〈日本茶業技術協会・技術賞受賞研究内容の紹介〉

1) 茶樹の根群形成と断根後の根の再生に関する研究

農林水産省野菜・茶業試験場久留米支場

山下 正 隆

(平成 5 年 10 月 20 日受理)

Studies on Root System and Regrowth after Root Pruning in Tea Plants

Masataka YAMASHITA

Kurume Branch, National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea.

茶の栽培は他の作物にみられない特徴を持っている。すなわち光合成器官である葉が収穫対象となっていること、同一ほ場に数十年にわたって高密度で栽培されるため、根群の主要な分布域が幅 30 cm 余りのうね間に制限されることなどである。さらに成木茶園での様々な管理は多くの場合このうね間だけに限定される。このため踏圧、多肥等によって徐々にうね間土壌の理化学性が低下する。このことが根の活力の低下をともなって樹勢の減退をもたらしていると推定される。従って茶樹がこのような状態に至った場合には、土壤理化学性の劣化を改善するとともに、老化して活力が低下した根を除去し、新たな活力のある根群の形成を図る処置が有効と考えられる。茶樹栽培においてこのような根群の更新と樹勢の向上を目指す深耕・断根の歴史はかなり古く、すでに 1697 年に宮崎安貞の著した農業全書¹⁾の中にも記述されており、収量、品質に対する根の管理の重要性が江戸時代中期にはすでに指摘されている。

このような深耕・断根処理は今日でも重要な茶樹栽培技術の一つとなっており、収量、品質の向上にとって有効な手段であるとされている^{2,3)}。しかし、これまでに数多く行われてきた深耕・断根処理試験では収量・品質に及ぼす効果は場所、年次によってきわめて大きな変動があり⁴⁻¹⁰⁾、現在もなお効果につい

て統一的な結論は得られていない。このような状況は断根処理が条件によって生育の促進と抑制という 2 つの相反する作用を示すことにある。したがって、断根は他の栽培技術とは異なり、目的を明確にした上で適切な処理を行うことを前提とすべきであろう。現在の茶栽培においては高級茶を指向する消費動向の中で、多収とともに一層の品質向上が求められており、その手段の一つとして深耕・断根処理への期待は大きい。しかし、前述のように効果が不安定のため栽培の現場では断根処理の有効性が疑問視されているほどである。これは断根による地上部生育への影響、断根後の根の再生に対する影響等が十分考慮されないまま深耕・断根を短絡的に収量、品質の向上に結び付けて考えられていることに問題がある。

地上部の更新法としての整せん枝技術はすでに体系化されているが^{3,11)}、根群の更新技術については未だ理論的基礎が十分明らかにされていない。しかし、今後の茶園管理の中で効率的な樹勢の回復、増進技術はきわめて重要な位置を占めるようになって予想される。このため地上部と地下部を有機的に結び付けた樹勢更新技術の確立は急務であると考えられる。このような状況を背景に筆者らは有効な根群更新技術の確立とこれによる樹勢の向上を目標とする一連の試験を行った¹²⁻²⁹⁾。

1 茶樹における根群の形成と発達

木本作物である茶樹の根群は多くの環境的要因の影響を受けながら長期にわたって発達する。そこでこのような根群の発達経過を明らかにしておくことは、断根による根群更新の意義を判断し、適切な処理方法を確立する上で不可欠と考えられる。そこで根のエージを利用して根群の発達を追跡し、また、根の生育の周期性および土壌条件に対する根の反応を検討した。その結果、根の横断面に観察される年輪を指標として行う新しい根の分級法、すなわちエージ別分級法を開発した(図1, 2)。この方法により根群の形成過程を解析したところ、白色根の増加は樹齢5年以降緩慢となり(図3)、根群中に占める割合は低下したが、エージ別にみた場合、エージIの

根すなわち最も若い根である白色根の量が最も多かった¹³⁾。また、樹齢1～2年で発生した根は比較的多くの根が生存して太・中根化する傾向が認められたが、樹齢4, 5年で発生した根は年次経過に伴って重量は減少傾向を示し¹³⁾、これらは年次毎に発生と脱落を繰り返しているものと思われた。

