報 文

強せん枝による茶樹細根の呼吸活性の低下^{t1}

——立枯症^{t2}との関連について

青 木 智・鳥屋尾忠之

(農林水産省茶業試験場)

Reduction of Respiration in Fine Roots of Tea Induced by Hard Pruning

——Correlation to Root Rot Disorder

By Satoshi AOKI and Tadayuki TOYAO

National Research Institute of Tea

1 は じ め に

チャの立枯症の初期症状として根の褐変や壊死が見られ、この症状は地上部が健全にみえる場合にもすでに起こっている。したがって、立枯症の原因を解明し、その対策を講ずるにはこの初期症状を引き起こす要因を探ることが必要であると考ええる。

根の褐変や壊死を生じさせる原因としては過剰施肥や過湿が良く知られている。たとえば、石垣²⁾、前原³⁾と袴田は過剰施肥により根の生育抑制がみられることを示した。また原田と三ツ井、橘と中山、梁瀬らの研究により、過剰施肥や過湿により、細根のα-ナフチルアミンの酸化力やTTC還元力の低下の起こることが明らかとなっている。しかし、過剰施肥や過湿はそれ単独では施肥障害あるいは過湿障害であり、また茶園内の発生頻度も一般に高く、立枯症とは区別されている。したがって過剰施肥や過湿は立枯症に関与するとしても間接的な要因であると考えられている。

一方、立枯症に関与する重要な要因として、せん枝の影響が指摘されている^{t1}。せん枝が根の生育や活性に障害

を与えることは大山の桑を用いた実験から明らかである。また、チャでも摘採による細根の伸長量の抑制が見られることから、せん枝が根に障害を与えることが予想される。

ところで、立枯症の発生は品種間差異がみられ、やぶきたは感受性であり、ふじみどりは抵抗性である^{t6}。初期症状に関しても、ふじみどりはやぶきたに比べて根の褐変が少ないという報告がある^{t3}。したがって、せん枝が立枯症に関与しているならば、この品種間差異を説明できなければならないと考える。

そこで、本報では1)せん枝は細根の呼吸活性を低下させるか 2)せん枝の効果には品種間差異が見られるか、その品種間差異は立枯症の品種間差異と一致するか 3)過剰施肥と過湿は立枯症に対してどのような役割を持っているのかについて検討した。

2 材 料 と 方 法

2.1 せん枝、過剰施肥および過湿処理

実験1 せん枝処理

1) 苗床の2年生苗(やぶきたとふじみどり)を用い

t1 本報の要約は茶業技術協会研究発表会, Feb. (1983) において発表した。

t2 立枯症症状あるいは立枯れともいわれているが、本報では立枯症とした。

t3 中山 仰, 土井芳憲: 茶技協講要, Feb. 1980 (茶研報, No. 51, 95)。

t4 梁瀬好充, 安部香雄: 茶技協講要, Feb. 1976。

t5 梁瀬好充, 藤沢光男: 茶技協講要, Feb. 1977。

t6 青野英也, 田中静男, 梁瀬好充: 茶技協講要, Feb. 1983 (茶研報, No. 57, 77)。

t7 鳥屋尾忠之, 土井芳憲, 中山 仰: 茶技協講要, Feb. 1983 (茶研報, No. 57, 78)。

やぶきた(樹高100cm)は地際から50cmと25cmでせん枝し、ふじみどり(樹高70cm)は地際から35cmと15cmでせん枝した。

2) 苗床の1年生苗を用い、母茎部の中央部でせん枝した。用いた品種は次の7品種である；

やぶきた、くらさわ、おくみどり、かなやみどり

ふじみどり、さやまかおり、おくむさし

実態解析の結果から、上段の4品種は立枯症感受性品種であり、下段の3品種は抵抗性品種と考えられている。

なお、実験1)、2)は5月中旬から7月初旬にかけて行った。

実験2 過剰施肥および過湿処理

1) 苗床の1年生苗(やぶきたとふじみどり)を用い、硫酸142kg/10a相当を実験開始日(7月)に施肥した。

2) ライト管(直径11cm、高さ20cmのプラスチック円筒)にさし木した1年生苗(やぶきたとふじみどり)を8月に苗床から掘り上げて、2日間の湛水処理を行った。

実験3 過剰施肥とせん枝処理、過湿とせん枝処理

1) ポットで砂耕栽培されたやぶきた(4年生)を9月に地際から5cmのところでせん枝し、さらに標準濃度(NPK, N=100ppm, P=25ppm, K=25ppm)と2倍濃度(2NPK)の施肥を行った。

