

高設栽培における排水率を抑制した紅ほっぺの栽培検証

VERIFICATION OF A SYSTEM FOR GROWING “BENIHOPPE,”—A TYPE OF STRAWBERRY—BY CONTROLLING THE DRAINAGE OF NUTRIENT SOLUTIONS

三浦玄太*1, 長幡逸佳*2, 富貴丈宏*1, 中島広志*1, 田中 徹*3
 Genta MIURA, Itsuka NAGAHATA, Takehiro FUKI, Hiroshi NAKAJIMA, Tooru TANAKA

In an effort to curtail the environmental load caused by drainage from an elevated cultivation bed of strawberries, we have examined effect on the growth of strawberry for the following two cases using an automatic nutrient solution feeder system—one to control the drainage of nutrient liquids and another to restrict drainage.

Although the case of controlling the drainage was observed to fluctuate on a daily basis, it was learned that the introduction of an automatic nutrient liquid supply system makes it possible to control the drainage flow rate.

In cultivation by controlling the drainage rate, the yield decreased 5 to 7% which is less than that for commonly used systems of drainage management. Past reports have indicated that cultivation while controlling the drainage flow rate decreased the yield by about 40%. However, in this project, the decrease of the yield was much smaller. The reason for such a difference is considered to consist in the methods of supplying nutrient liquids. The decrease in the yield was successfully curbed by a more minute adjustment of the nutrient supply than in the past research projects.

The cultivation management we adopted in this project enabled us to establish an ideal growing environment for plants thanks to the merits of an automatic nutrient supply system, and we concluded that it is possible to grow the plants more efficiently in terms of the yield and sugar content by controlling the drainage flow rate.

Keywords : *Elevated Cultivation, Drainage Rate, Yield, Sugar Content, Automatic Nutrient solution Feeder*
 高設栽培, 排水率, 収穫量, 糖度, 自動養液供給装置

1. はじめに

圏央道常総インターチェンジの周辺地域では、常総市が中心となって、「常総市圏央道常総 IC 周辺地域整備事業（アグリサイエンスバレー構想）」を推進している。本事業は、農作物生産を行う農地エリアと道の駅や食品関連施設などを誘致する都市エリアを集積し、生産から加工・流通・販売までを行うことで農業の 6 次産業化を実現しようとするものである。当社は事業協力の一環として栽培技術や農業経営ノウハウの蓄積、地元住民の施設園芸への理解推進・普及促進を目的に「TODA 農房」を建設し、2017 年より運営を行っている。

写真 1 に TODA 農房でのイチゴ高設栽培の状況を示す。

TODA 農房では地面から隔離したベッドに液体肥料（以下、養液）を供給する高設栽培方式を採用している。高設栽培では植物の養分吸収量の確認と培地の乾燥防止の観点から、養液供給量に対して 20~40%が排水となるよう管理することが一般的となっている。¹⁾²⁾

図 1 に排出された養液の移動経路例を示す。

使用されなかった養液は農業用排水路への放流や地下浸透によって栽培施設外へ排出される。養液に含まれる栄養分が河川や海洋に流れ込むと富栄養化を引き起こし赤潮等の原因となる。また窒素が過剰に含まれた水を飲用すると乳児のメトヘモグロビン血症等を引き起こすといわれている。³⁾

そこで本報告では、イチゴの高設栽培による環境負荷低減を図ることを目的に、自動養液供給装置を用いて排水率を抑制した場合、イチゴの生育に及ぼす影響について検討を行った結果を報告する。



写真 1 イチゴ高設栽培の状況

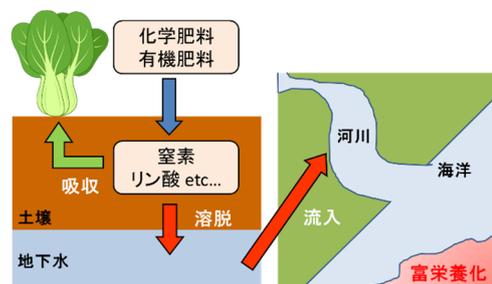


図 1 排出された養液の移動経路例

*1 戸田建設株式会社技術開発センター 修士（農学）

*2 戸田建設株式会社技術開発センター

*3 戸田建設株式会社技術開発センター 修士（工学）

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M.Agr.

