

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24380018

研究課題名(和文)ブルーベリーの秋季開花・結実誘導条件の解明とオフシーズン連続生産法の開発

研究課題名(英文)Analysis of environmental factors to induce continuous fruits after fall blooming for development of off-season production in blueberry

研究代表者

荻原 勲(OGIWARA, Isao)

東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授

研究者番号：80204113

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：ブルーベリーのオフシーズン連続生産体系を確立するため、秋季開花・結実誘導による連続生産のメカニズム解明とその栽培法の提案を行った。連続開花性を示した品種はSharpblue'など休眠性の低いSHBであり、花芽の発育が早期から開始する特性があった。連続開花性を示した品種で収穫を長期化させるための環境条件は気温 $26^{\circ}\text{C}$  / $12^{\circ}\text{C}$ 、日長8時間、光強度 $300\sim 500\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ で、7月から処理すれば、9月に開花し、その後も連続して花芽形成と開花が起こり、連続開花結実となることがわかった。連続開花を利用して生産された果実の果実品質は年間を通じて安定していた。

研究成果の概要(英文)：To establish the continuous production system for off-season blueberry, analysis of environmental factors to induce continuous fruits after blooming in fall was carried out and off-season production system was developed. Only SHB type such as 'Sharpblue' with low dormancy, evergreen and early flower bud formation habits showed the phenomenon of continuous flowering and fruiting after blooming in fall. Environmental conditions inducing continuous flowering and fruiting were temperatures ( $26^{\circ}\text{C}$ ) during light period and ( $12^{\circ}\text{C}$ ) during dark period, 8h photoperiod, light intensity ( $300\sim 500\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) in closed room with artificial light. The blooming began in September when trees were placed in closed room from July and fruits could be harvested from December. Flowering and fruiting continued year-round and high quality fruits could be harvested with high SSC %, high anthocyanin and low acid %. It is possible to establish a new cultivation system for year-round, high yield blueberry.

研究分野：園芸学

キーワード：ブルーベリー 開花生理 連続開花 四季成り 植物工場 環境制御 概日リズム 短日

### 1. 研究開始当初の背景

東京農工大学では、春夏秋冬の環境を作り出す部屋(太陽光温室と人工光栽培室)を備えた「先進植物工場研究施設」を整備し、ブルーベリー果実の高収量化と周年化を目指して研究を行っている。この研究施設を使って、申請者の荻原は花芽形成に関しての実験を行い2つの発見をした。一つは、2010年の秋季に徒長枝に開花した品種があったので、その品種を休眠導入期前からハウス内で加温して栽培したところ、新梢の先端から基部に向かって開花が行われた。その後、新梢の葉腋から新たな新梢が発生し、その一部の頂芽からも開花・結実した。よって、一季成りのブルーベリー品種がトマトのように連続的(12月から翌年7月まで)に開花・結実した四季成りにすることに成功した。二つ目は、6月に果実を収穫したブルーベリー樹を8月から短日条件で低温の晩秋室に置いたところ、10月上旬から開花が見られ結実したことから、1年に2回収穫できる二季成りに成功した。そこで、二度目に開花結実したところで、12時間日長にするとその後発生した新梢から開花は見られず、11時間日長にしたところ新梢先端から開花が見られ、連続的な開花・結実する四季成りになった。

### 2. 研究の目的

申請者は2010年に休眠時間が比較的短いブルーベリー品種を、休眠導入期前から加温・長日条件の環境に置いたところ、新梢先端から基部に向かって開花が行われ、12月から翌年の7月まで長期にわたって果実の収穫が可能となった。また、開花したすべての花が結実し収穫できたので収量が飛躍的に多くなった。この現象を解明することは生理生態学的な観点から意義があるが、オフシーズンにブルーベリーの果実が収穫できることから新たな栽培技術としても価値がある。そこで、ブルーベリーのオフシーズンの連続生産体系を確立するため、本申請では秋季開花・結実誘導によるオフシーズン連続生産のメカニズム解明と栽培法の提案を行った。

