人工光型植物工場における栽培条件と収穫量との関係解析

伊藤 有気[†] 長尾 智晴^{††}

† 横浜国立大学 理工学部 † † 横浜国立大学 大学院環境情報研究院

1. はじめに

人工光型植物工場は,生産安定性などの利点がある一方で,重要な課題の一つとして収穫量の向上が挙げられる.人工光型植物工場は高い密閉性を確立し,気象などの不確実性をもつ外的要因から隔離された環境での作物栽培が可能である.したがって,作物成長における不確定要素はほとんどなく,生産性の大部分が工場のシステムに依存する.しかし,人工光の利用や水耕栽培,一定管理された栽培環境といった,露地栽培と大きく異なる条件での栽培の歴史は浅く,各成長要因と成長量との関係解析はいまだ不十分である.そこで,本研究では人工光型植物工場を対象として,温湿度などの栽培条件と収穫量との関係解析を目的に,進化計算を用いて収穫量の予測式を構築する.

2. 提案手法

栽培品種ごとに、栽培期間のセンサ値から収穫量を予測する式を構築する. ここで、作物の成長段階ごとの影響を考慮するため、式(1)に示す構造で収穫量Yの予測式を構築する.

$$Y = \sum_{i=1}^{N} a_i * X_i \tag{1}$$

$$X_i = f(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{ik})$$
 (2)

ここで、式(1)のNは期間分割数であり、播種から収穫までをN個の期間に分割する.添え字iは分割期間のうちi番目の期間を示す。 a_i は定数であり、 X_i は式(2)で算出される.式(2)におけるkはセンサ数であり、 x_{ik} は番目のセンサの、期間i内での平均値である.したがって、予測式は分割期間ごとにセンサ値から算出された値 X_i の線形和の構造をとる.

 X_i の構造,各期間の分割幅,定数 a_i は進化計算法を利用して最適化を行う。 X_i の獲得には,Cartesian Genetic Programming;CGP[1]を用いることで,入力の選択と式の構造とを同時に獲得する.

表1. 環境データ観測項目

項目	単位	場所
溶液水温	$^{\circ}$ C	各ラック/播種育苗場所
溶液 pH	単位無し	各ラック
溶液 EC	dS/m	各ラック
室内温度	${\mathbb C}$	工場内部/芽出場所
室内湿度	%	工場内部/芽出場所
室内 CO2 濃度	ppm	工場内部

表 2. 予測精度(相関係数)

品種	N	学習	テスト
FR(6 株)	4	0.845	0.664
FR(10 株)	3	0.639	0.563
RM	3	0.837	0.742
BS	3	0.811	0.555

3. 実験設定

本実験は、実際に商用運用されている植物工場でデータを観測した。その工場の栽培品種であるフリルレタス (FR)、ロメインレタス (RM)、バジル (BS)の3種類を予測の対象とした。ただし、FRに関しては、パネル当たりの株数の違い(6株/パネル,10株/パネル)があるため、2種類別々に予測式を構築した。実験に用いた収穫量データは2016年8月から2016年12月の間に取得し、その内の2/3を学習データ、残りの1/3をテストデータとした。CGPの入力に用いた栽培環境の項目を表1に示す。出力は、栽培日数を説明変数、収穫量を目的変数にして指数回帰を行い、その回帰式からの残差割合とした。期間分割数Nは各品種1から5までの値を試し、最も結果のよい値を採用した。

4. 実験結果

予測式の構築をそれぞれ 10 回ずつ行い,各試行での正解値と予測値との相関係数の平均値を表 2 に示す. FR(10 株)を除いて,強い相関での予測式を獲得することができた.

予測式は、成長の初期段階の環境要因が出力に大きく影響するものが多く生成された.また予測に使用される入力項目にも偏りがあり、全品種共通で溶液水温の採用頻度が比較的高かった.また品種ごとの違いも確認でき、FR(10株)は室内温度、BS は溶液 EC が多く採用された.

5. まとめ

人工光型植物工場における,栽培条件から収穫量を予測する式を構築した.今回は現状の栽培条件と収穫量との関係解析が目的であったが,今後は収穫量向上のために,栽培環境の最適化を行う予定である.

謝辞

本研究遂行にあたって解析用データのご提供や結果の評価などで多大なご協力を頂きました株式会社プランテックスの山田耕資様,秋山卓二様,大嶋一孝様,坂口俊輔様をはじめご関係の皆様方に深く御礼申し上げます.

参考文献

[1] Julian F.Miller, Peter Thomson: Cartesian Genetic Programming. Processing of the Third European Conference on Genetic Programming (EuropeGP2000). LNCS, Vol.1802,pp121-132,2000.