2) ライト管にさし木したやぶきた(1年生苗)を8月に地際から5cmのところでせん枝し、せん枝後14日目から2日間の湛水処理を行った。

2.2 根の呼吸速度の測定

呼吸速度は切断根を用いて、酸素吸収量を測定した。

各処理区から茶樹を掘り上げ、よく水洗した後、根を乾燥させないようにして測定まで保存した(1~3時間)。測定直前に径1.0~2.0mm程度の細根を長さ5mm程度に切断して(乾燥量で50~80mg)、クラーク型酸素電極のベッセルに入れ、酸素吸収速度を測定した。反応液は100mMリン酸緩衝液(pH7.0)4.0mlを用い、25℃で測定した。酸素吸収速度を測定した後(5~6分間)、細根をベッセルから取り出して乾物重を秤量した。呼吸速度は1時間当たり、1グラム乾物重当りの酸素吸収量(μmole)で表わした。測定は各処理とも3回行った。

この方法による呼吸速度の測定値とTTC還元力による測定値を比べると(図1)、正の相関($r=0.689$)が認められた。

3 結 果

3.1 せん枝による細根の呼吸速度の変化

せん枝後、7日目、14日目の呼吸速度の変化を図2に示す。せん枝により細根の呼吸速度は無処理に比べて低く推移した。やぶきたでは樹高の半分の位置(50cm)でせん枝を行うと、無処理の86%前後の値で推移し、25cm

Fig. 1. Relationship between the rate of TTC reduction and the rate of O_2 consumption.

図1 TTCの還元速度と O_2 消費速度の関係

の高さでのせん枝では66%から54%とかなり低下することが分かった。一方、ふじみどりの場合には樹高の半分(35cm)のせん枝で93~83%であり、15cmのせん枝でも83~87%にしか低下せず、無処理との有意な差は認められなかった。このように、ふじみどりはせん枝に対して細根の呼吸速度は低下しにくく、やぶきたの低下が大きいことが分かった。また、呼吸速度の低下はせん枝の程度に関係することも明らかになった。

3.2 せん枝効果の品種間差異

上述のように、立枯症の発生の異なるやぶきたとふじみどりでせん枝に対する反応が異なることから、次に、1年生苗7品種(立枯症の発生の多い4品種と発生の少ない3品種)を用いて、せん枝の影響の品種間差異について検討した。その結果、表1に示すように細根の呼吸速度の低下の大きい品種はやぶきたの他にくらさわ、かなやみどりおよびおくみどりであり、いずれも立枯症の発生が多い品種であった。それに対して、立枯症の発生の少ないふじみどり、さやまかおり、おくむさしではせん枝の影響が少なかった。とくに、おくむさしではほとんど低下はみられなかった。以上の結果から、立枯症の発生とせん枝による細根の呼吸低下には、密接な関連のあることが明らかとなった。

3.3 過剰施肥および過湿処理の効果

表2に施肥後の呼吸速度の変化を示す。施肥7日目には呼吸速度は大きく低下し、14日目には回復していた。このように過剰施肥により細根の呼吸速度の低下は認められたが、品種間ではやぶきたよりふじみどりの方が低下程度がやや大きく、立枯症の発生難易とは一致しなかった。

† 鳥屋尾忠之、土井芳憲、中山 仰：茶技協講要，Feb. 1983（茶研報 No. 57, 78）。

Fig. 2. Changes in fine root respiration induced by pruning.
 (a) Yabukita, (b) Fujimidori, (c) relative value to control.
 Yabukita; ○ control, △ 50 cm, □ 25 cm.
 Fujimidori; ● control, ▲ 35 cm, ■ 15 cm.