白色根の発生、生長が年間で最もおう盛と

図2 木化根の年輪

図1 木化・肥大した茶樹根の分級

- 太根 (直径10mm以上)
- 中根 (2mm<直径<10mm)
- I～V 根のエージ (年齢)

図3 樹齢に伴う根の生長

TR : 全根
LR : 木化根
WR : 白色根

図4 白色根生長の季節的変動

NP : 放任, FP : 一番茶摘採
SP : 二～四番茶摘採,
AP : 一～四番茶摘採
F : 一番茶摘採期, S : 二番茶摘採期
T : 三番茶摘採期, Fo : 四番茶摘採期

なるのは10～12月の晩秋期であり(図4), この時期に形成された白色根は活力が高く, 長期にわたって伸長を続けることが明らかとなった(表1)。さらに新芽の摘採は年間の白色根の発生, 生長を抑制することが分かった¹²⁾。また, 根群の構成は土壤の種類によっても影響を受けた²⁴⁾。さらに, 根群の発達には土壤硬度の影響も大きく(図5), 根の生長は硬度22～23 mm(山中式硬度計による)で強く抑制され, 24～25 mm以上では伸長できなかった。しかし20 mm以下の硬度ではむしろ硬い土壤ほど分枝根の発達はおう盛であった。

2 地上部処理が根群の発育と機能に及ぼす影響

需葉作物である茶樹は摘採, 遮光栽培等の生育障害につながる特異な管理がなされるため, これらの管理は地上部だけでなく, 根の生育, 根群の形成に対しても大きな影響を及ぼしていることが予想される。そこで摘採, 整せん枝および遮光等による葉層の切除あるいは光合成の障害が根の生育と機能にどのような影響を与えるかを検討した。その結果, 新芽の収穫である摘採(図6, 7), 株面の整形あるいは樹高調節を目的とする整枝, せん枝¹⁵⁾, さらに品質改善あるいは防寒, 防霜を目的とする被覆栽培(図8～10)はいずれも地下部への影響が大きく²⁶⁾, 根量の減少, 根群分布域の縮小, 活力の低下等を引き起こすこと

表1 新根の発生時期とその寿命

発生時期	経過日数								
	5	10	20	30	60	90	120	150	180
6月下旬	0.5	0.5	7.7	8.1	12.8	25.5	26.8	26.8	28.1
8月上旬	0.0	0.0	4.5	4.5	12.1	13.6	15.1	16.7	37.9
10月下旬	—	0.0	2.0	2.0	3.4	9.1	9.1	9.1	11.1
11月中旬	—	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.9	5.2	5.9

生育を停止した白色根数の比率(%)

図5 根の生長に及ぼす土壌硬度の影響(硬度0 mmでの生長=100) ●1983年, ○1984年
SR:種子根, BR:分枝根, ToR:全根

図6 根の生長に及ぼす摘採の影響
LR:木化根, WR:白色根
●放任区, ○摘採区

図7 摘採に伴う白色根の活力の変化
NP:放任区, P:摘採区

が明らかとなった。

3 断根に対する茶樹の反応

前節で検討したように、茶樹の根の生育と機能は多くの環境的、栽培的要因によって影響を受けており、特に、茶樹の栽培上の特殊性に起因する根群の形成、発達の阻害は無視

できないと考えられる。従って、長期にわたる栽培は根群の過密化、活力の低下等を生じ収量、品質の低下を招くと考えられるので、この場合には樹勢増進の手段として断根による根群の更新が効果的であろう。そこで適切な処理条件を検討するための基礎資料として、断根後の根の再生過程とこれに伴う樹体内成分の働きを明らかにした。

茶樹における断根後の根の再生はかなり速やかに進行し(図11)、白色根量は処理後36日目で無処理区と同等に回復した。地下部での旺盛な根の再生はまず母茎部において生

図 8 木化根および白色根の生長に及ぼす遮光の影響
OS：無遮光区，6S：6日間遮光区(75%遮光) 60S：60日間遮光区(75%遮光)

