茶生葉貯蔵における超音波加湿機の効果

静岡県茶業試験場

後藤 正・高橋 宇正

Effect of Ultrasonic Atomizer on Tea Leaves Storage

By Tadashi GOTO and Iemasa TAKAHASHI

Shizuoka Tea Experiment Station

1 ま え が き

摘採した生葉は可能な限り早く製造することが、品質のよい煎茶をつくるための大切な要点であるが¹⁾、規模の大きな協同工場でも生葉処理には限界があり、摘採制限や長時間の生葉貯蔵もやむおえず実施しているのが現状である。また、山間地を中心とする自園自製農家では、摘採と製造は同一人の手により行われることが多く、このため午前中の摘採であっても夜間に製造することも珍しいことではない。このようなことから、生葉を長時間新鮮な状態で貯蔵する技術の開発は極めて重要なことである。現在では、呼吸熱の蓄積を防ぎ、葉むれや葉やけを防止する通風貯蔵法が広く普及している。しかし、この貯蔵法では送風した外気が堆積茶葉に最初に触れる透気板直上部で、品質低下の原因となる青枯れ現象を起こす。これを防止するためノズルを利用した噴霧法による加湿空気送風法も検討され、その効果についての報告がある^{1), 2)}。また、毛細管現象を応用した加湿方法を取り入れた実用機も市販されている。

本報では超音波加湿機を利用して青枯れ現象を抑え、これに伴う品質への影響について調査したので、その結果を報告する。

2 試 験 方 法

2.1 試 験 装 置

図1の略図に示すような装置を用いて試験を行った。超音波加湿機の設置位置は大型機(発振子6個装備)使用の場合は、ブローアの給気口の位置に置き、小型機(発振子2個装備)使用の場合は、ダクトの中に設置した。なお、本試験で用いた超音波加湿機、生葉管理装置および送風機は次のとおりである。

超音波加湿機 型式 PH-1300 発振子 2 個

図1 貯蔵試験装置略図

A: 超音波加湿機

(清水機電)

超音波加湿機 型式 ISW-601T 発振子 6 個

(清水機電)

生葉管理装置 八木式コンテナ型生葉管理装置
200K型 193×102×113 cm³送 風 機 風圧型ターボ送風機 No. 8・1/2
8枚羽根(高木鉄工所)

2.2 試 験 条 件

コンテナ型生葉管理装置 200 K型 2 台を用い、一方を送風のための対照区、他方を送風と超音波加湿機による加湿を併用する加湿区とした。試験は1980年一、二番茶期と、1981年一、二番茶期に行い、各茶期とも後期のやぶきたはさみ摘み葉を供試原料とした。試験の条件および運転条件を表1に示した。

†1 静岡県茶試: 昭和56年度試験成績書, pp. 286~346 (1981)。

†2 静岡県茶試: 昭和46年度総合助成試験事業成績, pp. 77~91 (1971)。

表 1 運 転 条 件 お よ び 使 用 機 種

区 分	1980年一番茶		1980年二番茶		1981年一番茶		1981年二番茶	
	対照区	加湿区	対照区	加湿区	対照区	加湿区	対照区	加湿区
生 葉 管 理 装 置	八木式コンテナ型生葉管理装置 (200K型)							
超音波加湿機・発振子数・台数	—	2.3	—	6.2	—	6.2	—	6.2
茶 葉 投 入 量 (kg)	150	150	100	100	150	150	150	150
仕 切 網 下 の 生 葉 量 (kg)	—	—	50	50	50	50	50	50
送 風 機 連 続 運 転 時 間 (hr)	2	2	2	2	3	3	2	2
断続設定時間 (運・断) (min)	20・40	20・40	30・30	30・30	20・40	20・40	30・30	30・30
送 風 量 $\times 10^{-3}$ ($\text{m}^3/\text{sec}/\text{kg}$)	1.8	1.8	2.7	2.7	2.7*	2.5*	2.6	2.5
室 内 温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	21		24.5		21.5		30	
相 対 湿 度 (% RH)	63		77		69		69	
保 管 時 間 (hr)	20.0	20.0	16.5	16.5	17.0	17.0	18.2	18.6

