

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26450360

研究課題名(和文) 茎径周期変動の制御によるブルーベリーのライフサイクル調節

研究課題名(英文) Life cycle adjustments controlling the periodic variations in blueberry stem diameter

研究代表者

帖佐 直 (Chosa, Tadashi)

東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：10355597

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：ブルーベリー茎径の周期的な変動に着目して、人為的な光環境の影響および休眠期から萌芽期にかけての茎径の変化の様子について検討した。葉の展開には関連しない周期的な変化を確認し、環境要因に起因する茎径変化の様子をモデル化した。茎径の非破壊連続計測については、ひずみゲージを用いたカンチレバー式の変位計を試したが、研究の過程では感圧導電性のエラストマーセンサの供試も試み、既往の茎径計測装置よりも簡便なモニタリング手法も示すことができた。

研究成果の概要(英文)：This study investigated how an artificial light environment influenced changes in blueberry stem diameter from dormancy to the embryonic stage. Periodic changes in stem diameter not related to leaf development were confirmed. A model of the changes in stem diameter induced by environmental factors was developed. A cantilever-type displacement monitor with a strain gauge was used to obtain non-destructive continuous measurements of stem diameter, together with a pressure-sensitive conductive elastomer sensor. The findings also verified that this monitoring method is simpler to use than existing stem-diameter measuring devices.

研究分野：農業環境工学

キーワード：ブルーベリー 茎径計測 周期変動 環境制御 モデル

1. 研究開始当初の背景

ブルーベリーは機能性食品としても注目され、植物工場などによる周年生産も試みられている(荻原ら 2010)。高度な環境制御が可能なもとの栽培においては、樹木の生育状況をモニタリングしながら、その情報に応じた個体管理を行うことも重要な要素技術の一つである(帖佐 2013)。

ブルーベリーにおいても茎径の変化は、単純な肥大成長と周期的に繰り返される膨縮が認められ、周期的な変化の様子も環境要因に影響を受けることが報告されている(菊地ら 2013)。

本研究では、太陽光併用型植物工場におけるブルーベリーのポット栽培を想定して、環境要因が茎径の周期的な変動に及ぼす影響について検討する。

2. 研究の目的

環境要因に影響を受ける周期的な変動の要因の解明と、その制御手法を確立することを目指し、以下の3点を研究目的とする。

- (1) ブルーベリーの生育診断指標として茎径に着目し、その非破壊・連続計測手法を案出する。
- (2) 人為的に光環境を変化させたときの周期変動の変化の様子を明らかにする。
- (3) ブルーベリーのライフサイクル調節の一助とするために、休眠期から萌芽期にかけての茎径変化の特徴を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 茎径モニタリング手法の検討

ブルーベリーの茎径計測法として、ひずみゲージを用いたカンチレバー式の変位計(菊地ら 2012)を供試した。変位計は、装置本体からカンチレバーが張り出した構造であり、レバーの根元に張り付けたひずみゲージでレバー先端の変位を検知する。装置本体は茎にゴムバンドで縛り付け、レバーはレバー先端と茎との間にシリコンチューブを挟んでピンチコックで固定するものである。同方式を評価基準として、より簡便な計測手法について検討した。

(2) 光環境の変化に伴う周期性の影響

常時点灯と常時消灯の二つの実験区を設け、茎径の周期変動の様子を記録した。茎径はカンチレバー式の変位計で計測した。それぞれの実験条件に移行する前は、6時から21時の15時間を明期、21時から翌6時までの9時間を暗期として栽培した(品種: エリオット)。計測を開始してから2日間はこの明暗の周期のもと栽培し、3日目から5日間は常時点灯もしくは常時消灯とし、その後、再び明暗の周期に戻した。

(3) 休眠期から萌芽期にかけての茎径変化

最初に、休眠期の茎径変化について検討するために、インキュベータにおけるポット栽

培のブルーベリー(品種: エリオット)を供試した。2014年12月11日から翌年の2月3日にかけて、低温状態(温度設定 5)で管理し、茎径の変化をデータロガーに記録した。茎径はカンチレバー式の変位計で計測した。この間、12月21日、12月31日、1月10日、1月20日、1月30日にシュートを採取した。採取したシュートは水に差し20 の環境で管理して、開花した芽の割合を求めた。

次に、開花期のブルーベリーの茎径の変化について検討するために、2月3日以降はインキュベータの温度設定を20 として、茎径の計測を継続した。その間、茎径計測を継続した供試体の開花後の芽および葉の展開についても記録した。

4. 研究成果

(1) 茎径モニタリング手法の検討

供試したカンチレバー式の変位計が、ブルーベリー茎径の変化を把握するうえで、十分な精度を持つことと、数か月におよぶ長期的な連続計測に適用できることを確認した。より簡便な計測手法としては、ひずみゲージを貼り付けたゴムシートと感圧導電性のエラストマーセンサーの適用を試みた。いずれも、既往の手法にくらべて、安価、軽量であることが特徴である。茎径の変化に応じたセンサからの出力を確認したが、いずれのセンサも膨張過程と収縮過程では異なる変化を示すことや温度変化の影響を受けることなどが問題であった。変化の絶対量を扱う際には注意が必要であるが、温度補正などを行うことで膨縮の傾向を探るセンサとしては有効である。多点モニタリングが可能となるセンサネットワークによる情報収集システムも試作した。

