奨励賞受賞研究要旨

セル成型苗個体群における物質およびエネルギー輸送の微気象学的解析

渋谷 俊夫

大阪府立大学大学院農学生命科学研究科

Micrometeorological Analysis of Mass- and Energy-Transfer of Plug-Transplant Sheets

Toshio SHIBUYA

*Graduate School of Agriculture and Biological Science, Osaka Prefecture University,
Gakuen-cho 1-1, Sakai, Osaka 599-8531, Japan*

はじめに

セル成型苗とは数十から数百個のセルによって区切られた 300×600 mm 程度の大きさのトレイを用いて育成された苗で、育苗の合理化、移植作業の省力化ができることから、現在その利用は世界的に普及している。セル成型苗生産現場では、均一で良質な苗を育成するために厳密な生育管理が必要とされており、そのための物理環境調節に多くの労力が費やされている。環境調節による苗の生育調節をよりの確に行うためには、各環境要素と苗の生育、さらには光合成や蒸発散を含む、苗と周辺大気との間の物質およびエネルギー輸送との関係を正確に把握することが重要であるが、これまで生産現場レベルにおけるこれらの実態はほとんど把握されていなかった。本研究では、セル成型苗が高密度の個体群を形成して育成されていることに着目し、これまで作物群落や森林などで用いられてきた微気象学的方法による物質およびエネルギー輸送の計測方法を応用することで、セル成型苗個体群の物質およびエネルギー輸送を動的に計測・解析した。さらに、これら計測方法および計測結果の育苗技術への応用として、蒸発散計測にもとづく自動灌水装置を試作した。

研究の概要

微気象学的方法と秤量法を組み合わせることによって、セル成型苗個体群（苗、培地およびトレイを含む系と定義し、以下、苗個体群とよぶ）の純光合成速度、

蒸発散速度、顕熱および潜熱輸送速度を苗周辺の環境を乱さずに連続計測する方法を考案した。苗個体群上 2 高度の CO₂ 濃度、露点温度、気温および苗個体群重量を赤外線式 CO₂ 分析計、露点計、熱電対および電子天秤を用いてそれぞれ連続計測した。露点温度と気温から絶対湿度を求めた。苗個体群重量の時間変化から蒸発散速度を求めた。蒸発散速度を苗個体群上の絶対湿度勾配で除することによって苗個体群上の拡散係数を求めた。その拡散係数が CO₂ および熱に関する拡散係数とほぼ等しいと仮定して、拡散係数と苗個体群上の CO₂ 濃度勾配から苗個体群の純光合成速度を、拡散係数と苗個体群上の気温勾配から顕熱輸送速度を求めた。蒸発散速度から潜熱輸送速度を求めた。このように、本計測方法は比較的少ない計測要素からセル成型苗個体群の物質およびエネルギー輸送速度を連続計測できる。

上記の計測方法を用いて温室内におけるトマト苗個体群の物質およびエネルギー輸送速度を連続計測した。その結果、苗の生育にともなう苗個体群構造の変化によって、苗個体群上における境界層抵抗が大きくなり、苗個体群と大気との間の CO₂ の拡散が抑制されることが示唆された。このことから、気流制御によって、苗個体群への CO₂ 供給を促進することで、苗の CO₂ 同化効率を上げることができると考え、人工光を用いた風洞内において気流速度を段階的に調節して純光合成速度および蒸発散速度の計測をおこなった。その結果、気流速度は苗の純光合成速度および蒸発散速

度に大きく影響を及ぼし、その影響は個体群の構造によって大きく異なることが明らかとなった。

セル成型苗の培地量は極端に少なく、培地の水分状態が変動しやすいことに注目して、人工光下で培地の水分状態の変動にともなう純光合成速度、蒸発散速度、顕熱および潜熱輸送速度を計測した。その結果、これらの値は永久しおれ点付近の培地含水率において、比較的小さな培地の水分状態の変化で大きく変動することが示唆された。これらの変動は苗の水ストレス状態に対応したことから、この計測方法によって、非接触で連続的に個体群単位での苗の水ストレス状態を推定できると考えた。これらの研究結果の育苗技術への応用として、苗個体群の連続秤量によって求めた積算蒸発散量から灌水時期を決定し、培地の含水量をほぼ任意の範囲内に制御する自動灌水装置を試作した。この方法は灌水技術としての実用面だけでなく、培地の水分状態がセル成型苗の生育に及ぼす影響を定量的に調べるための研究方法としても有用であり、さらに苗個体群の連続秤量によって苗の生体重を非接触で経日的に推定できることが示された。

