、個々のDTSに対する  $LT_{50}$  をみると、その値は年次によって大きく異なった。DTSと  $LT_{50}$  の指標としての完全性についての問題は残されているが、この結果より、茶芽の耐凍性の高低は、生育ステージの早晩とは別の要因にも影響されていることが示唆された。

本研究結果では、2月上旬以前の平均気温とDTSとの関連性は判然としなかった。しかし、1月下旬の平均気温と2月中旬のDTSには正の相関があり、1月下旬の高温がその後の生育を遅らせる効果があると考えられた。一方、2月中旬以後の平均気温は、その後のDTSと負の相関係数を示すことが多く、2月中旬以後における気温の上昇が生育ステージを早めることは明らかであった。なお、茶芽が付いている枝条が太いほど休眠最深期(12～1月)におけるDTSが小さいことが指摘されているので(中野・谷 1993)、2月上旬以前のDTSに認められた大きな年次間差は、前年の夏季における新梢の生育状況や秋整枝位置のように枝の太さを決定する要因が影響している可能性が示された。

森田ら(1979)は、数種の鑑賞樹木について、休眠覚醒に必要な気象条件を検討した結果、①覚醒が日長時間のみに依存するもの、②覚醒には一定の低温遭遇が必要なもの、③日長と低温の作用を受けるものなど、樹種によって異なることを報告した。八戸ら(1988)は、チャの主要品種について休眠の入脱と気象との関連を調査した結果、覚醒時期の早晩が気温の上昇よりも日長時間の増加に依存していると指摘している。一方、築瀬(1973)は、休眠期の茶芽を  $20^{\circ}\text{C}$  で生育させるよりも、  $10^{\circ}\text{C}$  に一定期間置いてから  $20^{\circ}\text{C}$  に移した方が早く萌芽する現象を見出

した。これらに本研究結果を併せて考察すると、チャは森田らの分類では③に該当し、休眠が日長に依存しながらも、冬季の低温遭遇により休眠覚醒が促される一面もあると判断される。ただ、本結果で示されたように、DTSに対しては、1月下旬よりも2月下旬以降の気温による影響が大きかった。また、萌芽期の早晩と気象との関連性を検討した倉貫 (1988) や中野 (1999) の結果も参照すると、厳寒期の気象が萌芽期の早晩に及ぼす影響は、萌芽期間近の気象よりも小さいと考えられる。

LT<sub>50</sub>と平均気温との関係については、DTSよりも判然としない傾向であったが、2月下旬以降の平均気温とその後のLT<sub>50</sub>との間には全て正の相関係数が示され、特に2月下旬の平均気温と3月上旬のLT<sub>50</sub>、3月上旬の平均気温と3月下旬のLT<sub>50</sub>、および、3月中旬の平均気温と同時期のLT<sub>50</sub>との間には有意な関係が認められた。したがって、2月下旬以降における気温の上昇が耐凍性を低下させることは明らかであった。一方、1月上旬の平均気温と2月下旬および3月下旬のLT<sub>50</sub>と負の相関が認められた。筆者らは、1月から3月までの期間に27 m<sup>2</sup>の移動式ハウスを3週間ずつ茶園に被せて、時期別の加温がその後の生育や耐凍性に及ぼす影響を調査したが、1月に加温すると萌芽期直前頃のLT<sub>50</sub>が若干低下した (中野・谷 1992)。これらの結果は、1月の気温が高いと萌芽期前の耐凍性が高まることを示し、前述した3月以降においてDTSとLT<sub>50</sub>が完全に合致しない現象が、1月の気象に起因している可能性が伺われた。なお、本結果により、緒言冒頭に述べた暖冬により寒害や凍霜害が助長される危険性は、ほとんど無いものと考えられる。

Simura and Sugiyama (1965) は、チャ葉の耐凍性の推移に類似した変動を呈する形質として、含水率、全糖と可溶性蛋白質の含有量を上げているが、特に、耐凍性が急速に低下する時期は、全糖含有量が減少する時期に合致していると報告している。また、植物の耐凍性は、一般に、細胞膜の浸透濃度に大きく影響することが指摘されている (酒井・吉田 1983)。このため、全糖含有量や細胞膜の浸透濃度が高い状態のまま生育ステージが進展することがあるか否かについて、早急に明らかにする必要がある。また、1月の高温が萌芽期前の耐凍性を高めた現象については、他の品種や地域など様々な条件下での再現性を確認するとともに、新たな防霜法開発の可能性も考慮しながら原因を究明すべきと考えられる。

