

山陰地域の冬期強風による茶樹の葉身被害の発生

第1報 圃場で観察される葉身水ポテンシャルの 低下と被害発生との関係*

福田 晟・山谷 聡**・小葉田 亨・今木 正

(島根大学農学部)

1992年6月9日受理

要 旨 : 冬期山陰地方の強風下で発生する葉枯れ、落葉などの被害がどのような理由で発生するのかを水分生理学的観点から明らかにしようとした。冬期地上に少残雪、強風が吹いた日(気温 $0^{\circ}\text{C} \sim -4.4^{\circ}\text{C}$ 、風速 $4 \sim 7 \text{ ms}^{-1}$)は、葉身水ポテンシャル (ψ_L) が夜間から翌日の日中にかけて $-1.2 \sim -2.3 \text{ MPa}$ と著しく低下し、翌日、葉身の枯死が生じた。この気象条件は茶樹に凍害が生じるより気温が高い。一方、冬期被害が出ない日、あるいは夏期でも ψ_L は $-1.0 \sim -1.1 \text{ MPa}$ までしか低下しなかった。

一方、圃場と同齡の葉身を加圧して、脱水圧と葉身の枯死との関係を見ると、冬期の葉で -1.0 MPa 、夏期の葉で -1.8 MPa で枯れはじめ、冬期の葉はわずかな脱水でも枯れやすいことがわかった。

以上から、寒風により被害の発生する日は、低温、強風により茶樹の水分欠乏状態が著しくなること、さらに冬期の葉はわずかな脱水によっても枯れやすいために被害が促進されることが推定された。

キーワード : 寒風による被害、強風、チャ、低温、水ポテンシャル、

Decrease of Leaf Water Potential and Leaf Injury of Tea Plant (*Thea sinensis* L.) Subject to Cold Winter Wind in Sanin Region of Japan I. Response of leaf water potential and leaf injury under field conditions : Akira FUKUDA, Satoshi YAMATANI, Tohru KOBATA, and Tadashi IMAKI (*Faculty of Agriculture, Shimane University, Nishikawatsu-cho, Matsue 690, Japan*)

Abstract : Tea leaf sometimes receives serious damage as leaf blight or defoliation by winter cold wind in Sanin region of Japan. When wind of $4 \sim 7 \text{ ms}^{-1}$ blew, air temperature decreased to $0 \sim -4.4^{\circ}\text{C}$ and a little snow remained on the ground, leaf water potential (ψ_L) of tea plant (cv. Yabukita) was lowered to -1.2 MPa in mid night and decreased to -2.3 MPa in daytime of the next day. Leaf blight appeared one or two days after the condition. This temperature is a little higher than that causing freeze damage of tea leaves. However, when wind speed was lower than that, air temperature was near $3 \sim 5^{\circ}\text{C}$ and there was no snow, ψ_L decreased only to -1.0 MPa and leaf injury was not observed. ψ_L did not decrease under -1.1 MPa even in a hot summer day. We observed relationships between pressure rate and leaf injury of tea leaves pressurized with a pressure chamber in order to make analogous comparisons with decreases of ψ_L by the cold winter wind. Leaf death started from pressurized rate 1.0 MPa and 1.8 MPa in winter and summer tea leaves, respectively, and the death was urged by more increase of pressurization rate.

We suggested that the cold wind injury is caused by water deficiency of tea leaf as indicated by decrease of ψ_L under the strong cold wind and low temperature condition, and, in particular, winter tea leaves more easily receive damage because winter leaves are sensitive to decrease of ψ_L more than other seasons leaves.

Key words : Cold wind injury, Leaf water potential, Low temperature, Strong wind, Tea.

冬期季節風の強い山陰地方では、茶樹に葉枯れ、落葉などの被害がしばしば発生する(第1図)。このような障害は幼木の生長を抑え、成園化を遅らせ、成木園では春先のほう芽時期を遅延させ、収量、品質に悪影響を及ぼしている。したがって、この被害は冬期山陰地方において雪害と共に次年度の生育に与える影響が大きい。

これまでの結果では、茶園の季節風がよく当たる場所は、防風林で防がれている場所に比較し同じ温度でも被害程度が大きかった²⁾。また、切り枝を用い

た実験では低温ほど蒸散量、吸水量が減少し葉身水分含量も低下した^{1),3)}。また、この被害の発生する時の温度条件は凍害(赤枯れ)の発生する温度より高い^{4,5,6,12)}。これらの事実は低温、強風が水分欠乏を通して葉身の枯死や脱落をもたらしている可能性を示唆している。