おわりに

以上の研究結果から、セル成型苗という比較的小さな植物個体群での微気象学的方法の有効性、また、その手法の応用による新しい生産管理技術の可能性が示された。苗個体群の物質およびエネルギー輸送は苗個体群上に形成された特有な境界層に大きく依存することから、その実態は複雑であった。生産現場レベルにおいてこれらの実態を詳細に把握することは、苗生産現場におけるさまざまな微気象現象を理解する上で役立つものと考えられる。

このたび、これらの研究業績を評価いただき、荣誉ある日本生物環境調節学会奨励賞を与えていただいたことを深く感謝申し上げます。受賞対象となった研究業績は、主に千葉大学大学院自然科学研究科博士課程在学中に学位論文として取り組んだものです。本研究の遂行にあたり、千葉大学教授古在豊樹博士には主指導教官として終始適切な御指導、御鞭撻をいただき、

大阪府立大学助教授北宅善昭博士には研究計画、実験手法の細部にわたり多くの御指導をいただきました。謹んで感謝の意を表します。また、生産現場レベルにおける実験や自動灌水装置の試作にあたって、茨城県農業総合センター園芸研究所野菜研究室長鈴木雅人氏には同研究所で研究を遂行するにあたり多くの御支援をいただき、同研究室主任中原正一氏には研究の立案から実験の遂行にわたり多くの御助言、御指導をいただきました。心より感謝の意を表します。

関連論文

- Kitaya Y., Shibuya T., Kozai T., Kubota C. 1998. Effects of light intensity and air velocity on air temperature, water vapor pressure and CO₂ concentration inside a plant canopy under an artificial lighting condition. *Life Support & Biosphere Science*. **5**: 199-203.
- Shibuya, T., Kitaya, Y., Kozai, T. 1997. Dynamic measurements of net photosynthetic and evapotranspiration rates, and sensible and latent heat transfer rates of plug sheets based on micrometeorological and weighing methods. (Japanese text with English abstract) *Environ. Control in Biol.* **35**: 71-76.
- Shibuya, T., Kitaya, Y., Kozai, T. 1997. Changes with time in rates of net photosynthesis, evapotranspiration and sensible and latent heat transfers of the plug sheet after watering. (Japanese text with English abstract) *Environ. Control in Biol.* **35**: 227-234.
- Shibuya, T., Kitaya, Y., Kozai, T. 1997. Development of an automatic watering system for plug seedling production with continuous weighing of the plug sheet. (Japanese text with English abstract) *Environ. Control in Biol.* **35**: 235-239.
- Shibuya, T., Kozai, T. 1998. Effects of air current speed on net photosynthetic and evapotranspiration rates of a tomato plug sheet under artificial light. (Japanese text with English abstract) *Environ. Control in Biol.* **36**: 131-136.
- Shibuya, T., Kozai, T. 2002. Light-use and water-use efficiencies of Tomato plug sheets in greenhouse. (Japanese text with English abstract) *Environ. Control in Biol.* **39**: 35-41.
- Shibuya, T., Kozai, T., Nakahara, M. 1999. Development of an automatic ebb and flood watering system with estimation of evapotranspiration of a plug sheet. (Japanese text with English abstract) *Environ. Control in Biol.* **37**: 57-61.
- Shibuya, T., Nakahara, M. 2003. Development of an automatic watering system with an analog evapotranspiration meter for transplant production. (Japanese text with English abstract) *Environ. Control in Biol.* **41**: 37-41.
- Shibuya, T., Nakahara, M., Kozai, T. 2000. Development of an automatic watering system for plug seedling production with estimation of evapotranspiration by weighing. *Acta Horticulturae* **519**: 37-42.