注) * 風量の変更あり, 図2参照。

2.3 調 査 項 目

(1) 葉温および乾湿球温度

葉温は収容した茶葉の底部より $\frac{2}{3}$ の位置にサーミスタ温度計(横河電機株式会社, 12点)の端子をそう入して測定した。湿度測定はサーミスタ端子にガーゼを巻き、末端を水槽に入れて行った。

(2) 貯蔵後の茶葉重量

黒色防霜用被覆資材で貯蔵容器内の供試生葉を上, 下2段に仕切り, 下段へは50kgを投入した。1980年二番茶では上段の投入量は50kgで, その他は全て100kgとした。貯蔵後はそれぞれの重量を測定し重量減とした。

(3) 茶 葉 水 分

貯蔵前後に容器内の上, 中, 下層部の茶葉をパラフィン紙袋 ($12 \times 18 \text{ cm}^2$) に採取し, これを熱風循環式恒温乾燥機で 100°C , 48時間の乾燥を行い乾量基準で示した。

(4) ビ タ ミ ン C

貯蔵容器の上, 下段より採取した茶葉を送带式蒸機にて30秒間の蒸しを行い乾燥した。これを粉砕し, 0.5gを秤量, 100mlメスフラスコに入れ, 加湿した2%メタ磷酸液を加え定容し, 20分間放置後試料溶液とした。以後の操作はヒドラジン法に準じて行った。

(5) 茶 の 品 質

貯蔵試験後, 被覆資材で仕切った下段の茶葉を60K型製茶機で煎茶に製造し, 荒茶より4つの試料を採り, 普通審査法に準じてパネル3名が合議制で審査した。

(6) 送 風 量

風圧室入口 ($80 \times 17 \text{ cm}^2$) で電子管式熱線風速計(日本科学工業株式会社, AM-A11/11-1111・アネモマスタ)を用いて風速を測定し, これより間接的に送風量を求めた。

(7) 消 費 水 量

超音波加湿機の給水口手前に水量計(愛知時計, 13mm)を取り付け測定した。

3 実 験 結 果

3.1 貯蔵中における葉温変化

図2に茶葉底部より $\frac{2}{3}$ の位置における葉温および室内乾湿球温度の変化を示した。

1980年一番茶では, 貯蔵開始時の室内温度が 21°C と低く, その後の上昇もなく徐々に低下した。葉温は貯蔵開始から2時間の連続運転で両区とも 20°C 以下となった。断続運転時には送風および加湿停止後に葉温は若干の上昇と, 運転再開による低下を繰り返しながら室内温度同様低下した。貯蔵開始直後の3時間を除いて両区の葉温は, 室内温度を $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ 上まわった。

1980年二番茶の試験には, 従来の生葉貯葉法としてうね立て区を別に設けた。茶葉を60cmの高さに積み上げ, 床面より40cmの位置の葉温を測定した。貯蔵開始直後の室内温度は 24.5°C で, その後もほとんど変化なく経過した。加湿区は対照区の葉温より約 4°C 高く, また, 室内温度よりも約 2°C 高かった。うね立て区の葉温は加湿区よりもさらに $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ 高かった。

1981年一番茶では, 室内温度は 21.5°C から次第に低下し, 翌朝明け方までに 3°C ほど低下し, その後再び上昇した。貯蔵開始直後から2時間の連続運転においても, 加湿区 $0.9 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{kg}$, 対照区 $1.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{kg}$ の風量では両区ともに葉温上昇は止まらなかった。そこで送風量を加湿区では $1.8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{kg}$, 対照区で $2.7 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{kg}$ に増加し, 連続運転をさらに1時間延長した。加湿区は, その後送風量をさらに $2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{kg}$ にあげた。両区の葉温とも送風の断続に対応して上, 下動を繰り返しながら次第に安定した。加湿区葉温は対照区の葉温および室内温度よりも高く経過した。

1981年二番茶では, 室内温度は貯蔵開始時には 30°C と高かったが, 次第に低下した。加湿区, 対照区とも2時間の連続通風で 30°C 以下となり, その後は上, 下動を繰

