

植物の環境応答と生態的トレードオフ

生命環境科学研究科 教授 渋谷 俊夫

植物は環境の変化に対して形態や生理的特性を柔軟に変化させることができる。このような生態をうまく利用できれば、環境調節によって生産者の都合に合わせて植物の生育を制御することができる。しかし、そこには光合成産物の分配にとまとうトレードオフが生じることがある。このことを植物の遠赤色光に対する応答を例にして説明したい。

植物は、蛍光灯や白色LEDの照射光のような遠赤色光の少ない光を受けると、強い光を受けたときのような応答を示す。この応答は植物の質的要素を向上させることがある。例えば、遠赤色光の少ない照射光下では、葉が厚くなり、それにとまなって単位面積あたりの光合成能力や病虫害に対する抵抗性が向上する。

しかしその一方で、葉の拡大が遅くなり、受光面積が小さくなることで、成長が遅くなる。これは、光合成産物の分配を質的要素の向上に優先させた代償として、量的成長が制限されたためであり、このとき量的成長と質的要素はトレードオフの関係になる（図1）。

植物の環境応答において、量的成長と質的要素にトレードオフが生じることが、速い成長と高い品質を両立させることが難しいことを意味する。植物はさまざまな環境に順応しながら生活しており、その過程で限られた光合成産物を有効に活用するための選択を行っている。このような生態を理解することは、環境調節によって植物生育を好適に制御するために重要である。

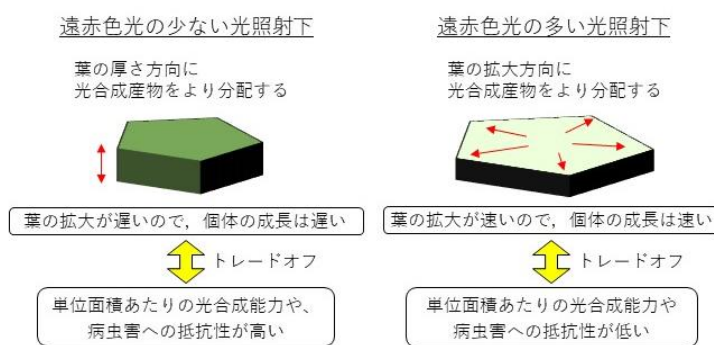


図1 照射光中の遠赤色光によって生じる生態的トレードオフ

アグリビジネス創出フェア 2021 出展報告

昨年、新型コロナウイルスの影響で開催が見送られたアグリビジネス創出フェアが、今年度は感染対策を行い東京ビッグサイト青海展示棟にて11月24日(水)から26日(金)の3日間、盛況に開催した。大阪府立大学植物工場研究センター(PFC)も1ブース出展した。コロナ禍であるため、オンライン出展も併用した形での開催となり、約130の企業や研究機関が出展した。

PFCとしては、PFCの概要説明、物質循環プロジェクトよりアクアポニックスの研究紹介、最適化空調プロジェクトよりチップバーン対策の研究紹介等を行った。

開催期間中、PFCのブースには約130名の方が訪れ

活発な意見交換がなされた。なお、アクアポニックス研究は、主催者側企画のビジネスチャンス発掘ツアー「地域水産資源の活用に向けた新技術開発の現状と課題」の見学対象の1つであった。(文責 北宅・下釜)



出展ブース

PFC セミナー I 「はじめのいっぽ栽培研修」 開催報告

PFC セミナー I が 10 月 5 日から 11 月 9 日まで計 7 日の日程で開催された。昨年度はコロナ禍により開催が見送られ、今年度も第 5 波の影響が開催直前まで続き、開催が危ぶまれる状況であったが、無事開催することができた。



実習風景

これを読まれている方のほとんどはご存知と思われるが、PFC セミナー I は、3 つある PFC セミナーの基礎編という位置づけで、人工光型植物工場での植物栽培に必要な基本的な知識を学ぶための講座である。例年、1 時間程度の講義の後に実習を行うカリキュラムとなっており、実習では、C20 棟ユニバーサル室に設置してある LED 付き栽培棚でリーフレタスを養液栽培し、播種、培養液の作成、定植、収穫といった一連の工程を体験する。今回の実習では実験的な要素も取り入れ、例年 1 水準だった栽培棚の光強度を 2 水準とし、葉の厚さや、収穫物の新鮮重の違いから、光環境の違いが植物に与える影響について実感してもらった。また、温度や培養液濃度、栄養組成を変えた条件下で講師が栽培した植物を観察してもらい、環境制御の重要性について視覚的に認識してもらった。