図 9 白色根の活力に及ぼす遮光の影響
15S：15日間遮光区，30S：30日間遮光区

図10 遮光に伴う白色根の形態的变化

じ、木化根部ではやや遅れたが、再生の主体は木化根部の白色根であった¹⁶⁾。また、木化根での白色根形成は切断部分だけでなく、残った株元部分でも活発に生じた(図 12)。樹体内の炭水化物、窒素、アミノ酸類は断根直後か

ら地下部への移行が活発化し¹⁶⁾、特に、再生部位である母茎部及び木化根での濃度が顕著に高まった。しかし、このような物質の移行は処理翌年の 3 月にはほとんど解消し、無処理区の根とほぼ同レベルに復した。また、木化

図11 断根後の木化根および白色根の生長過程

●：無断根区, ○：断根区

WR：白色根, LR：木化根

L-WR：木化根上に形成された白色根

M-WR：母茎上に形成された白色根

図12 断根後の木化根からの根の再生状態

▽：木化根の切断部位

図13 白色根の形態

LR：木化根

根の切断部に新たに形成された白色根は太くて屈曲が少なく、分枝が少ないという形態的特徴を示した(図13)。また、呼吸速度は高く維持されたものの、活力、窒素吸収速度は発生直後にはきわめて高いが、2、3カ月目以後は急速に低下し、一番茶萌芽期前後からは無処理区の白色根をかなり下回った¹⁴⁾。このようなことから、断根処理による根群の更新が効果を発揮するのは早くとも2年目以降に

なると思われる。

4 断根後の根の再生に關与する栽培的要因

前節において茶樹における断根後の根の再生がかなり速やかに行われること、また、このためには十分な炭水化物、窒素ならびに発根に關与するホルモン等を必要とすることが明らかになった。しかしこれらの内的条件は断根処理の方法によって大きく異なり、根の再生の良否を左右することが予想される。そこで断根の際に問題となるであろういくつかの環境的及び栽培的要因について根の再生に及ぼす影響を検討した。

断根の時期による再生力の差異を見たところ(図14)、慣行的な時期である9月下旬が最も大きな再生力を示し、これについて5月下旬すなわち一番茶摘採後早い時期の再生力が大きかった。これに対して盛夏期である8月下旬の再生力は比較的小さかった。これは体内貯蔵養分の減少や高温乾燥等の環境条件に起因するものと考えられた。また、11月下旬

はその後の低温のため再生力は最も小さかった^{19,27)}。断根強度では過度な断根あるいは逆に極軽度な断根はいずれも再生力の低下につながった(図15)。また、根の再生には品種間差異²⁶⁾ならびに土壤条件²⁵⁾による違いが大きく、さらに地上部の生育状態によっても変化した。また、根の再生は葉及び芽の有無によっても大きく異なり、断根と同時に進行する地上部切除は根の再生力を顕著に低下させた²¹⁾。

5 断根後の根の再生に及ぼす肥培の効果

断根後に速やかかつ旺盛な根の再生が促されれば断根による地上部生育への悪影響を軽減し、効率的な樹勢の回復、増進を図ることが可能であると考えられる。そこで断根後の施肥および尿素的葉面散布によって速やかな根の生成を促し、地上部の生育抑制を緩和することを試みた。その結果、断根直後の窒素および堆肥の施用は根の再生力を向上させた(表2)。しかし、カリ、リン酸の施用効果はほとんど認められなかった。特に、窒素は標

図14 根の再生に及ぼす断根時期の影響

B: 株元部, PI: うね間部, 計: 株元部+うね間部

M: 5月下旬, J: 7月下旬, A: 8月下旬

S: 9月下旬, N: 11月下旬, C: 無断根

図15 根の再生に及ぼす断根強度の影響
C：無断根，I～V：断根強度（強～弱）

表2 施肥条件が断根後の根の再生に及ぼす影響

肥培条件	白色根量	窒素条件	白色根量
0N,0P,0K	5.3	0N,P,K	7.9
N,P,K	7.0	N,P,K	8.6
N,P,K,堆肥	9.3	2N,P,K	10.8
2N,P,K	14.2	4N,P,K	11.3
N,2P,K	8.3	8N,P,K	9.5
N,P,2K	8.2		