り返しながら次第に安定した。加湿区の葉温は対照区葉温と乾球温度のいずれよりも1~2℃高かった。

図2 葉温および室温の推移

注) ※風量の変更あり。

↓① $1.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{kg}$

↓② $0.9 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{kg}$

↓③ $2.7 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{kg}$

↓④ $1.8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{kg}$

↓⑤ $2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{kg}$

表2 貯 蔵 後 の 茶 葉 重 量

区 分	1980年 二番茶		1981年 一番茶		1981年 二番茶	
	対 照 区	加 湿 区	対 照 区	加 湿 区	対 照 区	加 湿 区
上 段	47.2 (5.6)	48.5 (3.0)	95.9 (4.1)	96.2 (3.8)	93.6 (6.4)	94.5 (5.5)
下 段	42.2 (15.6)	50.4 (-0.8)	44.9 (10.3)	48.8 (2.4)	41.9 (16.3)	47.4 (5.3)

注) 単位は kg, () 内は重量減 (%)

3.2 貯蔵後の茶葉重量

表2は貯蔵後の茶葉重量を示したものである。1980年の一番茶は測定を行わなかった。その他のいずれの茶期においても、対照区下段の重量は貯蔵前のそれよりも10~16%の減少を示した。これに対して加湿区下段は、1980年の二番茶を除いて2~5%で重量減は少なかった。送風のみ対照区の重量減が下段で著しいことは、青枯れ現象が主に透気板直上部で発生することを裏付けた。上段の重量減が少ないのは、下段の茶葉水分が加湿に役立った結果である。加湿区下段では、加湿効果により青枯れ現象が抑制され、重量減に上段との差は少なかった。1980年二番茶加湿区では、加湿に要した消費水量が他の場合の約3倍（連続運転時の消費水量 65 ml/hr/kg ・表3）で、飽和蒸気をつくるに要する水量 13.5 ml/hr/kg を上まわった。このため下段の茶葉には、水滴付着が認められ、重量も貯蔵前より増加した。

3.3 貯蔵容器内の位置による茶葉水分の差異

図3は貯蔵開始時の茶葉水分と貯蔵後の容器内位置別の茶葉水分を、それぞれ5回の採取で乾量基準で示したものである。これによると、1980年一番茶を除く他の結果では、対照区下層部の茶葉水分は貯蔵開始時および他の位置に貯蔵された茶葉水分と比較して30~60%の差が認められた。送風のみ行った対照区では、容器内下層部の茶葉水分が奪われ、著しく減少していることが明らかであり、貯蔵後の茶葉の重量減とよく一致していた。これに対して加湿した区は、位置による茶葉水分の差が認められず、超音波加湿機を利用したことで貯蔵後の茶葉水分の減少を防ぐことができた。

1980年一番茶は、位置による水分差が明らかでなかった。これは茶葉投入時点で既に外気温度と茶温が低く、送風による冷却を行う必要性が他の茶期よりも少なかったこと、さらには均一な茶葉の収容ができなかったことにより標本誤差が大きくなったためと考えられた。

3.4 ビタミンC含量

表4は貯蔵開始時および貯蔵後の茶葉に含まれるビタミンC含量を示している。貯蔵前の全ビタミンC含量は一番茶で386mg%, 二番茶で227mg%であったが、一番茶では貯蔵後の変化は少なかった。二番茶では大きな変化を示し、下段においては127mg%となり半減した。これは二番茶の室内温度および葉温が一番茶よりも高く

経過したことと、青枯れ程度による差によると思われる。また、酸化型と環元型の比率も対照区下段のものが大きく、青枯れ程度と一致した。加湿区は対照区と比較して全ビタミンC量も多く、また、酸化型と環元型ビタミンCの比率も小さかった。加湿効果により茶葉の鮮度を保持できた。

3.5 貯蔵葉から造った茶の品質

1980年一番茶, 1981年一, 二番茶について貯蔵した

後、下段の茶葉から煎茶を製造し、これを官能審査法により品質について3人のパネルで審査した。その結果は表5のとおりである。

1980年二番茶の結果では、色沢で僅かに劣る以外は、加湿区の品質は対照区より優れた。1981年一番茶の結果は、水色で0.5点劣ったが、合計点では加湿区の品質が対照区より優れた。1981年二番茶の結果では、色沢は対照区を1.0点下まわったが、他の審査項目ではいずれも

図 3 層位別茶葉水分 (乾量基準, 95% 信頼区間)