Research and Development Center, TODA CORPORATION,

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M.Eng.

2. 栽培施設・設備

試験は TODA 農房の連棟型軽量鉄骨ハウス内に設置した高設栽培ベッドの一部を利用して実施した。

写真2に本試験で使用した栽培ベッドの状況を示す。

栽培ベッドはスチロール製の容器に培地としてヤシガラを充填したものを使用した。ヤシガラは土壌と比較して軽量で、通水性、通気性が高い特徴を有している。

写真3に本試験で使用した自動養液供給装置（製品名「ゼロアグリ」株式会社ルートレック・ネットワークス 製）を示す。

本装置は、土壌水分量と日射量予報をもとに植物が必要とする養液量の予測および供給を自動的に行い、過剰な養液供給を抑制する。図2に供給方法の違いによる土壌水分の状態変化模式図を示す。⁴⁾ 人手による散水やタイマーによる供給と比較すると、本装置は土壌水分を最適範囲となるように養液を供給し、土壌水分が過不足となる状態を防ぐことができる。

なお、本装置は土壌を利用した施設栽培を対象に開発されており、高設栽培への適応に関しては検討されていない。



写真2 高設栽培ベッドのヤシガラ培地充填状況



写真3 自動養液供給装置と自動灌水施肥⁴⁾

3. 栽培検証

3.1 検証内容

本報告では下記の2項目について検証を実施した。

- ① 排水率制御調査
自動養液供給装置を高設栽培で使用した際、目標とする排水率に制御することが可能であるか検証する。
- ② イチゴの生育調査
排水率を抑制した管理を実施した際、イチゴの収穫量や糖度への影響を検証する。

3.2 試験水準

表1に設定した処理区を示す。

試験は目標排水率20%、10%、5%の3水準を設定した。なお、目標排水率0%の処理区を設定しなかった。この理由は、排水が全く無い場合イチゴに必要な水分の過不足の判断や機械的な制御ができなくなると予測されたためである。養液は大塚A処方を使用し、窒素100ppmとなるように供給した。なお、大塚A処方はOATアグリオ株式会社(旧 大塚アグリテック株式会社)が製造する養液栽培用肥料の中で最も一般的な配合のことを指しており、窒素：リン酸：カリウム=260：120：405の重量比率で含有している。

3.3 試験栽培品種

栽培品種は「紅ほっぺ」を使用した。「紅ほっぺ」は大果系の品種として知られ⁵⁾、TODA 農房では設立時から主に贈答用として栽培しており、栽培ノウハウも蓄積している。

3.4 栽培方法

定植は2019年9月中旬に幅26cm×深さ16cm×長さ25mの高設栽培ベッドへ株間30cm、2条千鳥植えて実施した。収穫調査は1ベッドに166本ある苗のうち、20株を対象とした。

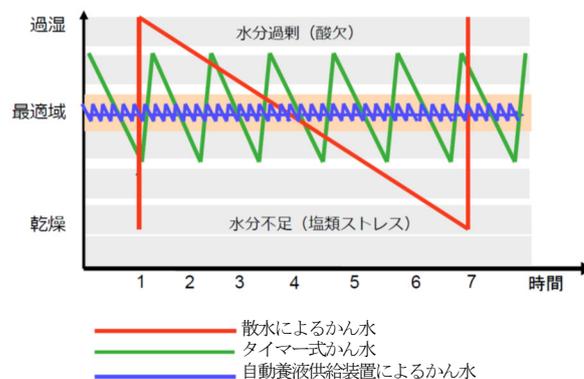


図2 供給方法の違いによる土壌水分の状態変化模式図²⁾

表1 処理区設定

| 処理区 | 品種 | 調査株数 |
|-----------|------|------|
| 目標排水率 20% | 紅ほっぺ | 20株 |
| 〃 10% | 〃 | 〃 |
| 〃 5% | 〃 | 〃 |

3.5 調査項目

1) 排水率制御調査

高設栽培において自動養液供給装置を利用した排水率制御の可否を確認するために、給水量および排水量の調査をおこなった。給水量は自動養液供給装置に備え付けられているデータロガーを使用して記録した。