連続的にモニタリングしたブルーベリーの茎径について、周期的な変動と肥大成長による変化を分離して解析する手法も示した。分離および解析においてスプライン曲線に近似することで不規則な茎径の変化も連続的に捉えることが可能となった。

(2) 光環境の変化に伴う周期性の影響

明暗の周期があるときは、それに応じた茎径の周期的な膨縮が明確であったが、常時点灯の区ではその周期は見られなくなった(図1)。常時点灯の区においては、周期的な膨縮はみられたが、その振幅は極めて小さくなった(図2)。いずれの条件でも肥大成長は継続し、また通常の間暗条件に戻すと周期的な変動は明確になった。

(3) 休眠期から萌芽期にかけての茎径変化

通常の時期の肥大成長にくらべれば極めて小さいが、休眠中にも茎径の周期的な変動は観察された。一部葉が残っていた個体については約2か月間で4 μm の肥大も認められたが、その変化量については個体差も大きかった(図3)。

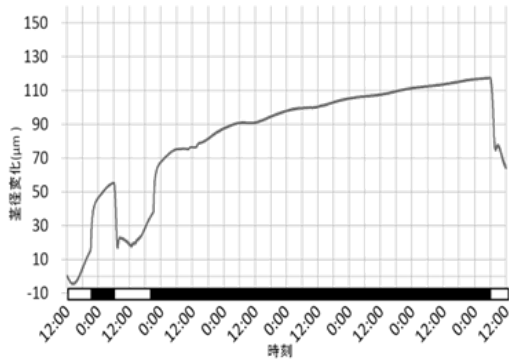


図1 連続暗条件における茎径変化
(清水ら 2014 より作成)

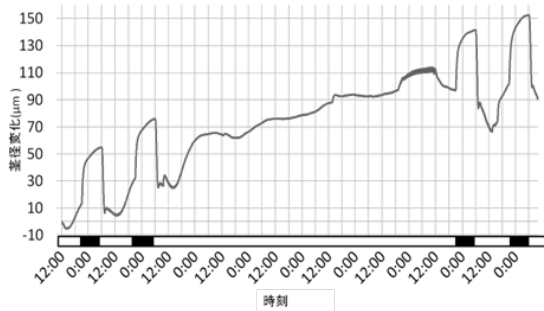


図2 連続明条件における茎径変化
(清水ら 2014 より作成)

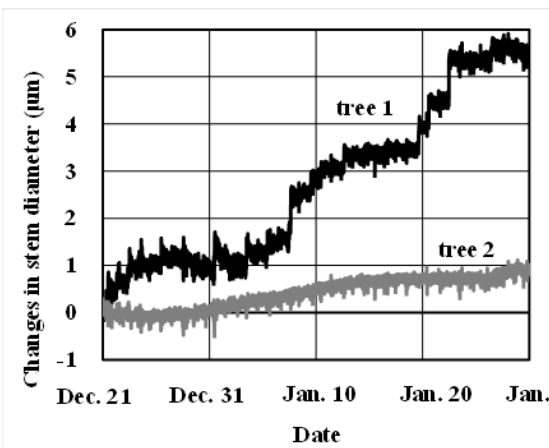


図3 休眠期における茎径変化の例
(Shimizu et al, 2016 より作成)

採取したシュートでの開花率は、採取後の日数が増えるにつれて増加した。しかし、12月21日に採取したサンプルについては、採取後40日を経過しても開花は確認されなかった。1月30日に採取したサンプルでは、採取後の30日後に開花率は40%を超え、他のいずれのサンプルの開花率を上回る結果となった(図4)。以上から、低温での栽培期間を長くすることで萌芽が促進されたが、茎径

の成長や周期的な変動との関連について明確な傾向は確認できなかった。

芽が緑色になる時期から茎径の収縮と膨張からなる周期変化が明確になり、肥大成長も促された。一方で、休眠中に観察されたわずかな肥大が、開花が始まる際に一時減少に転じることも確認された(図5)。

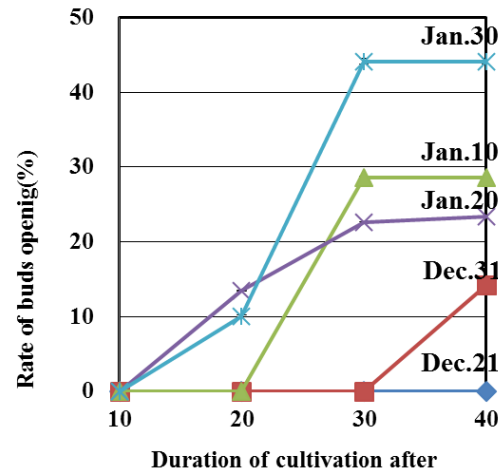


図4 採取シュートの開花率の変化(日付は採取日)
(Shimizu et al, 2016 より作成)