そこで本報告は、山陰地域における冬期風による葉身被害が体内水分欠乏によるものなのかどうかを明らかにすることを目的とした。そのために、葉身脱水の指標として葉身水ポテンシャル (ψ_L) を測定し、圃場条件下の寒風による被害発生時の体内水分状態を明らかにするとともに、葉身加圧により ψ_L

* 大要は第190回講演会(1990年10月)に発表。

** 現在兵庫県北淡路農業改良普及所。

を低下させ、 ψ_L の低下が被害発生をもたらすのかどうかを明らかにしようとした。

材料と方法

1. 冬と夏の葉身水ポテンシャル (ψ_L) の日変化

試供材料は、中海に東南側が面した本学附属本庄農場の成木園、品種やぶきたを用いた。調査日は冬期が寒風による被害の発生した1989年2月2～3日と被害の出なかった2月7～8日の2回、夏期が1990年8月9～10日の1回であった。

ψ_L の測定は、展開した葉が3枚付いた枝にビニル袋を被覆し、ナイフで切り取り、直ちにプレッシャーチャンバー (Model 3005, Soil Moisture Equipment Co.) 法¹⁾で2時間毎に3反復測定した。

2. 葉身の加圧脱水による枯死被害程度の季節変化

試供材料は、同本学附属農場の成木園、品種やぶきたを用いた。処理時期は1989年3月、6月、8月、12月であった。これらの葉は6月が5月に、8月が7月に、12月と3月が9月に展葉した葉であった。まず茶園から採取した枝の基部を水の入ったバケツに漬けビニル袋で被覆し、10°C、暗黒下に2時間以上置いて十分吸水させた。次にこの枝を先端から完全展開葉3枚と下に2 cmの茎を付け切り取り、この枝にビニル袋を被覆しプレッシャーチャンバーに入れ、茎の切り口を外に出し、窒素ガスで加圧脱水した。加圧時間は約20分であった。加圧脱水処理が終わった枝は直ちに水の入ったビーカーに挿し、10°C、暗黒下に静置し再吸水させた。被害程度の判定については処理後5日目以後は被害が拡大しなかったもので、5日目の最上位葉について行い、第1表に示す6段階とした。なお、加圧は0.3、0.8、1.3、1.8、2.3、2.8、3.3 MPaであった。

また、1990年11月に葉身のAgeによる加圧脱水と枯死被害程度を比較するために同様の測定を行った。処理に用いた葉身は先端の完全展開葉(9月に展

葉、新しい葉)と下位葉(5月に展葉、古い葉)で、新しい葉は先端の完全展開葉1枚と下に2 cmの茎を、古い葉は上に0.3 cm、下に2 cm茎を付け切り取り、上の切り口には瞬間接着剤を塗り出液を防止した。加圧処理前後の処理、被害程度の判定は季節変化を比較した実験と同じであった。

結 果

1. 寒風による被害発生時の園場における茶樹の葉身水ポテンシャル (ψ_L)

まず、寒風による被害の発生が認められた1989年2月2～3日では、 ψ_L は日没直前の18時に-1.5 MPaまで低下し、夜間は-1.2 MPa前後となり、あまり回復しなかった(第2図-A)。そして夜明け頃から(6時)再び低下し始め、15時に最低-2.3 MPaまで低下した。この日は昼・夜間とも気温が-0.2～-4.4°Cと低く、畦間には5～10 cmの積雪があり、風速は2.9～6.9 ms⁻¹と強かった。日射量は12時に最高0.25 KWm⁻²であった。被害のなかった1989年2月7～8日では、 ψ_L は11時に最低-1.1 MPaまで低下したが、その後徐々に高くなり、夜間は-0.3 MPaまで回復した(第2図-B)。気温は5.2～9.7°C、風速は昼間3 ms⁻¹前後であったが、夜間はほとんど無風であった。日射量は9時に最高0.26 KWm⁻²であった。飽差は2月2日よりも2月7日の方がやや高かった。

次に冬期よりも蒸散が盛んと思われる夏期(1990年8月9～10日)では、 ψ_L は日の出直前に-0.3 MPaであったが徐々に低下し、12時にこの日最低の-1.0 MPaとなった(第2図-C)。その後、徐々に高くなり、24時に日の出直前の-0.3 MPa前後まで回復した。この日は気温が昼・夜間を通して25°C～30°Cになり、風速は昼間2.0 ms⁻¹前後で、夜間はほとんど無風であった。飽差は冬期に比べ日中で5倍以上高くなった。日射量は12時に最高0.8 KWm⁻²であった。

Table 1. Visual score of Leaf injury.