図 2 せん枝による細根の呼吸低下
 (a) やぶきた (b) ふじみどり (c) 無処理に対する相対値
 やぶきた; ○ 無処理, △ 50 cm, □ 25 cm
 ふじみどり; ● 無処理, ▲ 35 cm, ■ 15 cm

Table 1. Varietal differences of changes in fine root respiration induced by pruning

表 1 せん枝による細根の呼吸低下に対する品種間差異

Variety 品 種	0 d	Days after treatment 処理後日数			
		14 d		28 d	
		C	P	C	P
Yabukita やぶきた	75.7*	71.4	37.7 (52.8)**	61.3	38.5 (62.8)
Kurasawa くらさわ	98.1	57.3	34.1 (59.5)	42.7	38.1 (89.2)
Kanayamidori かなやみどり	56.4	58.1	47.9 (82.4)	98.1	63.6 (64.8)
Okumidori おくみどり	68.4	49.8	38.3 (76.9)	80.5	57.5 (71.4)
Fujimidori ふじみどり	123.3	53.5	51.1 (95.5)	73.9	65.5 (88.6)
Sayamakaori さやまかおり	63.2	40.4	36.6 (90.6)	96.6	64.3 (66.6)
Okumusashi おくむさし	47.9	44.0	42.9 (97.5)	62.2	64.6 (103.9)

* Rate of fine root respiration ($\mu\text{moles O}_2/\text{g. d. w. hr}$).

** Parentheses mean the relative values (%) to control. C; control, P; pruning.

* 細根の呼吸速度 ($\mu\text{moles O}_2/\text{g. d. w. hr}$)

** 括弧は無処理に対する相対値 (%) を示す。C: 無処理, P: せん枝処理

Table 2. Effect of N fertilization on the fine root respiration.

表 2 細根の呼吸に及ぼす窒素施肥の効果

Variety 品 種	Fertilization 施肥条件	Days after treatment 処理後日数	
		7 d	14 d
Yabukita	C	61.3*	55.7
	N	46.7	51.9
		(76.2)**	(93.2)
Fujimidori	C	73.9	61.3
	N	44.3	62.1
		(59.9)	(101.3)

* Rate of fine root respiration ($\mu\text{moles O}_2/\text{g. d. w. hr}$).

** Parentheses mean the relative values (%) to control.

C; control, N; 142Kg/10a, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ was added at the start of experiment.* 細根の呼吸速度 ($\mu\text{moles O}_2/\text{g. d. w. hr}$)

** 括弧内は無処理に対する相対値(%)を示す。

C; 無処理, N; 142kg/10a の $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ を実験開始時に施肥した。

Fig. 3. Changes in fine root respiration induced by flooding condition of two days.

○: Yabukita, △: Fujimidori

図 3 2日間の湛水処理による細根の呼吸低下

○: やぶきた, △: ふじみどり

次に, 2日間の湛水処理による細根の呼吸速度の変化を, 無処理に対する相対値で示したものを図3に示す。

やぶきた, ふじみどりととも, わずか2日間の湛水処理によっても呼吸速度は大きく低下し, 湛水をやめると徐々に回復した。しかし, 両品種とも低下程度は50%程度であり, その後の回復速度もほとんど変わらなかった。

3.4 過剰施肥とせん枝処理, 過湿とせん枝処理の効果

3.3に見られたように, 過剰施肥あるいは過湿処理によって細根の呼吸速度は低下するものの, やぶきたとふじみどりで立枯症と一致する品種間差異は認められなかった。そこで, これらの処理の間接的な効果を知るために, せん枝処理と組み合わせた実験を行った。用いた品種はやぶきたである。

過剰施肥とせん枝処理の実験では, せん枝後, 施肥濃度を2段階(NPKと2NPK)に変えて処理した(表3)。標準施肥(NPK)の場合にはせん枝により約70%の呼吸

Table 3. Effects of fertilization and pruning on the fine root respiration in Yabukita.

表 3 やぶきたの細根の呼吸に及ぼす施肥とせん枝の効果

Fertilization 施肥条件	Pruning せん枝	Respiration* at	
		30d	66d
NPK	—	20.8	19.7
NPK	+	14.7(70.7)	13.6(69.0)**
2NPK	—	22.4	24.4
2NPK	+	12.1(54.0)	10.2(41.8)

* Respirations ($\mu\text{moles O}_2/\text{g. d. w. hr}$) were measured at 30 d and 66 d after the pruning.

** Parentheses mean the relative values (%) to no pruning (—).

* 呼吸 ($\mu\text{moles O}_2/\text{g. d. w. hr}$) はせん枝後, 30日と66日目に測定した。

** 括弧内は無せん枝(—)に対する相対値(%)を示す。

速度の低下を示した。一方、2 NPKではせん枝により呼吸速度は54%と大きく低下し、過剰施肥下ではせん枝の影響が大きくなることが分かった。このとき、せん枝をしなければ、過剰施肥による障害は認められなかった。

Fig. 4. Changes in fine root respiration induced by pruning and flooding condition of two days.

