

学位論文題名

Study on Mulching Function to Orchard Land in
Subtropical Red and Yellow Soils of China

(中国の亜熱帯赤黄色土壌地域における果樹園でのマルチ機能に関する研究)

学位論文内容の要旨

中国福建省は亜熱帯気候帯に属し、赤黄色土壌が主である。高温多雨の亜熱帯・熱帯地域では、土壌の風化が進み、養分が溶脱し、団粒構造が破壊されやすいために表土が流亡しやすい。こういった土壌や土地の特性は、亜熱帯気候帯で世界的に広く認められ、このような地帯での農業においては、土壌管理が極めて重要であると認識されているが、土壌を含む持続的な栽培管理に関する科学研究は著しく立ち後れている。また、中国福建省の北部の山岳地帯の斜面では、果樹園が広く分布していて、したがって、果樹園の土壌表面の管理は、果実の質、収穫量および果樹の生長にとって非常に重要なものである。しかし、これまでの果樹園の伝統的栽培法では、雑草駆除を目的として下草を完全除去するために、表土は土壌の栄養素とともに斜面の上から下へ流去してしまい、表土を失った土壌は樹木の生長を支えきれず、また保水力が下がって生産性が著しく低下してしまうことが問題であった。一方、持続的土壌管理のためには、単に土壌流亡を防ぐだけでなく、土壌の肥沃度を高める必要がある。特に、赤黄色土壌では、有機物の蓄積が少なく、そのために微生物の作用による粘土鉱物の団粒構造化が進まず、土壌流亡が進むとともに、養分や水の保持能やさらに通気性の低下がおきる。そこで、土壌流亡を抑制し、土壌肥沃度（ここでは有機炭素の増加を指標とする）を増加させるために、植生マルチ技術を導入して、持続的土地管理システムを確立することに成功した。これらの技術的知見は、単に、中国福建省の果樹園の栽培管理にとどまらず、世界的にも熱帯・亜熱帯気候帯に広く分布する赤黄色土壌の持続的管理に重要知見を提供する。また、地球温暖化にともない、農業においても、その緩和策と適応策が求められているが、本研究では、土壌管理のみならず、炭素管理の視点を導入しており、地球温暖化対策としても、先験的な研究を展開した。

植生を用いたマルチ（以下、植生マルチとよぶ）は、生育の直接的競合や他感作用によって雑草を抑制する。さらに下草マルチは土壌の保水性を上げ、風による土壌消失を防ぎ、また場合によっては果樹の害虫の天敵個体数を増加させることも期待される。下草マルチとして利用される植物の中でもマメ科植物は、窒素固定を通じて投入肥料の軽減にもつながる。また、有機物が土壌に付加されることにより、土壌の炭素貯留を促進し、土壌肥沃度を高めることが期待される。そこで、本研究では、赤黄色土壌の山岳地帯の斜面の果樹園において、植生マルチに関する各種の試験と分析や解析を行い、以下の知見を得た。

果樹園における植生マルチとして適当な種を 100 以上の候補植物の中から選抜し、マメ科植物である *Arachis pintoi*（ピントイピーナッツ）を試験に用いることとした。福建省北部の山間部において、*A. pintoi* が、赤色土の斜面におけるモモ果樹園の植生マルチとしてどのよう

な効果をもつかを大規模な栽培試験によって調査した。2 種類の栽培環境（斜面およびテラス）を設定し、それぞれに、無下草条件と *A. pinto* による植生マルチを施して、3 種類の栽培区を作り、それぞれの区において、モモの生長と生産性、土壌の状態、果樹園の生物多様性、植生マルチの炭素貯留としての機能、さらに付加価値としての生態系サービスのレベルの違いについて 10～14 年にわたって検討し、以下の結果を得た。

1) 植生マルチをすると土壌の 20～80cm 付近において果樹の根が多く発達することが分かった。これは果樹の根が下草と水と肥料の競合を避けるためと考えられた。果樹の根が健康になったことで、土壌の孔隙率は上昇し、効果的な栄養のサイクルが可能になり、土壌肥沃度と果樹の生産性が上昇することが分かった。さらに、植生マルチの存在は土壌流出も抑えることができた。例えば高い土壌の孔隙率は土壌の浸食性の指標でもある土壌信頼性 K 因子の低下（17.6%まで低下）につながった。