Score	Visual symptom
1	slight color change of leaf edge
2	blown color in leaf edge
3	slight color change of 30-50% of a whole leaf
4	changing into brown color of 30-50% of a whole leaf
5	slight change of green color of 60-100% of a whole leaf
6	changing into brown color of 60-100% of a whole leaf



Fig. 1. Cold wind injury of tea leaf (cv. Yabukita) in 8 March 1991 on the Honjyo Experimental Farm of Shimane University. Cold wind blew from 22 to 24 February 1991.

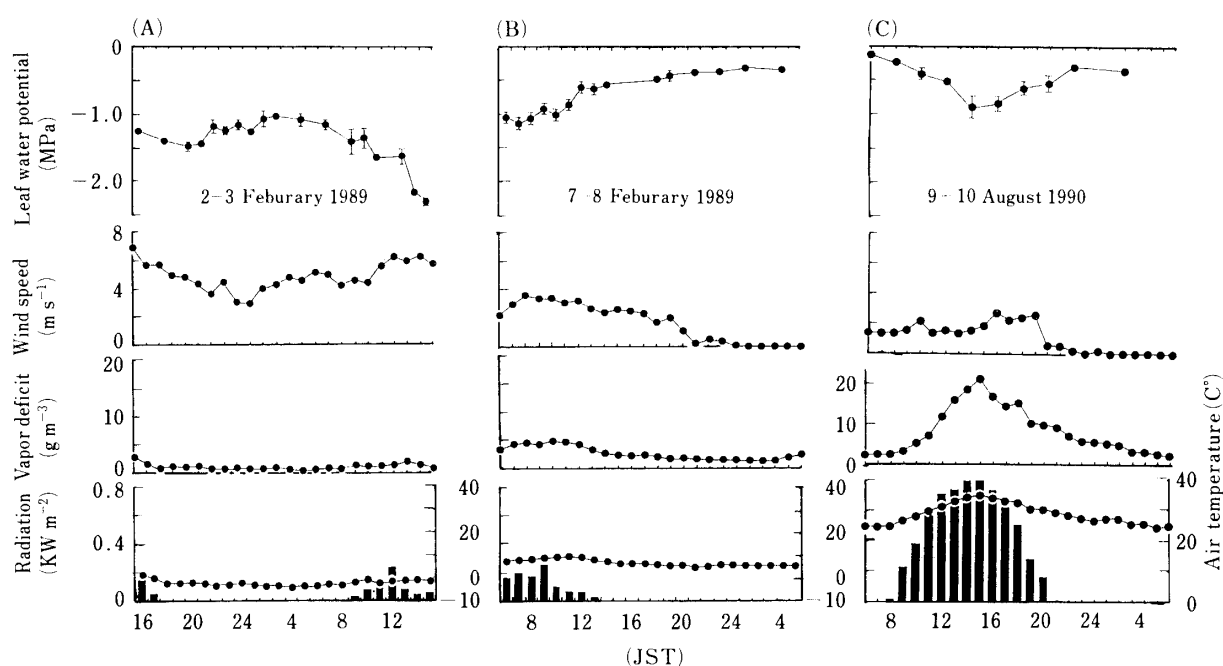


Fig. 2. Diurnal trend of leaf water potential of tea plant and several meteorological conditions under the field in winter (A, B) and in summer (C) day. Cold wind injury occurred in the winter day (A). Values of leaf water potential were means \pm s.e. of three observations.

2. 加圧による葉身水ポテンシャル (ψ_L) の低下と枯死被害との関係

寒風による被害発生時には葉身 ψ_L が著しく低下していることが確認された(第2図-A). そこで, ψ_L の低下と葉身の枯死被害との関係を知るために葉が着生した枝をプレッシャーチャンバーで加圧脱水後再吸水させ類似的条件を作り調査した(第3図). その結果, いずれの時期とも一定以上圧力が増すと被害

程度が直線的に大きくなった. ただし, 被害の始める加圧程度を比較すると, 3月が約0.8, 12月が約0.9, 6月約1.3, 8月約1.8 MPa 前後となり, 冬期の葉である3, 12月が最も低い加圧脱水で被害が認められた.