### 3. 研究の方法

(1) 秋季開花・結実性および長期取り性を具備する品種の特性

供試品種には休眠の長短があるノーザンハイブッシュ種(以下、NHB)、サザンハイブッシュ種(以下、SHB)およびラビットアイ種(以下、RB)からそれぞれ3品種の計9品種を用いた。8~10月は日中の気温を30~45℃、日長は自然条件とした。11~3月は10時間以下にならないように設定したビニルハウス内に置き、人工光を2~4時間照射して15~16時間明期の長日条件とした。さらに3~4月は気温15~35℃に設定したガラス温室内に置き、日長は自然条件とした。その後4~7月は再び補光によって15~16時間の

長日条件とした。10月までに発生した新梢(本稿では2年生枝という)の葉の着生、10月以降に発生した新梢(本稿では1年生枝という)の成長および開花・結実について、それぞれ肉眼で観察し、自然条件で栽培したものと比較した。

(2) 秋季に開花・結実に関わる遺伝特性および果実の連続生産性に関わる遺伝特性の解明

実生集団を植物工場内で成育を促進させ、開花・結実状況、落葉の有無を調査した。

(3) 秋季開花を誘導する品種の花芽の分化時期と発育過程の観察

供試材料には、連続開花性を示すSHB 'Sharpblue'、'Emerald' および 'Sunshineblue'、連続開花性を示さなかったNHB 'Blueray' およびRB 'Tifblue' の4~5年生樹を用いた。花芽の発育調査は、7月~12月までの5ヶ月間行い、品種ごとに花芽の発育時期の推移を比較した。

(4) 新梢頂芽を早くから開花させる環境ストレス条件

日長および温度制御が開花に及ぼす影響

供試材料にはSHB 'Misty' を用いた。収穫直後より東京農工大学圃場の自然条件、同大先進植物研究施設内の夏室および秋室(ガラスハウス)、同施設内の冬室および晩秋室(人工光型閉鎖環境)といった日長および温度が異なる環境条件におき、開花および新梢発生について調査した。処理区は、自然条件で栽培した自然条件、8月下旬より秋室で栽培した秋区、7月上旬より晩秋室で栽培した晩秋a区、8月下旬より晩秋室で栽培した晩秋b区、7月上旬より夏室で栽培した夏区、8月下旬より冬室で栽培した後、10月中旬に晩秋室に移動した冬・晩秋区、7月上旬より秋室で栽培した後、9月中旬に冬室に移動し、さらに10月中旬に晩秋室に移動した秋・冬・晩秋区とした。

LED照射が開花に及ぼす影響

光質の異なるLEDを花芽分化前および分化後のブルーベリーに照射し、開花期の早晩および開花数を調査した。

(5) 新梢頂芽からえき芽への連続開花誘導条件の解明

供試品種には、SHB 'Sharpblue' および 'Sunshineblue' 4年生樹を用いた。処理区は、対照区の長日区と短日処理した短日区の2処理区を設け、3月28日まで日長14時間のガラス室内で育てた個体を用い、そのまま継続して栽培した区を対照区(長日区)とし、短日区は、3月28日から日長8時間の短日処理を行った。1年生枝の開花誘導と果実品質に及ぼす影響について調査した。

(6) 新栽培法で収穫された果実と自然条件下で栽培された果実の品質比較

果実の連続生産法によって収穫できた果実を経時的に収穫し、食味に影響を及ぼすと考えられている、果実重、果実硬度、糖含量、有機酸含量、アントシアニン含量を測定した。

#### 4. 研究成果

(1) 秋季開花・結実性および長期取り性を具備する品種の特性

NHB では高温・長日条件の樹は自然条件より遅れて落葉した。萌芽・開花は自然条件より遅く6月で、収穫は8~9月だった。なお、'Weymouth' および 'Spartan' は10月および1月に開花し、結実した枝もあった。SHB では高温・長日条件の樹は紅葉や落葉がみられず、萌芽・開花は自然条件より早く、その時期や期間は品種によって異なった。'Emerald' は10月から開花し、12月に果実が成熟し、翌年の7月まで結実が連続して発生した。また12月から萌芽が続いた。'Sharpblue' では開花が12月から始まり、'Emerald' と同様に翌年の7月まで連続した結実が生じた。'Magnolia' は開花が3月で収穫は6月だった。RB では高温・長日条件の樹は紅葉せず落葉は一部だった。萌芽・開花・収穫は自然条件より1~2か月早かった。