Tea plants (Yabukita) were pruned at the start of experiment and at 14 days after pruning they were flooded for two days as a horizontal line indicates.

○ △: no flooding, ● ▲: flooding

図 4 せん枝と 2 日間の灌水処理による細根の呼吸の変化。

やぶきたを用い、実験開始時にせん枝した。図中の横線が示すように14日目から2日間の灌水処理を行った。

○ △: 無処理, ● ▲: 灌水処理

図4はせん枝後、14日目から2日間の灌水処理を行った場合の結果である。せん枝をしない場合には、実験2の場合と同様に2日間の灌水で呼吸速度は60%まで低下し、灌水をやめると94%にまで徐々に回復した。一方、せん枝を行っている場合、灌水処理をしないと、呼吸速度は処理後17日まで低下を続け、その後、回復に向った。一方、せん枝の他に灌水処理を加えると、灌水処理をやめても呼吸速度の低下は21日まで続き、すぐに回復することはなかった。また回復速度も灌水処理をしない場合より遅いことが分かった。

4 考 察

本報の結果から、せん枝は細根の呼吸速度を低下させること、低下割合はせん枝の程度に依存することが明ら

かとなった。また、著者らはせん枝によって細根の褐変や壊死をも引き起こすことを明らかにした。さらに立枯枝の発生しやすい品種ではせん枝による細根の呼吸速度の低下が大きく、発生しにくい品種は低下の程度が小さいことも分かった。このように、せん枝により立枯症の初期症状が見られること、せん枝に対する抵抗性と立枯症の発生頻度の品種間差異の一致、さらに実態解析で得られたせん枝の影響も考え合わせると、せん枝が立枯症に強く関与していることが推測される。

一方で、細根と木化根の比率には品種間差異があり、立枯症の発生しやすい品種は木化根の割合が少ない¹²。また、やぶきたとふじみどりを比較した場合、根群分布が異なっており、ふじみどりの根群分布は深いこと、さらに土壌の種類によっても差異が生ずることが明らかとなっている。このような根の形態的な差異が、せん枝に対する抵抗性の機作と関係しているのか、あるいは全く独立に、立枯症に対する抵抗性と関係しているのかは不明であり、今後の研究が必要である。

また、本報の結果から、せん枝された茶樹の細根は過剰施肥や過湿に対する抵抗性が弱くなることが明らかとなった。たとえば、根の呼吸速度を低下させない程度の施肥濃度(2 NPK)であっても、せん枝が加われば呼吸速度の低下は標準施肥より大きくなり、施肥障害が現われた事実は興味深い。これは多肥栽培が警告されている現状において、施肥障害がみられていないような茶園でも、せん枝によって障害が顕在化してくることを示している。

また、本報での過湿とせん枝処理の組み合わせ実験と似た例を永井と小柳津が行っている。彼らはせん枝を行った場合に、土壌水分を湿潤から乾燥状態あるいはさらに湿潤状態に変化させると、一定の水分状態におかれたときよりも枯死する株が大巾に増加することを示した。このようなことから、せん枝は単に過湿に対してというよりも、急激な環境変化に対する順応性を低めるといえる。

立枯症は新墾地など未熟畑で多く発生しており、根圏土壌要因も立枯症を引き起こす要因と考えられている。このような未熟畑土壌では水分条件などの環境条件は大きく変化すると思われる。最近では立枯症発生茶園ではアルミニウムが異常に少ないことも明らかとなっている¹⁵。また、土壌微生物相も熟畑土壌とは異なるであろう。たとえば、新墾地では土壌病害が多発する場合があり、菌根菌の感染はやぶきたよりふじみどりで多いという例も

¹¹ 土井芳憲, 青木 智, 鳥屋尾忠之: 茶技協講要, Feb. 1983, (茶研報, No. 57, 79).

¹² 鳥屋尾忠之, 土井芳憲, 中山 仰: 茶技協講要, Feb. 1983, (茶研報, No. 57, 78).

¹³ 農水省茶試: 昭和54~57年度試験成績(栽培部茶3研).

¹⁴ 永井 衛, 小柳津勤: 日作東海支部研究梗概, 92, 25-28 (1981).

¹⁵ 農水省茶試: 昭和57年度試験成績(栽培部土肥研).

¹⁶ 農水省茶試: 昭和56年度試験成績(栽培部茶1研).