2) 無下草栽培に比べ、植生マルチは果樹園の生物多様性の増加に大きく寄与することがわかった。幾つかの生物多様性を表す指標を計算すると、植生マルチを実施すると、その無い場合よりも 30～40%の節足動物の多様性増加が観察された。また、土壌圏においても例えば、シンプソン指数で 0.50 から 0.55%に、シャノン指数で 0.93 から 2.80%に、ブリルアン指数で 0.35 から 1.91%に、マッキントッシュ指数で 1.07 から 1.17%に増加することが分かった。

3) 植生マルチをすると、土壌の炭素含有率は 7.40 から 46.48%に、また炭素密度は 0.42 から 27.00%にそれぞれ増加し、有機炭素の回転率は斜面、テラスのどちらでも非常に早くなっていた。さらに、植生マルチをすると、植物体残渣は土壌中炭素全体の 25.20%を占め、それが土壌有機炭素のプールを大きくしていることがわかった。

4) 経済および環境にとっての価値を知るために、幾つかの指標で 3 区の果樹園を評価した。その結果、植生マルチを行った区の価値は、それをしなかった区に比べて斜面環境では 23.9%、テラス環境では 17.0%それぞれ価値が上がったことがわかり、その中でも保水量、炭素固定量、酸素放出量がきわめて高くなることが明らかとなった。これらの結果は、植生マルチによる果樹園管理が、高い生態的サービスを与える果樹園環境の保全に重要であることを示していた。

以上の結果から、*A. pinto* の植生マルチの実施が、赤黄色土壌のモモ果樹園において果樹に生産性、土壌の物理化学的特性、果樹園の生物的多様性、さらに有機炭素の固定に非常に効果的であることが判明した。したがって、本研究の結果は、福建省北部の山間地帯における果樹栽培に植生マルチが効果的であり、その方法が各地の農業にも適用可能で、かつ世界的にも赤黄色土壌地帯の農業や土地管理に有益な知見が提供できることを示した。また、地球温暖化の緩和策や適応策に対しても、植生マルチによる持続的管理法による農業栽培が貢献できることを先験的に示した。

学位論文審査の要旨

主 査	教 授	大 崎	満
副 査	特任教授	齋 藤	裕
副 査	客員教授	信 濃	卓 郎
副 査	准教授	渡 部	敏 裕
副 査	准教授	王	秀 峰

学 位 論 文 題 名

Study on Mulching Function to Orchard Land in Subtropical Red and Yellow Soils of China

(中国の亜熱帯赤黄色土壌地域における果樹園でのマルチ機能に関する研究)

本論文は英文 209 頁、引用文献 325、図 35、表 41、8 章からなり、参考論文 31 編が付されている。

中国福建省は亜熱帯気候帯に属し、赤黄色土壌が主である。高温多雨の亜熱帯・熱帯地域では、土壌の風化が進み、養分が溶脱し、団粒構造が破壊されやすいために表土が流亡しやすい。こういった土壌や土地の特性は、亜熱帯気候帯で世界的に広く認められ、このような地帯での農業においては、土壌管理が極めて重要であると認識されているが、土壌を含む持続的な栽培管理に関する科学的研究は著しく立ち後れている。また、中国福建省の北部の山岳地帯の斜面では、果樹園が広く分布していて、したがって、果樹園の土壌表面の管理は、果実の質、収穫量および果樹の生長にとって非常に重要なものである。しかし、これまでの果樹園の伝統的栽培法では、雑草駆除を目的として下草を完全除去するために、表土は土壌の栄養素とともに斜面の上から下へ流去してしまい、表土を失った土壌は樹木の生長を支えきれず、また保水力が下がって生産性が著しく低下してしまうことが問題であった。そこで、土壌流亡を抑制し、なおかつ土壌肥沃度を増加させるために、植生マルチ技術を導入して、持続的土地管理システムの確立を目的に研究を実施した。