よって、休眠前の高温・長日処理によって 'Emerald' や 'Sharpblue' は連続開花・結実性を示し、オフシーズンに収穫が可能となった。連続開花・結実性は高温下で頂芽が開花する性質、2年生枝の葉が落葉せず光合成を長期に維持する性質と休眠が浅い性質が複合的に関与していると推察された。

(2) 秋季に開花・結実に関わる遺伝特性および果実の連続生産性に関わる遺伝特性の解明

連続開花性品種の後代育成のために播種から開花までの期間短縮化を検討したところ、播種後10か月目に開花し、12ヶ月目に果実を得られることがわかった。さらに、12か月目以降も短日下においた実生の中に連続開花する個体が見つかったことから、播種後2年間で連続開花性を示す系統が選抜できることが明らかとなった。

(3) 秋季開花を誘導する品種の花芽の分化時期と発育過程の観察

'Emerald' および 'Sharpblue' は、他の3品種と比較して花芽の発育が早期から開始することが分かった。したがって、'Emerald' および 'Sharpblue' が高温長日処理によって連続的な開花結実性を示した原因は、花器の発育が極めて早い品種であったためであるといえる。また、この2品種の共通親として *V. darrowi* という野生種が存在することから、*V. darrowi* が花芽の発育が早期から生じる形質に関与している可能性が示唆され

た。

(4) 新梢頂芽を早くから開花させる環境ストレス条件

日長および温度制御が開花に及ぼす影響

自然条件では結果母枝の葉が紅葉し、その後の開花および新梢発生はみられなかった。一方、処理した全ての区は結果母枝の葉が着生し緑色を呈していた。秋区では開花も新梢発生も起こらなかったが、芽の大きさは自然条件より大きかった。晩秋区は処理後ほとんどの結果母枝で開花し、処理開始が早かった晩秋a区では12月から収穫できた。さらに結実後に結果母枝で新梢が発生した。夏区では処理後に徒長枝が伸長し、その頂芽で開花がみられた後、徐々に基部に向かって開花し、さらに他の結果母枝でも開花した。冬・晩秋区は全ての結果母枝で開花せず新梢のみが発生した。秋・冬・晩秋区では結果母枝の基部から新梢が発生し、その後結果母枝の先端の芽から開花がみられた。さらに、この花房に着生した花は花柄および花軸が自然条件のそれに比べて長く、小花が葉に変態する現象もみられた。

以上の結果から、ブルーベリーは収穫後に高温・長日、あるいは低温・短日下で花器が形成されるが、その形態は異なることがわかった。高温・長日では徒長枝の頂芽が先行して開花するが、低温・短日下では頂芽・えき芽がほぼ同時に開花し、処理から開花までの期間が高温・長日条件よりも早かった。

LED照射が開花に及ぼす影響

分化前の青色光処理は開花期を早め、開花数を多くした。一方、分化後の赤色光処理は開花期を早めた。さらに、青色光は新梢や葉の立性に関与し、赤色光は開帳性に関与していることが明らかになった。

(5) 連続開花誘導条件の解明

短日処理による1年生枝の開花誘導は両品種に効果的であった。短日の効果は、両品種で処理開始から1ヶ月後に顕著に現われ、開始後2ヶ月目まで継続した。したがって処理を行う期間は2ヶ月間が適当であると示唆された。以上の結果より、短日処理は1年生枝への連続的な開花結実の誘導を促進し、さらなる収穫期の延長および収量増加が可能であると示唆された。

(6) 新栽培法で収穫された果実と自然条件下で栽培された果実の品質比較

新栽培法で収穫された果実の果実品質(果実重、果実硬度、糖含量、有機酸含量、アントシアニン含量)は年間を通じて安定しており、露地栽培の果実の品質に劣ることがなく、加えて1年生枝の果実は2年生枝の果実や露地栽培の果実よりも大きくなることがわかった。

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計2件)

Thanda Aung, Yukinari Muramatsu, Naomi Horiuchi, Jingai Che, Yuya Mochizuki and Isao Ogiwara. Plant Growth and Fruit Quality of Blueberry in the Controlled Room under Artificial Light. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science. 査読有. 83(4):273-281. 2014.

堀内尚美・車 敬愛・星野裕昭・荻原 勲. 休眠前の高温・長日処理がブルーベリー3種の形態および生態に及ぼす影響. 園芸学研究. 査読有. 12(3):281-288. 2013.

