

1. はじめに

最近、消費者の食品に対する科学的な理解の深まりとともに、生産現場では農産物の収量向上に加え、内的品質向上が求められるようになってきた。そのためには目的とする品質に関して優良品種の育成が重要であるが、優良品種が育成、導入された次の段階では栽培管理による収量の安定化と品質向上が必要となる。

栽培管理技術のうち肥培管理による作物の品質制御の基本は品質形成に直接、間接に関与する成分の吸収を制御することであり、そのためには土壌へのそれらの成分の投入量を制御することである。しかし同一品種に同一施肥管理を行っても土壌のちがいによる品質の差が生ずることから、農業技術として確立するためには投入された成分の土壌中での存在形態や挙動を定量的に理解することが重要である。これまでの研究から、植物による吸収と最も関係の深いのは土壌溶液に溶存する成分であると考えられる。そのため肥培管理による作物の品質改善を目指すとき、土壌溶液組成を制御することが不可欠であるという考えに基づいて水稻、畑作物を対象に一連の研究を行った。

2. 土壌の陽イオン交換特性が土壌溶液組成に及ぼす影響

土壌の陽イオン交換特性が土壌溶液組成に及ぼす影響について調べ、土壌の水分含量変化による土壌溶液組成変化の予測の可能性について検討した。土壌溶液組成が土壌のCa-K交換特性と交換性Kの占める割合によって規定されていることを明らかにし¹⁾、 NH_4 イオンがKイオンとほとんど同等のふるまいをすることをもとに、Ca-K交換平衡の選択係数 K_v を用いて推定した土壌溶液中のKイオンおよび NH_4 イオン濃度の値が実測値と実用レベルで一致し、土壌溶液のイオン濃度およびイオン組成を予測することが可能であることを明らかにした²⁾。しかしこれは現段階では作物の生育の影響が無視できる生育初期に限られる。

次に土壌の水分含量変化過程で経験的に認められている AR^k （土壌溶液中に共存するKイオンとCaイオン、Mgイオンとの活量比）の不変性に関する法

則について調べた³⁾。これは、その一定性が認められれば陽イオン交換平衡実験を行わずに主要な交換性陽イオンであるCa、MgおよびKの組成の変化が予測できると考えられるからである。その結果、 AR^k は水分含量変化の過程で土壌のK吸着量や陽イオン交換容量に依存し、水分含量の低下とともに若干低下するものの、実際の圃場レベルでの変化は小さく、水分含量と AR^k の関係を用いて補正すれば陽イオン交換選択係数の測定なしに土壌溶液組成を予測する手段として活用できることを明らかにした。

3. 土壌溶液組成制御による米の食味改善

米の食味が関係する要因の中で重要なものは品種、気象、土壌条件である。このうち米の食味の土壌間差異が何によってもたらされるのかを明らかにすることは良食味米生産のための栽培法を確立するために不可欠である。灰色低地土と黒ボク土において認められている土壌間での米の食味の違いが生じる原因究明の一環として、米の食味と強く関係しているとみられるNおよびKなど無機成分の水稻による吸収を明らかにするため、土壌-水稻系を土壌、土壌溶液、稲わら、玄米および精米の5要素に分けて調べた²⁾。その結果、土壌溶液組成の影響が及ぶのは稲わらまでで、玄米、精米の成分含量は作物の転流に関する生理に依存することを示した。また、土壌溶液中の各成分濃度は土壌の交換性成分含量とは単純な対応は示さなかったが、土壌の陽イオン交換特性によって規定されていることが強く示唆された。米の食味の土壌間差異がどのような機構で生じるのかについて明確な知見は得られなかったが、黒ボク土産米の食味低下の主要因は米の高いタンパク質含有率によるものと推察した。

次にNおよびKの吸収を制御することを目的に、 NH_4 イオンとKイオンに対する選択性の強いゼオライトを産米の食味が劣る黒ボク土水田に施用し、水稻生育中の土壌溶液組成と産米の食味への影響を調べた⁴⁾。この結果、ゼオライト施用によって食味が向上し精玄米重も増加した。食味向上には玄米中の食味関連成分であるN含有率がやや減少すること、収量増加には登熟歩合が高まることが原因と推察した。