写真4に排水率調査の状況を示す。

排水量は栽培ベッド末端にタンクを設置し、貯まった排水の水深を毎日測定し、前日との差から日毎の排水量を算出した。排水率は、給水量を排水量で除して算出した。



写真4 排水量調査

2) イチゴの生育調査

生育調査は週3回、TODA 農房で出荷しているものと同程度の熟度（80～100%着色）の果実を対象として実施した。収穫量は処理区ごとに20株分の収穫した果実重量を測定した。糖度は収穫した果実のうち、20g前後の90%程度着色した果実の中から無作為に3粒選定し、果実先端部分の果汁を絞り糖度計（製品名「PAL-1」株式会社アタゴ製）で測定した。

3.6 調査期間

イチゴの生育調査は2019年12月24日～2020年3月24日の約3か月間実施した。

4. 調査結果および考察

4.1 排水率制御調査

表2に測定期間中における各処理区の実際の排水率を示す。

期間中の平均排水率は、目標排水率20%処理区では23%、目標排水率10%処理区では13%、目標排水率5%処理区では3%となり、設定した目標値±3%に収まる結果となった。

図3に1株当たりの給水量の日時変化、図4に1株あたりの排水量の日時変化、図5に排水率の日時変化をそれぞれ示す。

各処理区における給水量、排水量、排水率の推移は、日によってばらつきが発生した。特に曇雨天の日の前後に排水率の上下動が発生する傾向にあった。

植物は主に蒸散（葉の気孔や茎から水分を蒸発させる作用）をすることによって根から水分を吸い上げているが、曇雨天の日は日射量や気温上昇が抑えられるため植物の蒸散量が減少する⁶⁾。この結果、晴天日と比較して曇雨天の日には培地中の水分は植物に利用されず、飽和に近い状態で維持される。このような状態で自動養液供給装置から養液供給が始まると培地が水分を保持しきれなくなり、一時的に排水率が増加すると推察される。

以上より、排水率は日単位でのばらつきは発生はあるものの、調査期間全体では目標設定した値に近い結果となった。したがって、自動養液供給装置を使用した排水率制御は、高設栽培でも可能であることが明らかとなった。

表2 期間中平均排水率

| 処理区 | 平均排水率 |
|-----------|-------|
| 目標排水率 20% | 23% |
| 〃 10% | 13% |
| 〃 5% | 3% |