栽培風景

講義内容についても、新たな試みとして、古典的な成長解析を取り上げ、生産生理学的な視点を加えたほか、受講生に Excel を用いて簡単な統計処理を行ってもら

い、数値の意味について説明を加えた。



講義風景

受講生は 6 名で、コンソーシアム会員だけではなく個人の応募による参加もあり、社会の植物工場事業への関心の高さがうかがわれた。6 名それぞれバックグラウンドや興味、関心、受講目的が異なるため、なるべく多く質問できる機会と時間をとるよう努めた。受講生と個別にじっくりと話す機会が持てるという点は、少人数で行われる本セミナーの利点である。植物を栽培した経験がない受講生がほとんどであったが、皆手際がよく、大きな失敗も起こらずに、無事収穫を迎えることができた。受講生 6 名には、北宅センター長から 1 人ずつ修了証書が授与された。



修了式

既に PFC のホームページにも告知されている通り、PFC セミナー I は、年明け 1 月 18 日から今年度 2 回目の開催が予定されている。本報告にあるような、10 月に実施した内容を基本とするが、受講生のバックグラウンドや興味、関心あるいは受講目的により適宜アレンジを加え、満足度の高い講義を提供したいと考えている。興味のある方は是非ご参加されたい。

(文責 江口)

「大規模施設園芸・植物工場実態調査・事例調査」報告

(令和3年3月発行) その4 最終

前号に続き、一般社団法人日本施設園芸協会からの報告(続き)を日本施設園芸協会の許可を頂いて連載します。

③ 事業安定化までに要した年数

事業安定化までに要した年数では、全体で37%(26件)の事業者が3年以内に事業を安定化したと回答しているが、直近の決算で黒字もしくは収支均衡となっているのはそのうちの24件となっている。



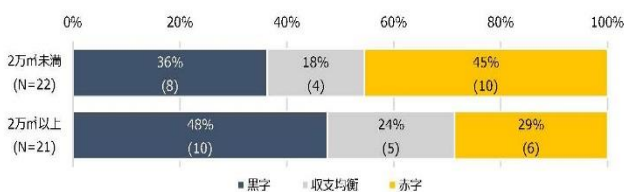
図表 38 事業安定化までに要した年数

④ 栽培実面積別決算

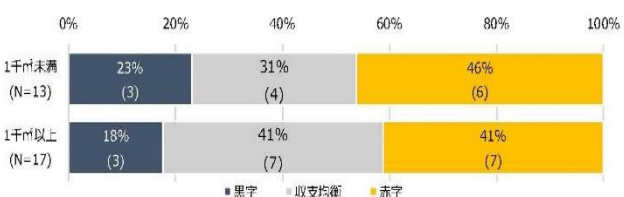
栽培実面積(主要品目)ごとに収支状況をみると、太陽光型でも人工光型でも栽培実面積が大きいほど黒字・収支均衡の割合が高くなる傾向にあることがわかる。

太陽光型で2万㎡以上の面積がありながら赤字としている事業者は、面積に比例して設備投資額も大きくなることから、減価償却費の負担も影響していると推測される。

人工光型で1,000㎡以上の面積がありながら赤字としている事業者7件の栽培開始年には幅があり、因果を推測することは難しい。



図表 39 栽培実面積別決算(太陽光型)

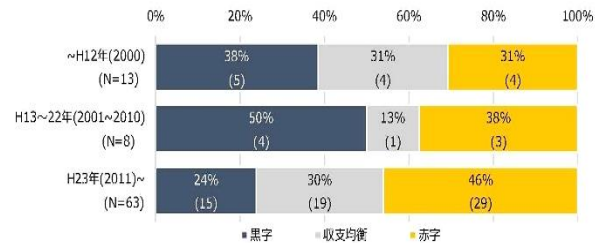


図表 40 栽培実面積別決算(人工光型)

