

自動地中灌漑システムと土壌センサーの評価

Evaluation of automatic subsurface irrigation system and soil sensor

井上光弘

Mitsuhiro Inoue

近年、篤農家の豊富な経験に基づいた栽培技術をデータ化して、きめ細かな栽培管理を可能とした精密農業やIT農業が注目されている。これらの高度な農業は、農作物の品質と付加価値を向上させ、魅力ある農業経営（アグリビジネス）が期待される。社会的には農業従事者の減少と高齢化、耕作放棄地の増加、過剰農薬施肥による環境汚染問題が、一方、技術的には例えば生育状況を非破壊で計測可能なレーザー式生育センサー（CropSpec）の開発や、安価で高性能なGPSセンサーの普及とGISの導入、植物工場や水耕栽培などの計測制御技術の発達などがその背景にある。ここでは、究極の節水となる地中灌漑システムと土壌センサーに関する情報を紹介する。

省力型定水位自動地中灌漑システム

自動灌漑システムは、設備投資を行うので、それに見合う経済効果を必要とする。例えば、自動化による労働力の軽減によって生み出された時間を他に転用できる。あるいは、均等な灌漑によって生産物の大きさや品質が揃い、適切な水分管理と土壌管理によって生育期間を短縮でき、高品質な生産物ほど高値がつくので経済効果が期待される⁵⁾。自動灌漑の方法として、(1)タイマーを用いて決められた時間に定量灌漑を行うタイマー制御法、(2)ある地点の土壌水分量が下限より減少したら灌漑を開始し、上限を超えたら灌漑を停止するセンサー制御法、(3)低水頭灌漑あるいは負圧差灌漑など定水位自動灌漑法、などがある。それぞれに、タイマー制御ではON-OFFの時間設定、センサー制御では土壌水分量あるいはポテンシャル測定^{3), 5)}の閾値の設定、適切な水位差の設定^{13), 14)}などを、作物の生育段階でどのように決定するかが問題である。

地中灌漑は、根群域に直接、水分と養分を供給でき、土壌面蒸発も少なく、節水農業に適した灌漑方法である。1960年代に廃タイヤをリサイクルしてゴム製多孔質浸潤型地中灌漑チューブが開発され、基礎的な特性^{1), 2), 4)}が明らかにされてきた。砂質土壌の野菜栽培に適用した事例⁷⁾として、圧力一定方式、流量一定方式、間欠灌漑⁴⁾などの灌漑制御法があるが、地中灌漑チューブを埋設して低水圧を与えた場合、点滴灌漑の毎日灌漑、3日間断灌漑などと比較して、少量頻繁灌漑による水利用効率の向上を確認した^{5), 6)}。

省力型定水位自動地中灌漑法は、前日の気象条件を加味して土壌中に不足した水分を補給するという従来の灌漑法ではなく、定水位条件下で作物根による吸引力と土壌の吸引力に応じて、リアルタイムに自動的に溶液を供給する灌漑方式で省力的で節水になる¹⁵⁾。省力型定水位自動地中灌漑法を圃場に適用した事例について、廃ガラスを再資源化した浸透抑制土壌改良材¹¹⁾と、廃タイヤを再資源化したゴム製浸潤型地中灌漑チューブを、ケニアの砂質圃場に埋設してハウレンソウを栽培して、水利用効率が高いことを立証した^{12), 13)}。

鳥取大学名誉教授, Emeritus prof. of Tottori Univ. 砂ベッド栽培, ひも自動灌水, 水分塩分センサー

省力的な底面灌漑法を採用した定水位自動育苗装置で、防虫ネットと粘着シートを併用して、液肥による無農薬野菜栽培を行った¹⁵⁾。腰を曲げずに楽に栽培管理ができる高さ70cmの砂ベッド栽培に、容易に組立可能な市販のフレームラック（ベジット製）を採用した¹⁵⁾。砂ベッドの厚さは12cm、幅60cm、長さ120cmの枠に市販の防虫網と砂丘砂を敷いた。省力型定水位自動地中灌漑システムの灌漑チューブには、G&F社製の多孔管、タカギ社のゴム製浸潤管、不織布を防根シートで被覆したひも¹⁴⁾、低水頭不織布チューブなどを使用して、種々の野菜（トマト、コマツナ、リーフレタス、ネギ、イチゴ、ルッコラ、イタリアンパセリ、ミニトマト、京ミズナ、バジルなど）を栽培した^{14), 15)}。いずれの場合も、作物根による吸引力と土壌の吸引力に応じて、自動的に供給する灌漑方式で、通常の灌漑法と比較して節水になるし、水管理が容易で、大塚A方式の半分の濃度で液肥灌漑を行った場合でも収量が多く、有望な方法であると結論づけた。