表3 消費水量および空気状態

区 分	1980年		1981年	
	一番茶 加湿区	二番茶 加湿区	一番茶 加湿区	二番茶 加湿区
連続運転時の消費 水量 (l/hr/kg)	0.019	0.065	0.011	0.019
断続運転時の消費 水量 (l/hr/kg)	0.007	0.037	0.005	0.009
総 消 費 水 量 (l/kg)	0.151	0.616	0.103	0.181
絶 対 湿 度 (g/kg ¹)	12.3 (10.0)	20.8 (15.9)	12.0 (11.3)	20.6 (19.0)
相 対 湿 度 (% RH)	100< (63.3)	100< (76.9)	96.3 (69.3)	100 (69.3)

() 内は対照区

表4 ビタミンCの分析値 (1981年)

茶期	貯蔵前・後別	全 C	酸化型	還元型	酸/還
一 番 茶	貯 蔵 前 茶 葉	386	109	277	0.39
	貯 蔵 後 { 対照区下段	364	125	239	0.52
	{ 加湿区下段	371	113	258	0.44
二 番 茶	貯 蔵 前 茶 葉	227	74	153	0.48
	貯 蔵 後 { 対照区上段	175	72	103	0.70
	{ " 下段	127	58	69	0.84
	{ 加湿区上段	179	61	118	0.52
	{ " 下段	132	52	80	0.65

(mg %)

表5 茶 の 品 質

審査結果 (20点法) (4 反復の平均値)

年 度・茶 期	区 別	形 状	色 沢	香 気	水 色	滋 味	外 観	内 容	合 計
1980年・二番茶	対 照 区	6.8	8.8	8.4	8.0	6.9	15.6	23.3	38.9
	加 湿 区	7.8	8.3	8.9	9.0	7.5	16.1	25.4	41.5
1981年・一番茶	対 照 区	7.5	8.0	7.5	8.5	8.8	15.5	24.8	40.3
	加 湿 区	8.0	9.0	8.3	8.0	8.8	17.0	25.1	42.1
1981年・二番茶	対 照 区	7.5	8.5	7.0	6.3	5.6	16.0	18.9	34.9
	加 湿 区	8.0	7.5	7.8	7.6	6.9	15.5	22.3	37.8

加湿区が優れていた。概評結果では、対照区に葉いたみ臭や葉いたみ味が認められ、これに対して加湿区では、これらの欠点はわずかであった。しかし、色沢では加湿区がやや劣る結果であった。

4 考 察

4.1 送 量 風

今回試験に用いた生葉管理装置には、風圧式の送風機を使用しており、現在、コンテナ型生葉管理装置に多く使用されている風量式の送風機とは異なった様式のものである。茶葉温度を下げるために要した風量は、茶葉当たり $1.8 \sim 2.7 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{kg}$ であった。これは竹尾らが試験し、一般に必要とされている $1.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{kg}$ の約2倍量であったが、この差は竹尾らの測定値が茶葉貯蔵中の風圧室の圧力 2.8 mmHg と 1.3 m/sec の風速から算出したものであるのに対し、今回行った風量測定が茶葉貯蔵中でない空運転時のダクト断面の平均風速より求めたものであり、貯蔵中の測定でないことに起因すると思われる。貯蔵中の測定では送風量はさらに減少していたものと考えられる。

4.2 加湿度および消費水量

油圧式バーナーノズルを用いた柴田[†]らの増湿装置に関する調査では、室内湿度に対して $3 \sim 16\% \text{ RH}$ の相対湿度を上昇させる効果があった。しかし、これは茶葉貯蔵中の測定ではないため、今回の超音波加湿機を用いた茶葉貯蔵中の相対湿度 $23 \sim 37\% \text{ RH}$ の上昇効果との比較はできなかった。

消費水量については、柴田らは空気状態や茶葉状態に応じての変更は行わず、 $8.0 \sim 8.4 \text{ l/hr}$ と一定であった。今回の試験では、加湿過剰であった1980年の二番茶が 65 ml/hr/kg であったことを除けば、 $11 \sim 19 \text{ ml/hr/kg}$ と少なく、ノズル噴霧方式と比べ加湿効率が高いと思われた。加湿機の加湿効率を同一条件下で比較することが今後の課題と考えられる。また、コンテナ型生葉管理装置の上部より排出される空気を再利用すれば、消費水量は節減できると考えられる。