⑤ 栽培開始年別決算

施設の決算状況を栽培開始年ごとにみると、黒字化している施設の割合は、平成12年(2000年)以前から栽培を開始した施設では38%、平成13~22年(2001~2010年)に栽培開始した施設では50%となっている。一方で、平成23年(2011年)以降に栽培を開始した施設では、黒字化している施設の割合は24%にとどまり、赤字の割合が46%となっている。

2011年以降に栽培開始した施設と比較して、2010年以前から栽培している施設は、赤字施設の割合が低く、生産の安定化が影響していることが推測される。



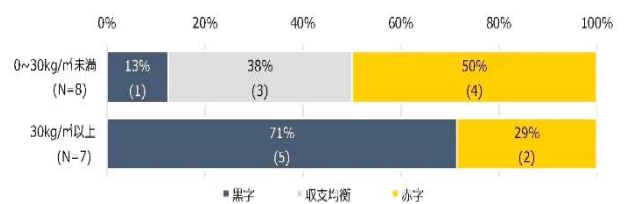
図表 41 栽培開始年別決算(全体)

⑥ 単収別決算

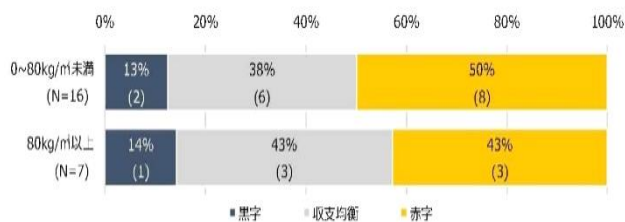
下図は、太陽光型トマト栽培及び人工光型レタス類栽培において、単収別の決算を示したものである。それぞれ回答者の平均単収(太陽光型トマト:29.5g/㎡、人工光型レタス:79.0kg/㎡)を境に、単収の高いグループと低いグループとに分けて決算を集計した。

サンプル数が少ないため参考値ではあるが、単収の高いグループの方が黒字とする割合が高い。トマトでは、30kg/㎡以上の事業者の71%が黒字である。

また、レタスでは、トマトと同様に単収の高いグループのほうが黒字とする割合が若干高いが、赤字も43%と、80kg/㎡と比較してそれほど差がない。



図表 42 単収別決算(太陽光型・大玉トマト)



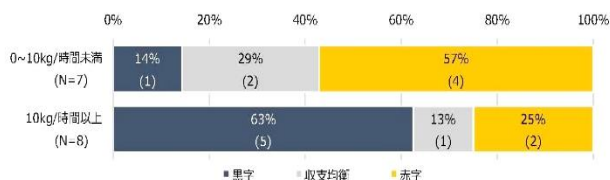
図表 43 単取引別決算 (人工光型・レタス類 (ベビーリーフを除く))

⑦ 労働時間当たり収量別決算

太陽光型大玉トマト栽培及び人工光型レタス類栽培 (ベビーリーフを除く) について、労働時間当たり収量別の決算を示した。それぞれ労働時間 (1 時間) 当たり収量の平均 (太陽光型大玉トマト: 9.7kg/時間、人工光型レタス (ベビーリーフを除く): 5.7kg/時間) を境に、労働時間当たり収量の高いグループと低いグループとに分けて決算を集計した。

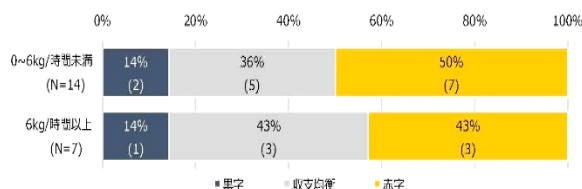
サンプル数が少ないため参考値ではあるが、労働時間当たり収量が高いグループの方が、黒字とする割合が高い。

なお、太陽光型大玉トマト栽培については、決算別に労働時間 1 時間当たり収量の平均をみると、黒字事業者で 12.5kg/時間、収支均衡事業者で 7.3kg/時間、赤字事業者で 7.6kg/時間であった。



図表 44 労働時間当たり収量別決算 (太陽光型・大玉トマト)

また、人工光型レタス栽培 (ベビーリーフを除く) について、決算別に労働時間 1 時間当たり生産量の平均をみると、黒字で 5.0kg/時間、収支均衡事業者で 7.6kg/時間、赤字事業者で 4.8kg/時間であった。