**謝辞:** 本研究を実施するに当たり、静岡県茶業試験場の谷博司主幹、倉貫幸一研究主幹、高野浩技師および塚本靖技能員には多大な協力と支援を頂いた。記して謝意を表する。

## 引用文献

- Carr, M.K.V. and W. Stephens 1992. Climate, weather and the yield of tea. In Willson, K.C. and M.N. Clifford ed. Tea cultivation to consumption. Chapman & Hall, London. 87-132.
- 淵之上弘子 1966. 営利栽培北限地帯における茶樹の生育生理に関する研究. 第6報 新芽の低温害とその後の生育におよぼす影響. 日作紀 34 (別2): 515-516.
- 淵之上弘子 1988. 埼玉県の茶主産地域における茶芽の冬芽の休眠について. 第2報 自発休眠と他発休眠について. 日作紀 57 (別2): 67-68.
- 八戸三千男・近藤貞昭・池田奈美子・和田光正・根角厚司 1988. 暖地におけるチャ品種の休眠特性と気象要因の影響. 野菜・茶試研報 D.1: 69-78.
- 原田重雄・中山仰 1961. 凍結・融解の速度と寒害発生との関係について. 茶研報 No. 18: 11-15.
- 倉貫幸一 1988. 萌芽期と摘採期に及ぼす秋から春にかけての最高・最低気温と降水量の影響について. 茶研報 No. 65: 27-37.
- 森田正勝・岩本重治・樋口春三 1979. 観賞樹木の生育に及ぼす周性と光周性の相互影響 (第4報). 数種の樹木の生育に及ぼす冬季の低温及び日長時間の影響. 園学雑 48: 205-212.
- 中野敬之・谷博司 1992. 冬季気温が茶芽の耐凍性に及ぼす影響. 日作紀 61 (別1): 188-189.
- 中野敬之・大石准 1993. チャ冬芽の芽長と幼葉数の推移. 茶研報 No. 77: 1-4.
- 中野敬之・谷博司・渡辺直史・岩瀬哲也 1993. 三番茶不摘採園における秋整枝時期が冬芽の生育に及ぼす影響. 茶研報 No. 78: 47-52.
- 中野敬之・谷博司 1993. 茶芽の形態と休眠の深淺との関係. 茶研報 No. 78 (別): 28-29.
- 中野敬之 1999. 整枝時期を起点としたチャ側芽の発育モデル. 日作紀 68: 433-439.
- 中山仰・原田重雄 1962. 温度と茶樹の生育に関する研究 (第4報). 温度と夏季における幼茶樹の生育. 茶試研報 1: 28-40.
- 酒井昭・吉田静夫 1983. 植物と低温. 東京大学出版会, 東京. 31-46.
- Simura, T. and N. Sugiyama 1965. Studies on varietal differentiation of frost resistance in tea plant. I The seasonal change of frost resistance and its related physical and chemical properties of leaves. Japan. J. Breed. 15: 10-20.
- 高橋恒二・青野英也・田中静夫・築瀬好充・吉川茂 1961. 茶樹の凍霜害に関する研究. 降霜時の微細気象と凍霜害の応急的ならびに栽培的防止法の研究. 東近農試研報, 茶業部 8: 28-151.
- 鳥屋尾忠之・家弓実行・勝尾清 1967. 切り枝の凍結処理による紅茶用品種の耐凍性の検定 (第1報). 処理方法と品種の耐凍性. 茶技研 35: 32-39.
- 築瀬好充 1971. 茶樹の冬芽の休眠に関する研究. 日作紀 40 (別2): 33-34.
- 築瀬好充 1973. 茶樹冬芽の休眠移行条件. 日作紀 43 (別2): 207-208.
- 築瀬好充 1975. 茶樹の器官による耐凍性の差異とその時期的変化. 茶研報 No. 42: 19-24.
- Yanase, Y. 1980. Effects of temperature on the growth of new shoots and quality of Green Tea. JARQ 14: 95-99.
- 築瀬好充・武田善行・池田奈美子 1999. 温暖地におけるチャ品種の休眠特性. 日作東海支部報 127: 23-27.
- 野菜・茶業試験場茶業成果発表会栽培部会 1997. 茶業関係試験研究用語集 (栽培分野編). 茶研報 No. 85: 27-70.

---

**Influences of Air Temperature on the Progress of Growth Stage and Freezing Hardiness in Over-Wintering Tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze]** Bud : Takayuki NAKANO (*Shizuoka Tea Exp. Stn., Kikugawa 439-0002, Japan*)

**Abstract :** In this study, the progress of growth stage and change in freezing hardiness of tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] bud were examined from January to April in relation to air temperature for 10 years. The growth stage was shown by days to 70% sprouting at 25°C under 14-hour day length (DTS). In the buds examined in January, DTS was over 15 days. DTS decreased as the time of examination was delayed and was only a few days in the buds examined in late March. The higher the average air temperature in late January, the longer the DTS in mid-February, but the higher the average air temperature after mid-February, the shorter the DTS later in the season. Freezing hardiness was shown by  $LT_{50}$  [lethal temperature (°C) of 50% buds]. It was the lowest in January, increased after mid-February, and reached  $-5^{\circ}\text{C}$  around a sprouting time. The average air temperature in early January showed a negative correlation with  $LT_{50}$  at later season, but that after late February showed a positive correlation in most cases. Thus the progress of growth stage and the decline of freezing hardiness were caused by increasing in air temperature after mid-February and late February, respectively. The  $LT_{50}$  of the buds at a certain growth stage varied with the year, suggesting that the freezing hardiness was also influenced by some factors other than the growth stage.

**Key words :** Average air temperature, Bud, *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze, Freezing hardiness, Growth stage, Tea.

---