4. 土壤溶液組成制御による野菜のカルシウム含量向上

Ca 要求量が高いアブラナ科野菜のツケナを供試し Ca 資材を施用して、Ca 吸収向上効果について検討した。圃場試験に先立ち土壤に添加する Ca 塩の種類による土壤溶液 Ca 濃度の上昇効果の違いを調べた⁵⁾。その結果、土壤溶液 Ca イオン濃度は難溶性の CaCO_3 および $\text{Ca}(\text{OH})_2$ では高まらず、易溶性の $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、 CaCl_2 の施用ではほぼ添加量に見合った濃度上昇が認められた。 CaSO_4 の施用では土壤溶液 Ca 濃度は、その溶解度積によって規定されていることを確認した。

次にツケナの Ca 含量を高めるために消石灰と硝酸カルシウムを被覆した緩効性肥料を用いて施用効果を比較検討した⁶⁾。その結果、土壤溶液 Ca 濃度は消石灰ではほとんど上昇せず、ツケナの Ca 含有率も高まらなかった。被覆硝酸カルシウムの標準的な施用量では Ca 施用量が同量の消石灰施用と比べて土壤溶液の Ca 濃度は低い濃度であったが、ツケナの Ca 含有率は消石灰施用より高くなった。この原因として消石灰施用区で施用した肥料に含まれる NH_4 イオンによることが示唆された。さらに被覆硝酸カルシウムを倍量施用すると、土壤溶液 Ca 濃度は高く維持され、ツケナの Ca 含有率を最も高めることができた。栽培初期の土壤 EC は 0.8 dSm^{-1} であったが、慣行施肥に比べてやや高い程度であった。

これらのことからツケナにおける Ca の吸収には NO_3 イオンなど共存する陰イオン主導のメカニズムが働いており、硝酸カルシウムの被覆肥料の利用が Ca 吸収促進に効果的であることを明らかにした。

5. おわりに

これら一連の栽培試験の結果から、土壤溶液と作物による吸収との関係において、他の養分や要因との関係で単純に反映されない場合がある。このため作物の養分吸収を制御するための土壤溶液組成制御技術を確認するためには、既知の培養液での栽培試験と作物の栄養生理の研究が並行して必要である。そして作物に養分を供給する土壤-土壤溶液系を作物に適した環境に制御する技術を確認するためには、どのような肥料をどのくらい施用すると土壤溶液組成がどのようになるといったデータの蓄積が今後とも重要である。これと同時にこれまでの可給態成分の診断法だけでなく、土壤溶液組成を制御するための新しい土壤診断法の確立が必要と考えられる。

土壤溶液組成制御による作物の品質改善技術をより実用的な技術として高めるためには、まだ多くの課題が残されているが、これまで培われてきた基礎的な土壌学の知見と実際の生産現場での現象の間の接点を見いだすことにより合理的で高い生産技術を組み立てる手法を示すことができると考える。

謝辞：九州大学大学院教授 和田信一郎先生には本研究の端緒を与えていただき、その遂行と取りまとめにあたり、直接ご指導、ご助言をいただいた。研究の遂行にあたり、福岡県農業総合試験場豊前分場、生産環境研究所化学部、鉦害試験地、筑後分場の関係各位には多大なご協力、ご助言をいただいた。また本賞にご推薦いただいたジェイカムアグリ株式会社 技術顧問 郡司掛則昭博士には日ごろから心温まるご助言をいただいた。ここに深く感謝し心から御礼申し上げる。

おもな業績

- 1) 小田原孝治：土壤の陽イオン交換特性が土壤溶液組成に及ぼす影響，福岡県農業総合試験場特別報告，第15号，5-12，2000.
- 2) 小田原孝治・松江勇次・和田信一郎・千々和浩幸・比良松道一：福岡県北部の黒ボク土と灰色低地土の理化学性の差異が稲体および産米の食味関連成分に及ぼす影響，日本土壤肥料学会誌，第65巻，7-13，1994.
- 3) 小田原孝治・和田信一郎：土壤溶液希釈過程における AR^K の不変性の理論的解析，日本土壤肥料学会誌，第63巻，64-71，1992.
- 4) 小田原孝治・松江勇次・比良松道一・和田信一郎：ゼオライトの施用が黒ボク土の理化学性および産米の収量、品質に及ぼす影響，日本土壤肥料学会誌，第68巻，381-386，1997.
- 5) 小田原孝治：各種カルシウム塩添加による土壤溶液カルシウム濃度上昇効果の比較，福岡県農業総合試験場特別報告，第15号，58-66，2000.
- 6) 小田原孝治・和田信一郎・比良松道一・松江勇次：石灰質肥料の施用が土壤溶液イオン濃度とナバナのカルシウム含有率に及ぼす影響，日本土壤肥料学会誌，第65巻，441-445，1994.