

施設園芸における果菜生長のモデル化に関する一考察 ～葉菜と果菜の違いに着目した、 モデル化、環境制御に対する課題～

竹内 智晴[†] 太田 一史[†]

三菱電機株式会社 情報技術総合研究所[†]

1. はじめに

ビニールハウスなどの施設園芸や植物工場において、空調や照明機器、灌水設備といった機器を自動制御することによる、農業の自動化が進んでいる。栽培環境制御を自動で行うことにより、農作業の省力化だけでなく、野菜の安定生長や品質向上にも貢献している。そのため、施設園芸の栽培環境制御技術は、農業の大規模化や自動化を目指す農業生産法人などから高い関心を集めており、近年はハウス農業先進である欧州などを中心に盛んに研究開発が行われている。

2. 生長モデルを活用した環境制御

栽培環境を自動制御していくには、栽培状況をセンシングして機器制御にフィードバックする必要がある。現在市販化されている環境制御システムは、気温や湿度といった環境情報のみを収集して機器制御するものがほとんどである。この場合、常に同じ環境を維持管理することは得意である一方、野菜の生長に合わせた細やかな環境調整を行うことは難しく、栽培者による監視や栽培者のノウハウに基づく細やかな設定値の変更が必要となるなどの課題が残っている。

そこで本稿では、野菜生長をモデル化し、センシングした環境情報と野菜の生長モデルとを組み合わせ、新しい環境制御技術について考える。栽培環境制御に野菜の生長モデルを用いることで、例えば、(1)開花日や収穫日などの野菜生長を予測する、(2)実際の野菜生長とモデル生長との比較により生長監視する、(3)モデルベースに環境調節して所定日時に収穫日を調整する、など、IoT(Internet of Things)化による革新的な農業経営が実現すると考えられる。

3. 生長モデルの構築に向けた取り組み

先行的な取り組みとして、施設園芸で栽培される葉菜類(ベビーリーフ)の一種であるルッコラ栽培を対象に、栽培データを収集し生長モデルを構築検討した例がある[1][2]。[1]では、栽培データとして、ルッコラの生長データ(背丈)、環境データ(日射、気温、湿度、CO2濃度など)、機器制御データ(天窓開閉度、空調ON/OFFなど)を収集し、収集データを回帰モデルに当てはめることで葉菜類生長のモデル化の見通しが得られた。

また一方で、施設園芸で最も多く栽培されている果菜類であるトマトについても、生長モデルに関する研究が盛んに行われている。例えば[3]では、植物生理に基づき、ある環境条件下での栽培におけるポテンシャル収量を予測可能な生長モデルを考案した。

本稿では、施設園芸における果菜類の生長制御を実現することを最終目標として、[1]のように生長速度の予測が可能な生長モデルの考案を目指す。

4. 生長特性の違いから見る果菜類の生長モデル構築における課題

果菜類の生長モデル構築にあたり、施設園芸の代表的な作物である葉菜類と果菜類の生長特性を軸に、データ分析・活用の観点からその違いと生長モデル構築に不可欠な要素について考察する。ここで、葉菜類はベビーリーフ系やリーフレタス、サラダ菜などの非結球の葉菜類を、果菜類はトマトやイチゴ、キュウリ、パプリカなどを指す。

■生育ステージ数の違い

葉菜類は、大きくは播種から定植までの育苗期と、定植から収穫までの生長期の2期に大別される。育苗期を除けば生長期の1期のみであり、単純なモデル化で実現できることが推察できる。

一方、果菜類は、育苗期の他、定植から開花前までの葉茎生長期、次々に開花し受粉が進む

Consideration on Modeling the Growth of Fruit Vegetables in Plant Factory: Focusing on the Difference between Leaf Vegetables and Fruit Vegetables

Tomoharu TAKEUCHI[†], Kazushi OTA[†]

[†]Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

開花期、結実し果実が肥大する結実期などに大別される。このように複数の生育ステージを経ての収穫となるため、生育ステージごとの生長のモデル化と各ステージの遷移点を判別することが必要になる。