ある。このように熟畑土壤に比べて根に対するストレス要因の多い環境において、せん枝が行われれば、根への障害はかなり強いことが予想されるが、不明の点も多く、詳細な検討が必要である。

以上の結果より、せん枝は根の活性を低下させ、さらに、過剰施肥や過湿などの土壤中の根へのストレス要因に対する抵抗性を弱めることが明らかとなった。また、立枯症発生の難易はせん枝に対する抵抗性と一致しており、根群形態の差異と関係している可能性もあり、立枯症に対して、せん枝は重要な要因であると考えられる。

せん枝と過剰施肥の組み合わせ実験では土壤肥料研究室の石垣幸三博士の協力を得た。また、さし木床の供試品種は業務科の御厚意により提供を受けた。ここに深謝いたします。

5 摘 要

立枯症の初期症状（細根の機能低下）に対するせん枝の影響を検討する目的で本研究を行った。本報では立枯症感受性のやぶきたと抵抗性のふじみどりを中心に用いて、細根の呼吸に対するせん枝の影響、さらに過剰施肥と過湿の間接的な効果について検討した。

せん枝によって細根の呼吸速度は低下し、それはせん枝の程度に依存した。品種間ではおくむさし、ふじみどり、さやまかおりの低下が小さく、やぶきた、くらすわ、おくみどり、かなやみどりの低下が大きかった。この品種間差異は立枯症の発生難易と一致した。

過剰施肥により、一時的な呼吸低下がみられたが、やぶきたよりふじみどりの方が低下が大きかった。

2日間の湛水処理によっても細根の呼吸速度は低下し、処理をやめると、徐々に回復した。しかし、やぶきたとふじみどりで低下割合、回復速度とも差は認められなかった。

やぶきたについてせん枝を行い、さらに施肥を標準濃度と2倍濃度に変えて与えると、2倍濃度の施肥でせん枝による呼吸低下が大きくなった。

また、せん枝後、さらに湛水処理をすると、せん枝をしない場合に比べて湛水処理による呼吸低下は大きくなり、湛水処理後の回復からも遅れるようになった。

以上の結果から、せん枝は細根の呼吸低下を引き起こし、その品種間差異は立枯症の発生難易と一致することが明らかになった。したがって、せん枝は立枯症発生に関与する重要な要因と考えられる。また、過剰施肥と過湿はせん枝の影響を助長することが明らかとなり、立枯症との関連について考察した。

6 参 考 文 献

- 1) 資料：茶技研，No. 37，47～82（1969）。
- 2) 石垣幸三：茶試研報，No. 14，1～152（1978）。
- 3) 前原三利，袴田勝弘：茶研報，No. 51，11～21（1980）。
- 4) 原田重雄，三ツ井稔：東近農試研報（茶），No. 5 56～76（1957）。
- 5) 橘 尚，中山 仰：茶研報，No. 44，14～18（1976）。
- 6) 大山勝夫：蚕試報，24，1～132（1970）。
- 7) 木村政美，大石貞男，鈴木幸隆，日高 保，此本晴夫：静岡県茶試報，No. 9，11～31（1978）。

Summary

The first stage of the symptoms of root rot disorder are considered to be browning and rotting of fine roots. To clarify the factors which contribute this first stage of disorder, we examined the effect of pruning on the respiration of fine roots mainly using two varieties, 'Yabukita' and 'Fujimidori' which are sensitive and resistant to the disorder, respectively.

The respiration of fine roots decreased proportional to the magnitude of pruning. The decrease was smaller in 'Okumusashi', 'Fujimidori' and 'Sayamakaori' than that in 'Yabukita', 'Kurasawa', 'Okumidori' and 'Kanayamidori'. This varietal difference was corresponded with the sensitivity to the disorder.

Treatment of excess-fertilization also induced the decrease of the fine root respiration. This decrease was slightly larger in 'Fujimidori' than in 'Yabukita'.

By flooding condition of two days, also, the fine root respiration decreased. The magnitude of decrease and the restoration after the treatment were the same between 'Yabukita' and 'Fujimidori'.

When tea plants were treated with excess-fertilization or flooding condition of two days in addition to pruning, the decrease of fine root respiration was large compared to pruning alone.

These results indicate that hard pruning induces the first stage of the symptoms of disorder, and both excess-fertilization and flooding condition accelerate the disorder induced by pruning.

(Mar. 16, 1983)