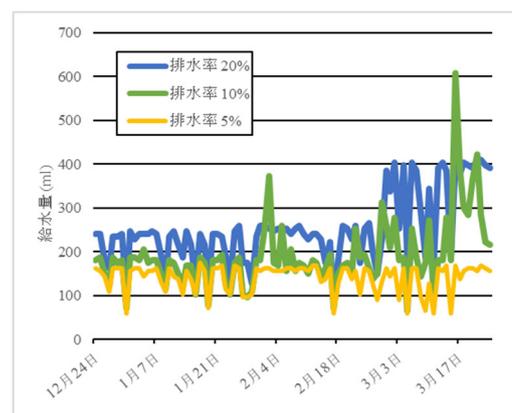


図3 1株当たり給水量の日時変化

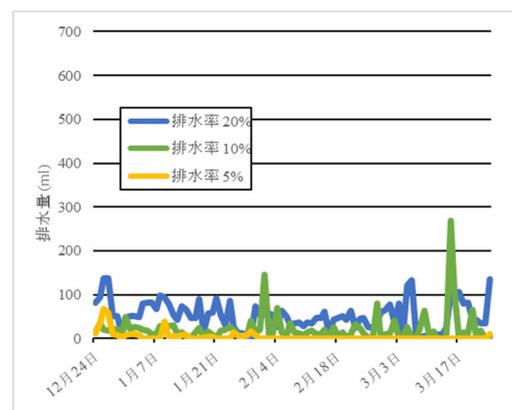


図4 1株当たり排水量の日時変化

4.2 イチゴの生育調査

表 3 に測定期間中の平均収穫量および平均糖度を示す。

目標排水率 20% 処理区を基準として比較すると、目標排水率 10% 処理区および 5% 処理区では収穫量が 7% 減少した。

既往の研究と比較すると、福田らの研究では、品種「さがほのか」を用いて、排水率を 5~10% にして栽培した場合、排水率を 20% 程度で管理した場合と比較して、収穫量が約 4 割減少したと報告されている。本報告は、福田らの報告よりも収穫量の減少幅が低減されていることがわかる。栽培に用いた品種が異なるが、より大きな影響因子は養液の供給方法の違いによるものと推察される。本報告では、自動養液供給装置を用いて土壌の水分量と日射量予測に応じて供給量を毎日調整しているが、福田らの研究では、供給量を毎日制御していない。イチゴは培地の水分欠乏に対する耐性が低く、果実肥大期の水ストレスは軽度であっても収穫量減少を引き起こすといわれている⁹⁾。排水率を抑制した栽培管理を実施する場合、土壌水分量や日射量に関わらず設定時刻に一定量の養液を供給するタイマー式供給方法は、湿潤・乾燥といった水ストレスが大きく収穫量減少に繋がると推察される。一方、本報告で使用した自動養液供給装置のように土壌水分量や日射量を加味した養液供給制御を実施することで、水ストレスが低減されるため収穫量を確保することが出来たと考えられる。

以上より、収穫量確保と排水率低減を両立するには、栽培環境を考慮した日々の養液供給制御が必要だと考えられる。

図 6 に測定期間中の 1 株当たりの収穫量の推移を示す。

目標排水率 20% および 10% 処理区は、同様の推移を示した。一方、目標排水率 5% 処理区は調査期間初期において他の処理区よりも収穫量が増加した。ただし、調査期間後期には 5% 処理区の収穫は鈍化し、他の処理区よりも収穫量が減少した。

図 7 に測定期間中の糖度の推移を示す。

糖度の推移は各処理区の間には明確な違いは認められなかった。

イチゴは根の酸素要求量が多い作物であるため⁹⁾、根の周りの水分量が過湿になると酸欠を引き起こし、収穫量が減少する可能性がある。調査期間初期の培地環境は目標排水率 5% 処理区の培地中の水分状況が生育に適切な環境となっていたと考えられる。調査期間後期において収穫量が逆転したことについては、3 月初旬ごろから蒸散が活発になり、目標排水率 5% 処理区は水分が不足する状況となっていたと考えられる。

また、目標排水率 5% 処理区は、排水が発生せずに排水量計測が不能となり、植物の水分要求量を充足しているか判別できない期間が確認された。目標排水率 20% および 10% 処理区は蒸散が活発になるにつれ培地からの水分吸収も多くなり、根周辺の水分状況が生育に適した環境になったものと推察される。

したがって、栽培期間中は生育状況を観察しながら目標排水率を最適化していくことが収穫量確保に効果的であると考えられる。

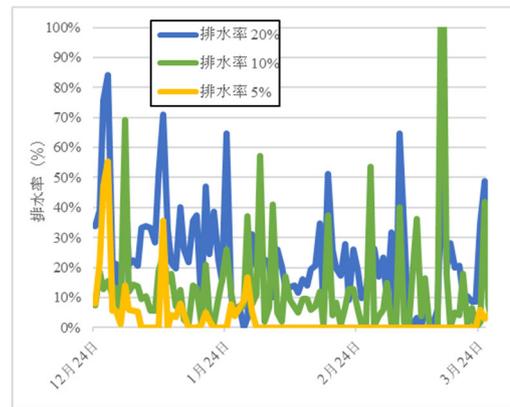


図 5 排水率の日時変化

表 3 期間中の 1 株当たり収穫量と平均糖度

| 処理区 | 1 株当たり収穫量 | 平均糖度 |
|-----------|-----------|--------|
| 目標排水率 20% | 636.2 g | 11.5 度 |
| 10% | 593.8 g | 11.0 度 |
| 5% | 593.5 g | 11.3 度 |