植生を用いたマルチ（以下、植生マルチとよぶ）は、生育の直接的競合や他感作用によって雑草生育を抑制する。さらに下草マルチは土壌の保水性を上げ、風による土壌消失を防ぎ、また場合によっては果樹の害虫の天敵個体数を増加させることも期待される。下草マルチとして利用される植物の中でもマメ科植物は、窒素固定を通じて投入肥料の軽減にもつながる。また、有機物が土壌に付加されることにより、土壌の炭素貯留を促進し、土壌肥沃度を高めることが期待される。そこで、本研究では、赤黄色土壌の山岳地帯の斜面の果樹園において、植生マルチに関する各種の試験と分析や解析を行い、以下の知見を得た。

果樹園における植生マルチとして適当な種を 100 以上の候補植物の中から選抜し、マメ科植物である *Arachis pinto* を試験に用いた。福建省北部の山間部において、*A. pinto* が、赤色土の斜面におけるモモ果樹園の植生マルチとしてどのような効果をもつかを大規模な栽培試験によって調査した。2 種類の栽培環境（斜面およびテラス）を設定し、それぞれに、無下草条件と *A. pinto* による植生マルチを施して、3 種類の栽培区（斜面－マルチは考察せず）を作り、それぞれの区において、モモの生長と生産性、土壌の状態、果樹園の生物多様性、植生マルチの炭素貯留としての機能、さらに付加価値としての生態系サービスのレベルの違い

について 10～14 年にわたって検討し、以下の結果を得た。

1) 植生マルチをすると土壌の 20～80cm 付近において果樹の根が多く発達することが分かった。これは果樹の根が下草と水と肥料の競合を避けるためで、下層からの養分と水の吸収が可能になり、植物の生育が安定したと考えられた。また、土壌の孔隙率は上昇し、効果的な栄養のサイクルが可能になり、土壌肥沃度と果樹の生産性が上昇することが分かった。さらに、植生マルチの存在は土壌流出も抑えることができた。例えば高い土壌の孔隙率は土壌の浸食性の指標でもある土壌信頼性 K 因子の低下 (17.6%まで低下) につながった。

2) 無下草栽培に比べ、植生マルチは果樹園の生物多様性の増加に大きく寄与することがわかった。幾つかの生物多様性を表す指標を計算し、植生マルチを実施すると、その無い場合よりも 30～40%の節足動物の多様性増加が観察された。また、土壌圏においても、植生マルチにより、微生物の多様性指数である、シンプソン指数、シャノン指数、ブリルアン指数、マッキントッシュ指数で、いずれも増加することが分かった。

3) 植生マルチをすると、土壌の炭素含有率は 7.40 から 46.5%に、また炭素密度は 0.42 から 27.0%にそれぞれ増加し、有機炭素の回転率は斜面、テラスのどちらでも非常に早くなっていた。さらに、植生マルチをすると、植物体残渣は土壌中炭素全体の 25.2%を占め、それが土壌有機炭素のプールを大きくしていることがわかった。

4) 経済および環境に対する価値を知るために、幾つかの指標で 3 区の果樹園を評価した。その結果、植生マルチを行った区の価値は、それをしなかった区に比べて斜面環境では 23.9%に、テラス環境では 17.0%に、それぞれ価値が上がったことがわかり、その中でも保水量、炭素固定量、酸素放出量がきわめて高くなることが明らかとなった。これらの結果は、植生マルチによる果樹園管理が、生態系サービスに貢献し、果樹園環境の保全に重要であることを示している。

以上の結果から、*A. pinto* の植生マルチの実施が、赤黄色土壌のモモ果樹園において果樹の生産性向上、土壌の物理化学的特性改善、果樹園の生物的多様化、さらに有機炭素固定の向上に非常に効果的であることを解明し、それらに基づく普及技術確立したことは、学問的に高く評価される。また、本研究の結果は、福建省北部の山間地帯のみならず、世界的にも赤黄色土壌地帯の農業や土地管理に有益な知見を提供できることを示した。さらに、地球温暖化の緩和策や適応策に対しても、本研究の植生マルチ法が極めて有効であることを先験的に示した。

よって審査員一同は、翁 伯琦が博士 (農学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。