

輪作におけるアーバスキュラー菌根菌の動態と作物の生育に関する研究

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者名	唐澤,敏彦
発行元	日本土壌肥料学会
巻/号	73巻3号
掲載ページ	p. 257-258
発行年月	2002年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



輪作におけるアーバスキュラー菌根菌の動態と作物の生育に関する研究

唐澤 敏彦*

畑作物は、各種作物を組み合わせた輪作の中で栽培される。輪作においては、前作物の種類により後作物の生育が異なるため、適切な前作物と後作物を組み合わせて栽培することが重要となる。これまで、この前作物の違いによる後作物の生育差（前作効果）を生む要因として、異なる前作物の栽培による養分の有効性や病害虫密度の違い等が報告されてきた。しかし、これら要因では説明のつかない事象も多く、年次や場所によって前作効果の現れ方も異なることから、適切な輪作順序を理論的に決めることは困難とされている。そして、前作効果の未解明の要因と年次や場所による変動の原因を解明することが求められている。

半乾燥地帯の輪作では、長期休閑により後作物の生育が抑制される例が知られ、その原因に土壌中のアーバスキュラー菌根菌（AM 菌）密度の低下が挙げられた。AM 菌は植物に共生してそのリン吸収を促進する糸状菌であり、一部の非宿主作物を除く多くの作物がその宿主とされる。AM 菌は絶対共生菌であり、休閑のほか非宿主作物の作付けによっても減少するため、非宿主作物の栽培も後作物の生育を低下させる可能性が考えられる。しかし、長期休閑よりも期間的に短い前作物の栽培が、AM 菌の増減を介して後作物の生育に影響することは証明されていない。

本研究では、前作物の種類が後作物の生育に及ぼす影響とその原因を AM 菌動態の面から解析し、長期休閑を含まない輪作においても前作効果の一因が AM 菌密度の差であることを明らかにした。また、気象条件と土壌条件を変えて前作効果を比較し、年次や場所で前作効果が異なる原因の一端を究明した。さらに、緑肥を用いた土着 AM 菌の増殖法を検討し、非宿主作物の栽培によって AM 菌密度が低下した圃場で、後作物の生育を改善するための一方策を提案した。

1. 前作物の種類が後作物の生育に及ぼす影響¹⁾

各種作物の栽培が、後作トウモロコシの生育・収量に及ぼす影響を調べた。トウモロコシの収量は、AM 菌の宿主であるヒマワリ、トウモロコシ、ダイズ、パレイショ、コムギ跡地で優れ、非宿主のキャベツ、テンサイと無作付の跡地で劣った。また、トウモロコシの AM 菌感染率も非宿主作物後より宿主作物後で高く、生育との相関が高かったことから、前作効果はトウモロコシの AM 菌感染率の差に起因することが示唆された。しかし、異なる前作物の栽培により、土壌の理化学性や AM 菌以外の生物性にも差が生じていることも明らかである。

そこで、非宿主作物の栽培による後作トウモロコシの生育低下が、主に AM 菌の減少に起因することを証明するために、非宿主作物跡地への AM 菌接種試験を行った。シロガラシ（非宿主）後のトウモロコシ生育は、ヒマワリ（宿主）後に比べて劣った。しかし、ヒマワリ跡地から単離した AM 菌をシロガラシ跡地土壌に加えたところ、トウモロコシの生育、リン吸収と AM 菌感染率が向上し、ヒマワリ跡地とシロガラシ跡地の差が縮小した。以上より、トウモロコシでみられた前作効果は、主に前作物の違いによる AM 菌密度の差で説明できることが示された。

次に、後作トウモロコシで認められた前作効果が、他の作物にもみられるか否かを明らかにするため、各種の後作物を用いて前後作の組合せ試験を行った。AM 菌の非宿主であるキャベツ、ダイコン、ソバ、テンサイの生育・収量には、前作物の影響が現れなかった。これは、非宿主作物の AM 菌感染率に前作物の影響が現れない（感染が起こらない）ためと判断した。一方、多くの宿主作物には、トウモロコシと同様に AM 菌が関与する前作効果が認められた。ただし、その程度には作物間差があり、インゲンマメ、アズキなどへの影響が大きく、コムギとパレイショでは前年の宿主作物栽培による増収効果はやや小さかった。