次に, 11月に同じ枝の先端の葉(新しい葉)と基部の葉(古い葉)を同様に比較した(第4図). その結果, 加圧程度が同じ場合, 古い葉が新しい葉に比

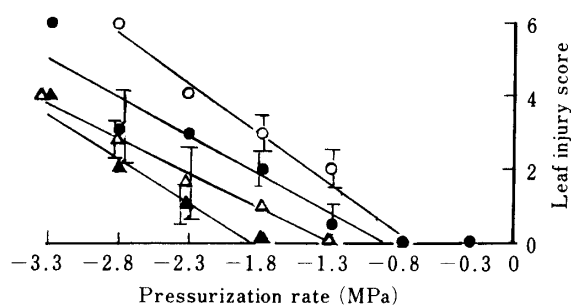


Fig. 3. Increases of leaf death of tea leaves in different seasons by pressurization with a pressure chamber. Each values were means \pm s.e. of three observations. Values under 0.1 of score of leaf death were omitted for clarity.

○ — March $Y = -2.04 - 0.28X$
 $r^2 = 0.978^{**}$
 ● — December $Y = -2.09 - 0.22X$
 $r^2 = 0.912^{**}$
 △ — June $Y = -2.72 - 0.20X$
 $r^2 = 0.978^{**}$
 ▲ — August $Y = -4.88 - 0.26X$
 $r^2 = 0.966^{*}$

(* , ** indicates 5%, 1% level of significance respectively.) where x is pressurization rate and y is leaf injury score. See Table 1 for leaf injury score.

較して枯死被害が大きくなる傾向を示した。

考 察

寒風による被害の発生が認められた冬の日には ψ_L が著しく低下していることが認められた。すなわち、寒風による被害が認められなかった冬・夏の日には ψ_L が夜間 $-0.1 \sim -0.3$ MPa 前後まで回復している。これに対し寒風による被害が認められた冬の日には夜間あまり回復せず翌日さらに低下し、特異な動きを示した。一般に日射量、飽差、風速の増大は植物体からの蒸散を促進し⁹⁾、 ψ_L を大きく低下させる。冬期の場合、気温が低く、飽差は夏期に比べかなり小さい（第2図）にもかかわらず、 ψ_L が著しく低下する日があった。これは一つには風速が冬の日には大きいことが関係している可能性がある。しかし、総合的には大気蒸散要求は特に冬期が大きいとは認められない。なぜならば、夏期の晴天の日と、寒風による被害が発生した冬期について日射量、飽差、風速の測定値から茶園の基準蒸散速度（ E_p ）を Penman の式^{9,10)} から計算したところ、夏期の E_p は冬期に比較しかなり高く、大気蒸散要求は夏期の方がはるかに大きいと推定されたからである（第5

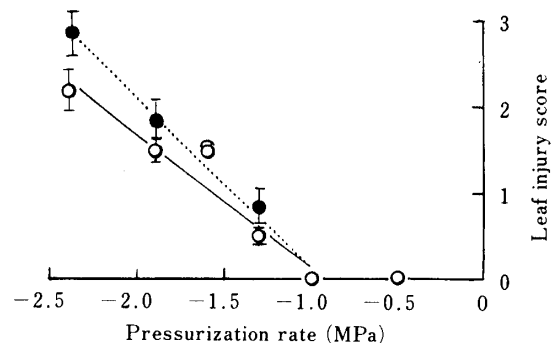


Fig. 4. Increases of leaf death of old (●) and new (○) tea leaves by pressurization with a pressure chamber. Each values were means \pm s.e. of three observations.

図)。したがって、冬期に ψ_L を著しく低下させる要因は強風や飽差などの気象環境以上に低温、積雪などの影響を受けた植物体側にあると推定される。そして夜間に低温で強風であった翌日の日射はさらに ψ_L を著しく低下させている。これは夜間の低温、強風の後影響と見なせよう。また、凍害による被害は葉身の場合 -5°C 以下で発生するので^{6,12)}、本実験で認められた障害は従来の赤枯れとは異なると見なせる。また、少降雨による土壌水分、空気湿度の低下、低温による土壌、枝、根の凍結に、寒風が加わると被害が拡大する寒干害（青枯れ）と本現象とは被害を引き起こす条件を異にする^{4,5,6,12)}。