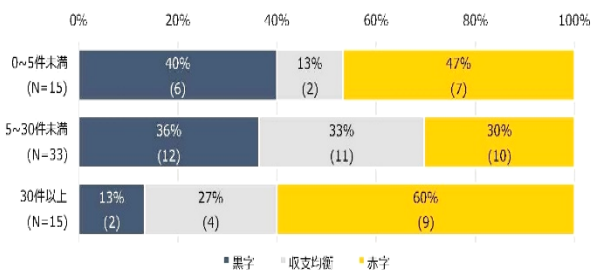


図表 45 労働時間当たり収量別決算 (人工光型・レタス類 (ベビーリーフを除く))

⑧ 取引先件数別決算

取引先件数が大きくなると、黒字とする事業者が少なくなる傾向が見られる。これは昨年度とは異なる傾向である。今年度は新型コロナウイルスの影響により、

市場向け、外食卸などの販路の状況が厳しかったが、このような販路に直接販売している事業者では大きな影響があったものと推測される。



図表 46 取引先件数別決算

(4) コスト構造

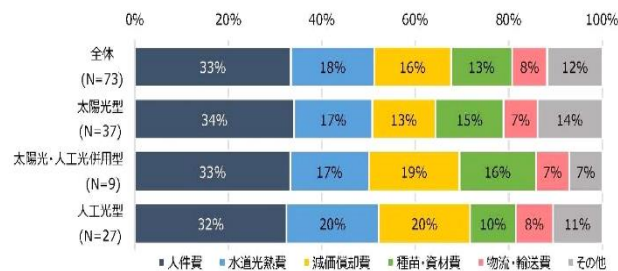
① 栽培形態別コスト比率 ⑥

収支要因の一つである費用面の分析として、事業者のコスト構造分析を行う。

全体で最もコストの割合を占めているのは、人件費 (33%) であり、栽培形態別に見ても、太陽光型、併用型、人工光型のいずれも約 32~34% を人件費が占める。

次いで、全体で見たときにコスト割合が高いのが水道光熱費 (18%) である。特に人工光型では、水道光熱費の占める割合が他の栽培形態と比較して高い (20%)。

なお、「その他」の費目には、修繕費、技術開発費などが挙げられている。

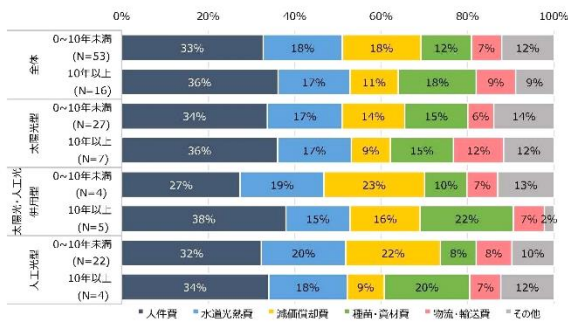


図表 47 栽培形態別コスト比率

② 栽培年数別コスト比率

栽培年数別にコスト構造をみると、栽培年数が 10 年以上の事業者では、10 年未満の事業者と比較して、減価償却費の割合が大きく低下している。これは各栽培形態通じて同様である。ハウス及び各種設備の償却期間を終えたことで、費用負担が減少していることがわかる。