2. 前作効果に影響を及ぼす環境要因の解明²⁻⁴⁾

前作効果に対する環境要因の影響を明らかにすることは、AM 菌動態を考慮した作付順序の導入が有効な場面を知る上で重要である。まず、土壌水分の影響を明らかにするために、土壌水分を調節した各種作物の跡地土壌でトウモロコシの生育と AM 菌感染率を調査した。トウモロコシの生育は、宿主作物（ヒマワリ、トウモロコシ、アズキ、インゲンマメ、コムギ、ダイズ）跡地で優り、非宿主作物（ダイコン、シロガラシ、テンサイ、ソバ）と無作付の跡地で劣った。この前作効果は乾燥条件では顕著であったが、土壌水分の増加に伴い縮小した。また、AM 菌密度が低い非宿主作物跡地土壌でも、土壌水分の増加とともに AM 菌感染が高まり宿主作物跡地との差が縮小した。以上の結果から、土壌水分の増加に伴う AM 菌感染率の差の縮小が、湿潤条件で前作効果が小さい原因の一つと判断した。

次に、地温が前作効果に及ぼす影響を明らかにするために、地温を 15、20、25°C の 3 段階に調節したヒマワリ（宿主）とシロガラシ（非宿主）の跡地土壌にトウモロコシを栽培し、生育と AM 菌感染を調べた。トウモロコシの生育は地温が高いほど優った。また、いずれの地温でも前作効果が認められ、シロガラシ後よりもヒマワリ後でトウモロコシ生育が優った。AM 菌感染率は地温の低下に伴い減少したが、地温にかかわらずシロガラシ後よりもヒマ

* からさわとしひこ；北海道農業研究センター生産環境部 (062-8555 札幌市豊平区羊ヶ丘 1)

ワリ後で高かった。各地温で前作物の種類がトウモロコシのAM菌感染と生育に影響したことから、少なくとも地温15°C以上では前作効果が現れ、宿主作物跡地ではAM菌によるリン吸収促進効果が発現すると判断した。

次に、リン肥沃度を変えて前後作試験を行い、AM菌がかかわる前作効果を期待できる有効態リンレベルを調べた。施肥処理による有効態リン（トルオーグ法）の範囲は、89~200 mg kg⁻¹であった。トウモロコシの生育は、いずれのリン肥沃度でもAM菌宿主作物後で優れたが、生育差はリン肥沃度が低い条件で大きかった。AM菌感染率はリン肥沃度の増加に伴い低下したが、どのリン肥沃度でも宿主作物後で高かった。収穫期には前作物の影響は小さくなったものの、有効態リンが約110 mg kg⁻¹までは収量に差が認められた。以上より、この前作効果はリン肥沃度が低いほど顕著であるが、北海道の土壤診断基準値（有効態リン44~131 mg kg⁻¹）内の土壤でも認められる。

最後に、前作効果の土壤間差を調べるため、前作物の種類（ヒマワリとシロガラシ）が、土壤中のAM菌密度と後作トウモロコシのAM菌感染および生育に及ぼす影響を17種土壤で検定した。試験に用いた17土壤のうち14土壤でシロガラシ後よりヒマワリ後でトウモロコシのリン吸収量が多く、生育も優れた。トウモロコシのAM菌感染率がシロガラシ後よりヒマワリ後で高かったことから、これらの土壤におけるトウモロコシの生育差も、AM菌感染率の違いに起因すると判断した。前作効果と土壤の性質との相関分析より、トウモロコシへの前作効果の違いは土壤の理化学性では説明できないものの、前作ヒマワリのAM菌感染率から予測できることが明らかになった。

3. 緑肥導入による後作物のAM菌感染と生育の改善⁵⁾

AM菌との共生程度が低い作物の栽培跡地では、後作物のAM菌感染率が低くなり、その生育が劣る。そこで、翌春まで裸地になるこれら作物の収穫跡地に宿主作物を緑肥として導入し、翌年の作物の生育に対する効果を検討した。