根量：乾物 g/株

準的な施肥量の2～4倍までの増施効果が顕著であった（表2）。これらの結果は深耕・断根時に有機物の混入や窒素肥料の施用が有効であることを示唆した。さらに、尿素葉面散布によって根の再生力は向上した²⁶⁾。これは通常施肥の補完的手段として利用可能であろう。なお、断根後はうね間だけでなく、株元部分でも白色根量が増加することから、施肥に当たっては株元部分を含めた全面施肥が効果的と考えられた。

6 断根後の根の再生に及ぼすホルモンの関与

断根後の再生に関与する樹体内要因の一つであるホルモンは、新たな根原基の形成を促

すことによって根群の更新を左右する最も直接的かつ重要な役割を果たすと考えられる。そこで、分離木化根を用いて根の再生に関与するホルモンの種類、樹体内でのホルモンレベル等を明らかにするとともに、断根処理方法によって異なる根の再生力の原因を検討した。さらに、発根に有効なホルモンを葉面散布することによって根の再生力の向上を試みた。その結果、根の発生促進効果はIAAについて認められ、その促進効果は濃度500 ppmまで高濃度ほど大きかった（図16）。しかし、200 ppm以上の濃度では長さ1 cm未満のわい小な根が増加した。また、GAは発根促進効果は示さなかったが、IAAと併用した場合の根重の増加をもたらした²⁰⁾。一方、BAは発根促進効果を示さなかっただけでなく、IAAによる発根促進を阻害した。次に、エージの異なる木化根を用いてIAAによる発根促進効果を見たところ、比較的若いエージの根が大きな再生力を示した²⁶⁾。さらに、品種間でもIAAによる発根促進効果は明らかに異なった（図17）。また、IAAを葉面散布したところ濃度25 ppm、50 ppmで発根促進効果が認められた²⁶⁾。

図16 IAA処理が根の再生に及ぼす影響

図17 IAA処理による根の再生の品種間差異

7 深耕・断根処理に対する成木茶樹の反応

前節までに得られた結論は主として幼木を用いて行われた試験結果に基づくものであった。幼木は樹勢更新を必要とする成木に比べれば地上部，地下部とも生育旺盛であることから，断根に対する反応が成木とは異なる可能性もある。そこで18年生の‘やぶきた’成木茶園を用いて地上部，地下部の生育，根の活力分布を調査した。その結果，秋芽の生育(28)，冬季の光合成速度(28)，白色根量²⁸⁾は

いずれも深耕・断根によって明かな差異を生じた。また，ユーロピウムを用いた放射化学分析法による³⁰⁾根の活力分布(図18)では，9月下旬強断根(1年目のみ)では活力の向上が認められたが，8月下旬弱断根(連年)や8月下旬強断根+地上部せん枝処理(1年目のみ)の場合は活力の向上がみられず，深耕・断根処理による根群の活力変化の傾向は幼木とほぼ同様であることが明らかとなった。また，一番茶収量も処理翌年の減少傾向や2～3年後の増収傾向を示し²⁹⁾，幼木を用いた

図18 深耕・断根が成木茶樹の根群の活力およびその分布に及ぼす影響

□ 0～50 ▨ 50～100 ▩ 100～200
 ▤ 200～400 ▥ 400～600 ▦ 600～800
 ■ 800～ (ユーロピウム濃度： 10^{-3} ppm)

