

## 水耕栽培における水耕養液中のイオン性栄養塩類の同時分離定量法の開発と イオンクロマトグラフィーのセンサー化の試み

○光井優太（高知大学理工），小崎大輔（高知大学理工），  
佐合悠貴（山口大学創成），藤原 拓（京都大学工学）

【緒言】 水耕栽培は、土の代わりにスポンジやロックウール、ヤシ殻などを用い、イオン性栄養塩類を含む水耕養液を継続的に補充もしくは交換して栽培する方法であり、先端的な農業技術として普及が進んでいる。一方で、排液における環境負荷が懸念され、その低減措置が重要な課題である<sup>1)</sup>。そこで、我々の研究グループでは、イオンクロマトグラフィー（IC）の技術を活用し、施肥管理を目的とした肥料養液に含まれるイオン性栄養塩類（ $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{HPO}_4^{2-}$ 、 $\text{K}^+$ ）の同時分離定量法を開発してきた。しかし、これまで当研究室で開発した IC 法は、塩基性溶離液（ $\text{NaOH}$ ）を用いたイオン性栄養塩類の同時分離定量法の場合、肥料中の微量重金属イオンが水酸化物沈殿を生じ、カラムの劣化に伴った分離能の低下を招き<sup>2)</sup>、また酸性溶離液を用いた場合、分析対象である  $\text{NO}_2^-$  が  $\text{NO}_3^-$  に酸化され、測定できないという問題点が生じた<sup>3)</sup>。そこで、本研究では、陽イオン交換基と陰イオン交換基の両方を有する分離カラム（Acclaim Trinity P2）と中性溶離液を用い、先述の課題を改善しつつ、新たな同時定量法の確立を目的として検討を行った。

【実験】 イオンクロマトグラフの構成は、送液ポンプ（東ソー製 DP-8020）、脱気装置（東ソー製 DGU-12A）、カラムオープン（島津製作所製 CTO-10AC sp）及び電気伝導度検出器（島津製作所製 CDD-6A sp）であった。分離カラムは Thermo Fisher Scientific 製の Acclaim Trinity P2（50 mm × 3.0 mm i.d.）を用いた。測定条件として、溶離液流速 0.25 mL/min、試料注入量 20  $\mu\text{L}$ 、カラム温度 40 °C で行った。溶離液にギ酸ナトリウムもしくは酒石酸ナトリウムを用い、検討を行った。また水耕養液中のイオン分析では、OAT アグリオから購入した OAT ハウス 1 号及び 2 号を混合した水耕養液を超純水で 5 倍希釈したものを用いた。

【結果】 その結果、Fig. 1 に示すように、溶離液として 20 mM のギ酸ナトリウムを用い、分離の最適化に関して検討した結果、約 45 分以内でイオン性栄養塩類の同時分離が達成された。その際の各イオン成分の検量線の直線性（ $R^2 = 0.999$ ）、ピーク面積及び保持時間の再現性（ $\text{RSD} = 0.4 \sim 1.8\%$ 、 $0.1 \sim 1.1\%$ ）など良好な値が得られた。また、上述の最適分離条件を用い、屋内用の非循環型の水耕栽培器によって生育したレタスの栽培時の水耕養液に含まれるイオン性栄養塩類の濃度変動のモニタリングを行ったところ、経時変化のモニタリングが可能となり、先述の課題も改善された。

しかしながら、本研究で用いた Trinity P2 カラムは、基材が高純度多孔性シリカ粒子であるため、純水で長期間保存した後に、分析すると分離能の悪化が見られた。

そこで、溶離液中の水によるシリカ基材の劣化を抑制するために、20 mM ギ酸ナトリウム水溶液にアセトニトリル 10~30% 添加し、そのときの分離状態を確認した。その結果、Fig. 2 に示すように、20 mM ギ酸ナトリウム及び 10% のアセトニトリルの添加により、カラムの劣化を抑

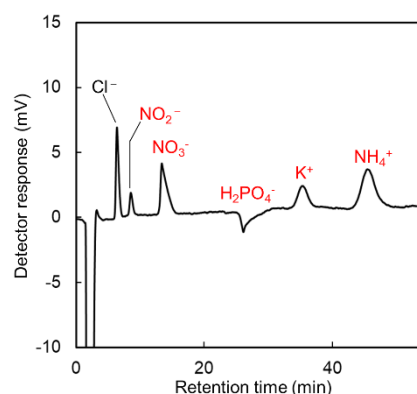


Fig. 1 20 mM ギ酸ナトリウム溶離液を用いたイオン性栄養塩類の分離

えつつ、良好な分離が達成され、分析精度（検量線の直線性、ピーク面積及び保持時間の再現性）に関しても良好な値が得られたため、新たに最適条件として設定した。

今後は、新たに最適化した本法の実際的な応用に関する検討として、再度レタスの水耕栽培におけるイオン性栄養塩類の濃度変動モニタリングの実施を予定している。加えて、本法を水耕栽培農家へ实际的に応用し、水耕養液管理への有用性についても検証を予定している。

【謝辞】 本研究は一般社団法人ヤンマー資源循環支援機構補助金及び内閣府助成金 IoP (Internet of Plants) 「次世代型施設園芸農業」の支援を受けたものです。

【文献】 1) 溶液栽培における培養液処理の手引き, 山口県農業試験場(2007)., 2) D. Kozaki, S. Tanihata, M. Mori, K. Tanaka, A. Yamamoto, *Bunseki Kagaku* 2019, **68**(4), pp. 253-258., 3) D. Kozaki, Y. Sago, T. Fujiwara, M. Mori, C. Kubono, T. Koga, Y. Mitsui, T. Tachibana, *Agronomy*, 2021, **11**(9), pp. 253-258.

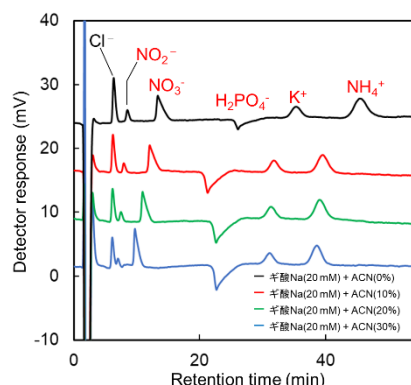


Fig. 2 アセトニトリルの分離への影響