トウモロコシのAM菌感染率と生育は、AM菌との共生程度が低いエンバク跡地を春まで裸地にした区や非宿主作物（シロガラシ）を緑肥として導入した区に比べて、宿主作物（ヒマワリ、ベッチ）を導入した区で優れた。また、トウモロコシの生育、リン吸収、AM菌感染率は、緑肥作物のすき込みの有無に影響されなかった。以上より、ヒマワリ、ベッチの導入効果は、有機物の還元ではなく、トウモロコシのAM菌感染率の向上によるものと判断した。なお、緑肥を9月以降に播種しても効果がなかったことから、非宿主作物等を栽培してAM菌密度が低下した土壤では、宿主作物を8月中旬に緑肥として導入することによって、翌年の作物生育を改善できると考えられる。

4. 結論

輪作を行うにあたっては、前作効果が生ずる原因を理解し、適切な組合せで前作物と後作物を栽培することが望ましい。しかし、前作効果には原因不明の事象も多いことから、実際に栽培するまで後作物への影響が分からないことが多い。本研究では、前作効果の一因が土壤中のAM菌密度の差であることを解明した。これにより、作物と

AM菌の共生程度が、前作物と後作物の最適組合せを決めるために有効な判断基準の一つとなることが示された。

このAM菌が関与する前作効果は、リン肥沃度が低く、乾燥した土壤で顕著であり、低地温でも認められた。また、本効果は多くの土壤でみられたものの、前作効果の現れない土壤も存在した。これらは、AM菌動態に起因する前作効果が現れやすい環境条件に関する有用な知見である。今後、AM菌動態による前作効果と養分や病害虫など既知の要因による前作効果を環境条件ごとに解析することにより、いずれが作付順序を決める際に重要な要因かを輪作圃場の環境に合わせて判断できるようになると考えられる。

本研究において、非宿主作物等の栽培によりAM菌が減少した場合、宿主作物を緑肥として導入することにより、後作物のAM菌感染と生育を改善できることが明らかになった。この方法は、栽培期間が短いアブラナ科の野菜やソバ等の非宿主作物を栽培した場合には有効であるが、収穫時期が遅いテンサイでは使えない。そこで、テンサイ等に対しては、宿主作物を間作するなどAM菌密度を高めるための新たな方策が必要である。今後、緑肥の利用や間作などによりAM菌を生かせる輪作体系が構築できれば、畑作物の多収技術に貢献できるものと期待される。

謝辞 本研究は北海道農業試験場（現北海道農業研究センター）生産環境部養分動態研究室で行われたものです。本研究の遂行にあたり北海道農業試験場の有原丈二博士（現作物研究所）、建部雅子博士、笠原賢明氏、草地試験場（現畜産草地研究所）の斎藤藤典博士には多大なご援助とご指導をいただきました。研究のとりまとめにあたり東北大学大学院農学研究科の前 忠彦博士、山谷知行博士、三枝正彦博士、牧野 周博士には暖かいご指導をいただきました。また、生産環境部の皆さまをはじめ所内外の多くの方々には多大なご助言とご支援をいただきました。皆さまに心より感謝し厚く御礼申し上げます。

おもな業績

- 1) Karasawa, T., Kasahara, Y. and Takebe, M.: Differences in growth responses of maize to preceding cropping caused by fluctuation in the population of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biol. Biochem.*, **34**, 851~857 (2002)
- 2) Karasawa, T., Arihara, J. and Kasahara, Y.: Effects of previous crops on arbuscular mycorrhizal formation and growth of maize under various soil moisture conditions. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **46**, 53~60 (2000)
- 3) Karasawa, T., Takebe, M. and Kasahara, Y.: Arbuscular mycorrhizal (AM) effects on maize growth and AM colonization of roots under various soil moisture conditions. *ibid.*, **46**, 61~67 (2000)
- 4) Karasawa, T., Kasahara, Y. and Takebe, M.: Variable response of growth and arbuscular mycorrhizal colonization of maize plants to preceding crops in various types of soils. *Biol. Fertil. Soils*, **33**, 286~293 (2001)
- 5) 唐澤敏彦・笠原賢明・建部雅子：緑肥作物の導入によるアーバスキュラー菌根菌の増殖とトウモロコシ栽培への利用，土肥誌，**72**，357~364 (2001)