対照：無深耕・無断根，9-I：9月下旬強断根 8-I：8月下旬弱断根（毎年），8-II：8月下旬強断根+断根時せん枝

試験結果から推定された断根処理に対する反応は基本的には成木においても同様であると判断された。

JAMES ら³¹⁾、GEISLER ら³²⁾は、断根後の速やかな根の再生は地上部の生育を増加させることを認めたが、茶樹の場合にも断根後の根の再生の良否と新芽生産との間には密接な関係が認められる。したがって、断根処理後の速やかで旺盛な根の再生は断根に伴う地上部の生育抑制を緩和し、樹勢、収量、品質の向上効果を高めると考えられる。このような考えに基づき、図 19 に断根から樹勢の回復、増進にいたる経過を示した。すなわち、長年の栽培管理、土壌条件の悪化、その他の障害が原因となる茶樹は生育、収量の低下をきたす。このような場合の樹勢回復手段の一つとして深耕・断根が行われる。断根処理は根量を減少させ、養水分吸収力を一時的に減退させる。また、オーキシン、サイトカイニン等のホル

モン代謝を変化させるとともに樹体内炭水化合物、窒素成分が地下部に優先的に配分されるようになる。これによって残された根部では白色根の発生、生長が促される。このような断根後の根の再生態勢は処理の強度、時期、葉層の有無、品種等の栽培的要因によって大きな影響を受ける。一方、地上部の生育は光合成の減退、養分不足のために抑制され、このことが処理翌年の生育、収量低下の原因となる。白色根の再生とともに養水分吸収力は回復し、さらに旺盛な再生を促すが、この時深耕部だけでなく株元部に施肥する形で窒素を増施することは根の旺盛な再生にきわめて効果的である。この効果は有機物との混用でさらに高まる。また、再生促進の補助的手段として尿素的葉面散布あるいは IAA の葉面散布も効果的である。このような経過をたどり新たな活力の高い根群が形成されると、養水分吸収力が回復し、光合成能力も高まる。このことによって地上部の生育も再び活発と

図19 深耕・断根処理による根群の更新と樹勢改善に至る経過

なり、収量、品質が向上する。しかし、このような効果が期待できるのは早くとも処理後2～3年目以降であろう。

深耕・断根の本来の目的は活力の低下した根群を更新し、それによって樹勢の回復、増進を図ることにあると結論される。すなわち、

深耕・断根の効果は長期的な視点から捉えるべきものであり、単年度での収量、品質の向上を期待できる処理ではないということを強調しておきたい。深耕・断根は目的を明確にして実施することが処理効果を高めるための前提条件である。

今回の授賞は「暖地茶樹の整枝技術および根群形成に関する研究」に対するものであった。しかし、茶樹の根は生産に重要な役割を果たしているにもかかわらず、これまでに研究例が多くないことからあえて根の問題を中心にまとめさせて頂いたことをおことわりしたい。