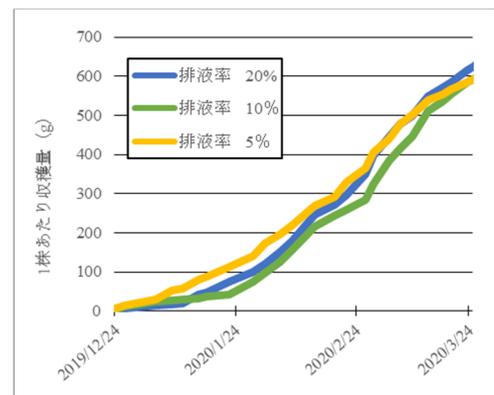


図 6 期間中の 1 株当たり収穫量の推移

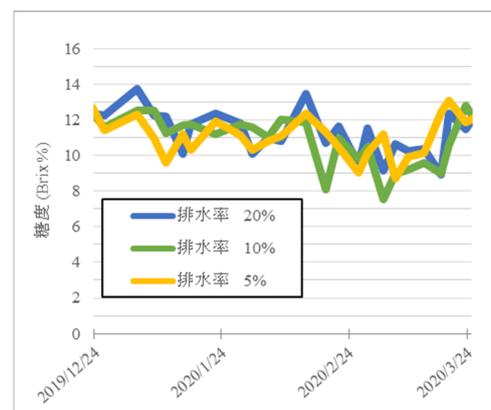


図 7 期間中の糖度の推移

5. まとめ

高設栽培において収穫量および品質を維持したまま排水率を抑制した栽培を実施するには、毎日の土壌水分量や日射量などを考慮した適切な養液供給管理が必要であることが示された。実際に排水率抑制を目指した養液供給管理を実施するには、自動養液供給装置を導入することが省力的かつ実効性の高い方法であると考えられる。

また、自動養液供給装置を用いて養液供給管理をおこなう場合、栽培初期は目標排水率を 5% で管理し、気象状況や植物の生育状況を観察をしながら、栽培中期から後期にかけて目標排水率を 10% に変更することが有効と考えられる。

6. おわりに

本報告では、イチゴの高設栽培における排水率制御と低排水率で管理した際の収穫量や糖度への影響について検討した。今回使用した自動養液供給装置とともに、栽培施設内の温度や CO₂ などの各種環境因子を制御することも重要である。複合的な環境制御を実施することで、化石燃料や水などの利用効率向上と生産性向上がより一層期待できる。今後も継続して環境に配慮した農業について研究を進めていきたい。

謝辞

本検討を実施するにあたり自動養液供給装置を利用させていただいた株式会社ルートレック・ネットワークスの喜多英司氏、および適宜ご助言をいただいた明治大学黒川農場の小沢聖先生、蜷木朋子先生にこの場を借りて感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 株式会社 GB 産業化設計 北海道農政部, 北海道における太陽光利用型の施設園芸導入マニュアル (いちご), P19, 2020.3
- 2) 大分県農林水産研究支援センター, 排液センサによるイチゴのかん水施肥管理技術の確立, 農林水産研究指導センター 研究 Now vol.94, 2019.11
- 3) 環境省 水・大気環境局 土壌環境課 地下水・地盤環境室, 硝酸性窒素等における地下水汚染対策マニュアル, P1-6, 2016.5
- 4) 環境省 環境ビジネスの先行事例集, 平成 30 年度 IoT や AI を始めとした ICT やロボット技術を活用した環境ビジネス 報告書, P179-186, 2019.6
- 5) 静岡県農林研究所, 「紅ほっぺ」の特性と栽培技術 ～試験データから読み取る栽培管理～, P3-9, 2005.5
- 6) 奥島里美, シリーズ「測る」環境モニタリングから植物の活動を測る, 農研機構「農村工学研究部門メールマガジン」第 101 号, 2018.8
- 7) 福田 敬 他, イチゴ高設栽培における施肥およびかん水管理の検討, 九州農業研究・第 67 号, P55, 2005.5
- 8) 遠藤昌伸 他, イチゴ‘章姫’の養液栽培におけるヤシ殻とピートの混合比率が生育, 収量, 水分整理特性に及ぼす影響, 園芸学会雑誌 75 巻 4 号, 2006.7
- 9) 位田藤久太郎, 蔬菜の根の生理に関する研究 (第 1 報) 蔬菜の根の酸素要求に就いて, 園芸学会雑誌 21 巻, P202-208, 1953