なお、その他のコストの内訳としては、保険料、地代・施設賃料、指導料などが挙げられている。



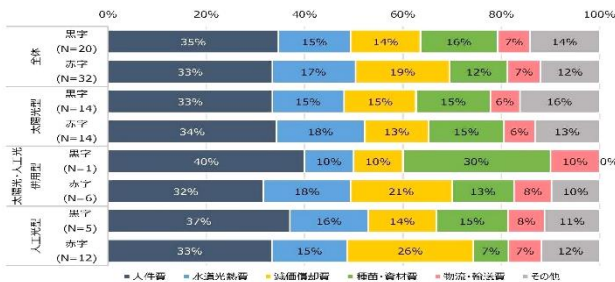
図表 48 栽培年数別コスト比率

③ 決算別コスト比率

決算別にコスト構造を比較したものが下図である。黒字・赤字事業者間で、「その他」を除きコスト割合の差が大きいのは、減価償却費である。

また、黒字・赤字事業者間で大きな変化がないのは、物流・輸送費で、これらはどちらにも等しく負担になっていることがわかる。

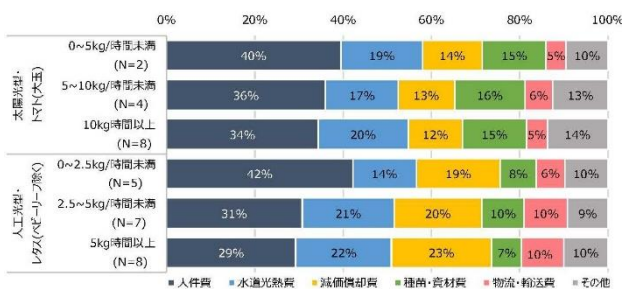
黒字としている事業者の「その他」の内訳には、修繕や研究開発などの内訳が挙げられており、変動費のコストを削減した上で、栽培環境の向上を図っていることが推測される。



図表 49 決算別コスト比率

④ 労働時間当たり収量別コスト比率

太陽光型のトマト栽培（大玉トマト）と人工光型のレタス栽培（ベビーリーフを除く）について、労働生産性（労働時間 1 時間当たり収量）の水準に応じたコスト構造を示したのが下表である。時間当たり収量が増えるほど、人件費の割合が減る傾向がみえる。



図表 50 労働生産性別コスト比率

3. 1. 施設数の推移

実態調査の一環として、高度な環境制御を行う植物工場・大規模施設園芸の施設数を整理した。本調査の対象は、生産物の販売を目的として運営している事業者とし、研究開発や展示のみを目的とした施設、自家消費用の植物（苗を含む）を生産している施設は対象とされていない。また、太陽光型は、施設面積が概ね 1ha 以上で養液栽培装置を有する大規模施設を対象とした。

なお、施設数は平成 21 年 3 月時点から集計しているが、太陽光型は必ずしも網羅的に把握できていない可能性があり、また平成 28 年度調査から、施設面積が概ね 1ha 以上で養液栽培装置を有する施設に限定した。そのため、施設の規模などが確認できない施設は、リストに掲載しないこととしたため、参考値としている。

情報源は、各種新聞やニュースリリース、一般社団法人日本施設園芸協会が持つ情報をもとにしている。また、実態調査の回答者以外についても、原則として令和 3 年 2 月時点での施設整備、操業状況を把握できた範囲で整理した。

これによると、太陽光型は 170 箇所、人工光型は 187 箇所、太陽光・人工光併用型は 33 箇所であった。昨年度と比較して、太陽光型は 3 件が事業停止等で減少し、9 件の増加、併用型は 2 件の事業停止等での減少、人工光型は 5 件の事業停止等での減少と同数の新規増加によるものである。

図表 51 施設数の推移

調査時期	太陽光型	太陽光人工光併用型	人工光型
令和 3 年 2 月時点	170 箇所※1	33 箇所	187 箇所
令和 2 年 2 月時点	164 箇所※1	35 箇所	187 箇所
平成 31 年 2 月時点	160 箇所※1	30 箇所	202 箇所※2
平成 30 年 2 月時点	158 箇所※1	32 箇所	183 箇所
平成 29 年 2 月時点	126 箇所※1	31 箇所	197 箇所
平成 28 年 2 月時点	79 箇所※1	36 箇所	191 箇所
平成 27 年 3 月時点	195 箇所	33 箇所	185 箇所
平成 26 年 3 月時点	185 箇所	33 箇所	165 箇所
平成 25 年 3 月時点	151 箇所	28 箇所	125 箇所
平成 24 年 3 月時点	83 箇所	21 箇所	106 箇所

※1 平成 27 年度以降の「太陽光型」は、施設面積が概ね 1ha 以上で養液栽培装置を有する施設（大規模施設園芸）に限る。

※2 平成 31 年度の「人工光型」は、研究開発や展示目的等のものも含まれていた可能性がある。

6) 当項目における「コスト比率」は、調査票において全コストに占めるそれぞれの費用の割合を数字で記入してもらったものを整理したものであり、実際の金額をもとに分析したものではない。

3. 大規模施設園芸及び植物工場の施設数