引用文献

- 1) 宮崎安貞 (1978) : 日本農書全集 第13巻 農業全書, 農山漁村文化協会, 東京, pp.78~91.
- 2) 原田重雄 (1962) : 作物大系第7編 嗜好料類 I, 養賢堂, 東京, pp.85~93.
- 3) 静岡県茶業会議所編 (1966) : 茶業全書, 静岡県茶業会議所, 静岡, pp.119~120.
- 4) 杉井四郎・大石貞夫 (1968) : 地上部および地下部に及ぼす断根の影響について. 明治100年期年創立60周年記念静岡県茶業試験場成績収録, p.50.
- 5) 前原三利・平峯重郎・平田三千男・江崎進 (1969) : 茶園における敷きわら, 深耕, 塩基施用の効果 第6報 根系に及ぼす影響. 九州農業研究, 31, 115~116.
- 6) 関谷直正・山下正隆・田中勝夫 (1977) : 深耕に伴う断根が秋・冬季の乾物生産および同化産物の消長に及ぼす影響. 茶技研, 53, 33~42.
- 7) 関谷直正・山下正隆・田中勝夫 (1977) : 深耕に伴う断根が秋・冬季の樹体内窒素および一番茶新芽の成分に及ぼす影響. 茶研報, 49, 19~26.
- 8) 淵之上弘子 (1978) : 施肥, 耕うんの方法が根の分布状態に及ぼす影響. 創立50周年記念誌, 埼玉県茶業試験場成績収録, p.140.
- 9) 田代善次郎 (1979) : 茶園のトレンチャー深耕 第2報. 茶業技術研究講演要旨集, p.23.
- 10) 前田嘉久美 (1981) : トレンチャー利用による茶園の深耕. 宮崎県総合農試研究報告, 15, 33~61.
- 11) 大石貞夫 (1975) : 茶栽培全科, 農山漁村文化協会, 東京, pp.176~181.
- 12) 山下正隆 (1981) : 茶樹の根系に関する栽培学的研究 第1報 摘採が根の生育及び機能に及ぼす影響. 日作九州支部会報, 48, 27~30.
- 13) 山下正隆 (1984) : 茶樹の根群に関する栽培学的研究 第2報 根のエージ別分級法による根群の解析. 日作紀, 53, 139~144.
- 14) 山下正隆 (1985) : 茶樹の根群に関する栽培学的研究 第3報断根後の再生と白色根の機能. 日作紀, 54, 337~345.
- 15) 山下正隆 (1984) : 茶樹の根群に関する栽培学的研究 第4報摘採およびせん枝が地下部の生育に及ぼす影響. 日作九州支部会報, 51, 35~38.
- 16) 山下正隆 (1986) : 茶樹の根群に関する栽培学的研究 第5報断根後の根の形成と体内成分の変化. 日作紀, 55, 533~541.
- 17) 山下正隆 (1988) : 茶樹の根群に関する栽培学的研究 第6報断根の強度が根群形成に及ぼす影響. 日作紀, 57, 48~52.
- 18) 山下正隆 (1985) : 茶樹の根群に関する栽培学的研究 第7報断根後の根の再生に及ぼす施肥の効果. 日作紀, 54(別号2), 52~53.
- 19) 山下正隆 (1986) : 茶樹の根群に関する栽培学的研究 第8報根の再生に及ぼす断根時期の影響. 日作九州支部会報, 53, 91~95.
- 20) 山下正隆 (1986) : 茶樹の根群に関する栽培学的研究 第9報根の再生に及ぼすホルモン処理の効果. 日作紀, 55(別号2), 219~220.
- 21) 山下正隆 (1987) : 茶樹の根群に関する栽培学的研究 第10報断根時の地上部切除と根の再生. 日作紀, 56(別号2), 125~126.
- 22) 山下正隆 (1985) : 茶樹の根の生長に及ぼす土壌硬度の影響. 日作九州支部会報, 52, 66~69.
- 23) 山下正隆 (1985) : 茶樹の根における生長の周期性. 茶技研, 67, 5~12.

- 24) 山下正隆(1986)：土壤の種類が茶樹の根の生育と機能に及ぼす影響。茶技研, 69, 23～27.
- 25) 山下正隆(1986)：茶樹における断根後の根の再生に及ぼす土壤の種類の影響。茶技研, 69, 28～34.
- 26) 山下正隆(1989)：茶樹における根群の形成と断根後の根の再生に関する研究。野菜試験場報告D(久留米), 2, 29～117.
- 27) YAMASHITA M. (1991) : Effects of the time and intensity of root pruning on root regeneration in tea plants. Proceedings of the Internatinal Symposium on Tea Science, pp. 484～488.
- 28) 山下正隆・武弓利雄 (1992)：茶樹成木における断根処理が根群の再生および光合成に及ぼす影響。日作紀, 61 (別号2), 97～98.
- 29) 山下正隆・武弓利雄・佐波哲次 (1993)：茶樹成木園における深耕断根処理が一番茶収量に及ぼす影響。日作紀, 62 (別号2), 21～22.
- 30) YAMASHITA M. (1992) : Non-destructive analysis of tea plant root systems by an activable tracer method. root ecology and its practical application, 3. ISRR Symp. Wien, pp. 775～776.
- 31) JAMES, D. B. and Y. M. HUTTO (1972) : Effects of tiller separation and root pruning on the growth of *Lolium perenne* L., Ann, Bot., 36, 485～495.
- 32) GEISLER, D. and D. C. FERREE(1984) : The influence of root pruning on water relations, net photosynthesis, and growth of young apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 109, 827～831.