土壌センサー

同じ砂ベッドで何回も栽培していくと、土壌面蒸発に伴って供給養液の塩類集積が生じた。対策としては、栽培終了後に表面から多量の散水でリーチングしたり、あるいは表面剥離法によって集積塩を除去する必要がある。その塩類集積過程や除塩タイミングを把握するために、土壌中の塩分濃度を計測できる土壌（土壌水分、電気伝導度、地温の同時測定）センサーによるモニタリングを行った¹⁵⁾。所定の深さで測定できる携帯型水分塩分計（米国製のHP-II, 5TE, GS3, SDI-12, 英国製のWET-1, WET-2, 韓国製のW&T-1000RFセンサー、日本製のWD-3など）の市販の土壌センサーについて温度依存性¹⁶⁾、塩分濃度依存性^{8), 9), 10)}を明らかにした。その結果、土壌センサーを用いる利点は、肥料や水の節約になり生産性を向上させることが期待されるが、ユーザー側から見たセンサーの測定精度の評価が必要であることを示唆した。

参考文献

- 1) 井上光弘・矢野友久：地中灌漑に用いる多孔質ゴム管の水理特性，第45回農土学中四支部，33-35（1989）
- 2) 井上光弘・矢野友久：砂丘畑における野菜栽培への地中自動灌漑の適用，日砂誌，39(2)，7-11（1992）
- 3) 井上光弘・竹内芳親：砂ベッド野菜栽培における埋設型土壌感圧水分センサーによる土壌水分制御，日砂誌，44(1)，30-35（1997）
- 4) 澁澤栄・井上光弘・笹尾彰・黒浜直子：間欠地中灌漑における土中水分変化の動特性，日砂誌，46(1)，7-14（1999）
- 5) 井上光弘・竹内芳親：土壌水分制御によるハウス内の砂ベッドおよび砂地野菜栽培—感圧センサーの開発とその適用—，農業および園芸，75(5)，600-606（2000）
- 6) Nishihara, E., Inoue, M., Kondo, K., Takahashi, K. and Nakata, N. : Spinach yield and nutritional quality affected by controlled soil water matric head, *Agricultural Water Management*, 51, 217-229（2001）
- 7) 井上光弘：土壌水分制御による砂ベッドおよび砂野菜栽培，平成17年度農土学，要旨集，66-67（2005）
- 8) Inoue, M., Irshad, M., Saito, T., Yamazaki, S. and Fujimaki, H. : Evaluating the Accuracy of Dielectric Moisture Probes under Saline Condition, 2nd International Salinity Forum, 92-93, Adelaide, Australia（2008）
- 9) Inoue, M., Ould Ahmed, B. A., Saito, T. and Irshad, M. : Comparison of twelve dielectric moisture probes for soil water management under saline conditions, *American Journal of Environmental Sciences*, 4(4), 367-372（2008）
- 10) Inoue, M., Ould, Ahmed, B.A., Yamazaki, S., Saito, T., Irshad, M. and Uzoma, K.C. : Comparison of three dielectric moisture sensors for measurement of water in saline sandy soil, *Soil Use and Management*, 24, 156-162（2008）
- 11) Ould Ahmed, B.A. and Inoue, M. : Increasing crop productivity using a porous amendment in sandy soil, *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7(2), 546-550（2009）
- 12) 井上光弘・西原英治・Itabari, J.K.・Kathuli, P.・Matimbii, S.M. : ケニア砂質土壌の定水位地中灌漑を用いた節水型野菜栽培の実証評価。2010年土壌物理学大会，鳥取（2010）
- 13) 井上光弘・西原英治：ケニア砂質土壌におけるリサイクル資材を用いた節水型地中灌漑と安価なバケツ点滴灌漑との比較，日本砂丘学会第57回全国大会，宮崎（2011）
- 14) 松添直隆・和島孝治・岡野晃子・井上光弘・近藤謙介・園師一文：毛管給液を用いたサンドポニックス式砂栽培システム，日本砂丘学会第57回全国大会（2011）
- 15) 井上光弘・井上知恵・清水知樹・財原大地・山根徹：省力型定水位自動地中灌漑法の開発—ハウス内の節水型野菜栽培への適用と問題—，日本砂丘学会第59回全国大会，東京（2013）
- 16) Saito, T., Fujimaki, H., Yasuda, H., Inosako, K. and Inoue, M.: Calibration of temperature effect on dielectric probes using time series field data. *Vadose Zone Journal*, 12, doi:10.2136/vzj2012.0184（2013）