4.3 葉 温

茶の品質低下の原因となる青枯れ現象を防止するために、生葉管理装置に送り込む空気を飽和状態まで増湿することが最も効果的であるとされている。柴田らはノズルを利用した噴霧方法を用いた試験で、増湿による青枯れ防止効果を認め報告している。この方法の改良型が現

† p. 32 の脚注†2と同様。

在最も一般的である。今回用いた超音波加湿装置は、従来用いたノズルによる噴霧粒子より微細で増湿性が優れていると考えられた。しかし、今回の試験では、いずれの茶期においても加湿区の葉温は対照区のそれを上まわり、柴田らの報告とは異なる結果となった。加湿区が対照区に比べ葉温が高いのは、相対湿度の高い空気を送るため、この空気が堆積茶葉内を通過する際に、茶葉水分の蒸発を抑制し、このため茶葉からの蒸発潜熱の発散が小さくなり、この結果、対照区と比較して葉温が高く経過したものと思われる。

4.4 茶の品質

茶の品質については、青枯れ現象を防止した加湿区が色沢を除く全ての項目で優れた結果を得た。竹尾らが行った冷却水噴霧装置を用いた通風貯蔵区の最下層の茶の品質が、色沢で劣る結果と同様であった。さらに、柴田らが行った試験結果でも、標準下層部の茶の品質よりも増湿下層部の品質が優れており、今回の試験結果と一致した。

兩年二番茶で加湿区の色沢が劣る理由は、処理区の透気板直上部では過飽和の状態では霧化粒子が水滴となり、茶葉に付着し、このために製造時に僅かな黒みの原因となり、色沢を損ったものと考えられる。1981年一番茶の色沢で、加湿区が優れたのは対照区の白ずれが評点を下げる原因となったためである。しかし、通風加湿貯蔵法によれば、青枯れ現象を防止することができ、茶の品質のうち内容については明らかな向上がみられた。

コンテナ型生葉管理装置 200 K 型では、風量 $2.0 \sim 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{kg}$ の場合、加湿量 $45 \sim 56 \text{ ml}/\text{hr}/\text{kg}$ が適当と考えられ、このために要する超音波加湿機の発振子数は、発振子 1 個当たりの加湿量を $600 \text{ ml}/\text{hr}$ とすれば、およそ 15 個を必要とするものと思われる。

5 摘 要

茶生葉管理装置を用いた通風貯蔵法では、透気板直上部に茶の品質低下の原因となる著しい青枯れ現象を起こす欠点があり、これを解決するため超音波加湿機をコンテナ型生葉管理装置に装備し、青枯れ防止効果と茶の品質への影響について検討した。

1. 送風量 $1.8 \sim 2.7 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{kg}$ を送り、葉温の上昇を防いだ。貯蔵中の葉温は、加湿区が対照区（無加湿区）より $1 \sim 4^\circ\text{C}$ 高く経過した。
2. 貯蔵後の茶葉重量は、対照区の堆積下層部での減少が大きく $10 \sim 16\%$ 減であった。加湿区の減少は $2 \sim 5\%$ に抑えられた。
3. 貯蔵容器内の位置による茶葉水分量差については、対照区の堆積下層部が著しく減少したが、加湿区下層部は上層部とほとんど差はなかった。
4. 貯蔵後の測定では、加湿区の茶葉のビタミン C 含量は、対照区のそれを上まわり、鮮度保持に加湿効果がみられた。
5. 貯蔵葉を用いて造った煎茶の品質については、色沢を除く全ての項目で加湿区が優れ、加湿により青枯れ現象を防止し、茶の品質向上が図れた。

本報をまとめるに当たって、懇切なるご指導を賜った農林水産省茶業試験場の製茶第 1 研究室長 竹尾忠一氏に厚くお礼申しあげる。

6 引 用 文 献

- 1) 竹尾忠一，加藤好武，西条了康：茶技研，No. 41，31～36 (1971)。
- 2) 田村太郎，鈴木繁男：農化，29 (7)，492～497 (1955)。
- 3) 竹尾忠一：茶研報，No. 36，1～10 (1973)。
(Sep. 28, 1982)