また、葉身の脱水と枯死被害との間には密接な関係が見られた。さらに、冬期の葉（12月、3月）は夏期（6月、8月）のそれに比較し、加圧に対して枯死を始めるのが早く、より脱水に対して敏感であると言えよう。原田らによると秋から厳寒期にかけ茶樹の葉内水分が著しく減少し、茶葉の成熟また老化が進むと報告している⁷⁾。筆者らも茶樹の切り枝を用いた実験で、冬期は生育の旺盛な時期に比較し風・光の有無に対する気孔開閉の反応が衰えていることを認め、その原因は葉の水分含量が低く、硬く、老化しているためと考えた^{1,3)}。これらのことから、冬期の茶葉は、硬化、老化が進んでいると考えられた。すなわち、老化し硬い細胞壁を持った弾性率の高い細胞は弾性の低い細胞より水を少しでも失うと原形質に対し壁圧が急速に減少して原形質分離が直ちに起こるとされている⁸⁾。このようなことから、老化が進んでいる冬期の茶葉は高い ψ_L でも原形質分離が生じやすく、わずかな ψ_L の低下によって寒風による被害が発生するものと考えられる。しかし、 ψ_L 低下がなぜ枯死を著しくしているのかについて

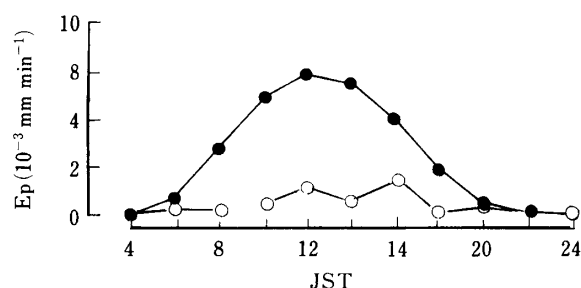


Fig. 5. Diurnal trend of potential evaporation of the winter day in which the leaf injury was occurred and of summer days on the experimental field. The potential evaporation E_p was calculated from the Penman equation^{9,10}. Measurements of August 1990 were started at eight in the morning and finished at nine in the next morning.

○—2 February 1989 ●—9~10 August 1990

は本実験では明らかではない。さらに、加圧された葉身 ψ_L が実際の茶園における冬期の ψ_L の低下をそのまま再現しているのかという問題がある。これらの点を明らかにするためには蒸散に伴う脱水がもたらす ψ_L 低下と枯死被害との関係を確認する必要がある。

以上から、冬期の少積雪、強風条件下で生ずる茶樹の葉身枯死被害の発生は、一つは ψ_L 低下でみられるように著しい葉内の水分欠乏が生じるためであること、さらに、冬期の茶葉は他の季節より葉内水分欠乏に伴う枯死が生じやすくなることの相乗効果により起きると結論される。

引用文献

1. 福田 晟 1981. 茶樹の寒風害に関する研究, 第1報 異なる環境条件が吸水量, 気孔開度に及ぼす影響. 島大農研報 2:7-11.
2. ——— 1981. 寒風が茶樹の生育に及ぼす影響. 島大農場研報 3:1-7.
3. ——— 1982. 茶樹の寒風害に関する研究, 幼茶樹の水収支について. 島大農場研報 4:1-6.
4. 刈之上弘子 1970. 切枝試験法による冬期青枯れ機構の解析. 日作紀 39 (別1):103-104.
5. ——— 1974. 寒冷地での茶樹の冬季青枯れ被害と成葉の形態的要素との関係. 日作紀 43 (別1):37-38.
6. ——— 1983. 関東地方におけるチャの冬季気象災害の作物学的研究. 埼玉県茶業試験場報告 8:1-193.
7. 原田重雄・中山 仰 1960. 茶樹の耐寒性に関する研究, 第5報 茶葉の水分含量の一時的変化と寒害との関係について. 東近農試験報 7:61-67.
8. Kramer, P.F. 1983. 水環境と植物. 田崎忠良監修 石原 邦・石倉 晋・田崎忠良, 橋本 康共訳 1986. 養賢堂, 東京. 244-272.
9. Slavic, B. 1974. Method of Studying Plant Water Relations. Czechoslovak Academy of Science, Prague. 193-212.
10. 坪井八十二編集. 1974. 新編農業気象ハンドブック. 養賢堂, 東京. 189-190.
11. Turner, N.C. and M.L. Long. 1980. Errors arising from rapid water loss in the measurement of leaf water potential by the pressure chamber technique. Aust. J. Plant Physiol. 7:527-537.
12. 梁瀬好光・青野英也・杉山四郎 1974. 茶樹の越冬障害の発生機構とその防止法. 茶業試験場報告 10:1-90.