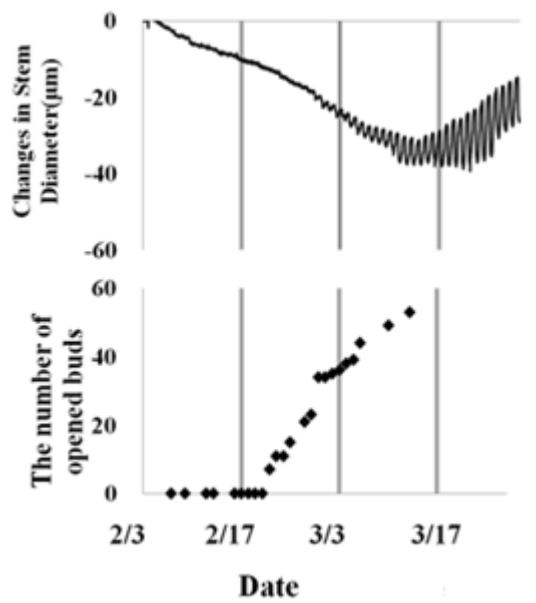


図5 開花期の茎径変化(上)と開花数(下)
(Shimizu et al, 2016 より作成)

今回観察された茎径の変化は、葉の展開に伴うことなく確認される水分移動や成長に起因するものである。そのため茎径が萌芽開始時のブルーベリーの様態を早期にモニタリングする指標となることが示唆されるものである。肥大成長については、前年に蓄積された樹体内の貯留養分にも関連すると考えられた。

以上の結果から水分移動に伴う茎径の変化をモデル化した。案出したモデルは茎径の周期的な変動が、光、熱環境の変化に依存する様子を再現し、環境調節やストレスの付与がブルーベリーの周期的な挙動を制御できることを示唆するものとなった。長期的なモニタリングを継続することで、「休眠」から「果実肥大」に至るサイクルの短縮について検証を行うことが今後の課題となる。

<引用文献>

荻原勲、堀内尚美、千年篤(2010)ブルーベリーのオフシーズン出荷技術の実証研究、JATAFFジャーナル、4(8)、41-46

帖佐直(2013)果樹の植物工場での栽培技術 - 生育モニタリングと個体管理の可能性 - 、果実日本 68(10)、103-106

菊地麗、帖佐直、東城清秀(2013)ブルーベリーの茎径日変化量と環境要因の解析、農業食料工学会第72回年次大会講要、86

菊地麗、帖佐直、東城清秀(2012)環境要因とブルーベリーの茎径膨縮速度の関係：長期非破壊計測による植物生体情報の解析、農業環境工学関連学会2012年合同大会講演要旨集(CD-ROM)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 5 件)

M. Shimizu, T. Chosa, S. Tojo (2016) Development and evaluation of a simple sensor for measuring stem diameter using a rubber sheet and a strain gauge, Proceedings of ISMAB (International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering) 2016, 1226-1230. (2016 5/23-25 TOKI MESSE Niigata Convention Center (新潟市)にてポスター発表)

清水稔、帖佐直、東城清秀(2015)萌芽期のブルーベリーの茎径変化、農業環境工学関連 5 学会 2015 年合同大会講要 (on CD-ROM) (2015 9/14-18 岩手大学教育学部 (岩手県盛岡市)にて講演)

清水稔、帖佐直、東城清秀(2015)ブルーベリーの生育モニタリングに関する研究 - ゴムシートを用いた茎周囲長計測 - 、農業食料工学会関東支部第51回年次大会講要、32-33 (2015 8/5-6 日本大学生物資源学部 (神奈川県藤沢市)にて講演)

T. Chosa (2014) Individual Control of Orchard Tree: Element Technology Targeting Blueberry Bushes 2nd Int. Conf. on Agricultural and Food Engineering, Program & Abstracts,

28-29(2014 12/1-2, Berjaya Times Square Hotel (Kuala Lumpur, Malaysia)にて招待講演)

清水稔、帖佐直、東城清秀(2014)ブルーベリーの茎径周期変化のモニタリング - 連続明条件・暗条件が茎径変化周期に与える影響 - 、電子情報通信学会技術研究報告 Vol.114 No.290、123-124 (2014 11/16-17、機械振興会館(東京都港区)にて講演)

ISSN 0913-5685

[図書](計 1 件)

M. Shimizu, T. Chosa, S. Tojo (2017) Changes in stem diameter of blueberries from dormant period to bud opening, Acta Horticulturae Book No.1152, Eds. S.Khairunniza Bejo, S. Hajar Othman and F. Saleena Taip, Published by the International Society for Horticultural Science (ISHS), 441 (41-45). (査読有)

ISBN:978 94 62621 149 8

6. 研究組織

(1)研究代表者

帖佐直 (CHOSA, Tadashi)

東京農工大学・大学院農学研究院・准教授
研究者番号：10355597

(2)研究分担者

伴 琢也 (BAN, Takuya)

東京農工大学・農学部・准教授

研究者番号：20325046