遷移点の判別はこれまで栽培者のノウハウに頼ってきた部分であり、定植から収穫までを網羅する生長モデルとするには遷移点を自動的に判別する要素が必要である。

■人為作業の要否

ここで、人為作業とは作業者の手で直接行うべき作業であり、2016年現在で自動化できていない作業のことを指すこととする。

葉菜類は、収穫までの間、人為作業を必ずしも持ち合わせておらず、収穫までの間、作業者が野菜に触れることなく収穫を迎えることが可能である。

一方、果菜類は、葉掻きや摘心、摘花など、ある程度の人為作業が必要である。厳密にはこれら人為作業が無くても生長するが、商品としての品質を確保するためには葉掻きや摘花は必須の作業項目であり、またその方針は栽培者のノウハウに直結する。このほか、トマトを例にとると、摘心を行わない場合、理論上無限生長するため、どこかで摘心作業が必要となるなどの生長特性も考慮する必要がある。

このことから、果菜類の生長モデルには作業者の人為作業を何らかの形で考慮可能なモデルにする必要があると考えられる。

5. 果菜類の生長モデル構築に向けた提案

上記の点を踏まえて、果菜類における生長モデル構築方式に関して、統計手法をベースにした以下3点を提案する。

(1) 生育ステージごとに野菜生長を特徴的に表現する要素を選択して生長データとする

各ステージの生長を表す例として、葉茎成長期は背丈や葉枚数など、開花期は開花数など、結実期は果実径などが考えられる。また、実用的なモデルを作成するという観点からは、センサ測定あるいは人為作業により測定可能な項目を選択する必要がある。

(2) 各生育ステージで生長データと環境データを回帰分析により生長モデルを構築する

統計手法の一つである回帰分析を用いることで、栽培の地域性、品種別の特性に依存した制御方針などをも考慮した生長モデルとすることができる。ここでは、植物生理の観点ではなく、回帰分析のように統計ベースのモデル化を行う。このように統計ベースの生長

モデルを構築して自動環境制御を実現していくことは、人為作業を含む熟練者ノウハウのデータ化にも置き換えられ、農作業の技術伝承の観点からも有用な手法となり得る。

(3) 生育ステージの遷移点を現在ステージのモデル式の飽和点や変曲点、あるいは次ステージの発現等をキーに自動判別する

モデル式の飽和点や変曲点を生育ステージの遷移点とする場合は、微分計算等で自動判別可能である。

6. まとめ

本稿では、施設園芸での環境制御において、果菜類の生長モデル構築方針について考察を行った。葉菜類と比べて、果菜類は生育ステージが複数存在すること、人為作業が介在することから、より複雑なデータ収集、活用方法が必要であることを述べた。今後は、実際の果菜類データを収集・分析していくことにより、どんなデータをどのように活用していくべきか検討していく。

参考文献

- [1] 竹内智晴, “植物工場におけるルッコラ栽培の背丈経日変化に関する多変量解析,” 情報処理学会第77回全国大会, pp.517-518, 2015
- [2] 竹内智晴, “植物工場内の環境制御における、制御機器状態と環境変化・作物生長への影響解析,” 2016年電子情報通信学会総合大会, p.229, 2016
- [3] E. Heuvelink, “Evaluation of a Dynamic Simulation Model for Tomato Crop Growth and Development,” Annals of Botany, 83, pp.413-422, 1999

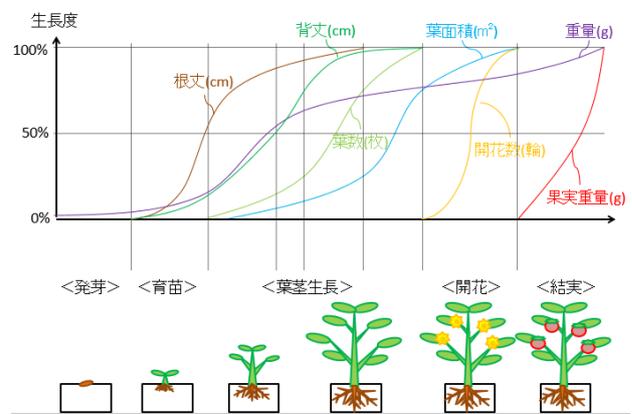


図1 果菜類の様々な生長指標と生育ステージの分割イメージ