### 〔学会発表〕(計9件)

河野桃子・堀内尚美・黄 添富・楊 琇瑩・藤原慶太・山崎麻南登・車 敬愛・荻原 勲. LEDの種類, 二酸化炭素の施用および着果の有無がブルーベリーの成育や収量に及ぼす影響. 園芸学会平成28年度春季大会. 2015年3月26-27日. 東京農業大学(神奈川県厚木市).

門脇芽衣子・村松幸成・車 敬愛・細矢華子・鈴木多島・山名みゆき・荻原 勲. ブルーベリー二期取り栽培法におけるLEDによる開花誘導. 園芸学会平成27年度秋季大会. 2014年9月26-28日. 徳島大学(徳島県徳島市).

Ogiwara, I., J., Che, N., Horiuchi and T., Aung. Features of Blueberry Plant Factory with Rooms of Controlled Environment representing Four Seasons. ITRI 研究会. 2014年9月24日. 新竹市(台湾国)

N. Horiuchi, J. Che, T. Aung, Y. Mayumi, Y. Muramatsu, T. Hoashi, M. Yamazaki, H. Hoshino, A. Odachi, M. Watanabe and I. Ogiwara. Features of blueberry plant factory with rooms of controlled environment representing four seasons. The 29th International Horticultural Congress. 2014. 8. 17-22. Brisbane(Australia)

山崎麻南登・渡邊美帆・仲西 藍・帆足崇道・車 敬愛・堀内尚美・荻原 勲. 閉鎖系栽培室を利用したブルーベリーの幼若期間の短縮化. 園芸学会平成27年度春季大会. 2014年3月28-29日. 千葉大学(千葉県千葉市).

堀内尚美・車 敬愛・Thanda Aung・真弓優里香・荻原 勲. ブルーベリー果実収穫直後に異なる日長および温度制御した樹体における開花および新梢成長応答. 園芸学会平

成25年度春季大会. 2013年3月23日. 東京農工大学(東京都府中市)

荻原 勲. 四季を再現した植物工場におけるブルーベリーの周年化と高収穫化の取り組み. 農工大セミナー植物工場を核とした技術革新による新しい農業. 2014年3月10日. 東京農工大学(東京都府中市)

荻原 勲. 先進植物工場の新技術(6)先進果樹苗生産工場との連携によるブルーベリーのオフシーズン出荷技術の実証研究(福島ブルーベリープロジェクト). 東京農工大学ブルーベリー研究会. 2014年1月10日. 東京農工大学(東京都府中市).

荻原 勲. 植物工場によるブルーベリーの周年生産. 日本農学アカデミー・(公財)農学会公開シンポジウム. 2013年11月9日. 東京大学(東京都文京区)

### 〔図書〕(計4件)

荻原 勲・千年 篤・堀内尚美・車 敬愛・高柳正夫・仲井まどか・永澤幸一・鈴木多島・山名みゆき・武田博志・武田博之・藤原慶太. 技術情報協会. アグリビジネス新規参入の判断と手引き~異業種からの参入事例集~. 2015. 609(211-228).

荻原 勲・車 敬愛・堀内尚美・三橋行夫. 技術情報協会. 10年後の市場・技術予測とそこから読み解く必然の研究開発テーマ. 2014. 433(421-425).

荻原 勲. 情報機構. 植物工場経営の重要課題と対策~経営戦略・設備管理・栽培技術・高付加価値化・マーケティング~. 2014. 464(299-306).

荻原 勲・車 敬愛・堀内尚美. NTS社. 植物工場 生産システムと流通技術の最前線. 2013. 517(307-315).

### 〔産業財産権〕

出願状況(計2件)

名称: 植物の栽培方法

発明者: 荻原 勲・車 敬愛・門脇芽衣子・村松幸成・鈴木多島・山名みゆき

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特願 2015-187963

出願年月日: 2015年9月25日

国内外の別: 国内

名称: 植物の栽培方法

発明者: 荻原 勲・車 敬愛・堀内尚美・村上拓也・関口紗央里

権利者: 同上

種類: 特許 PCT

番号：JP2014/057716  
出願年月日：2014年3月20日  
国内外の別：外国

取得状況（計1件）  
名称：ブルーベリーの生産方法，及び該  
方法により得られる連続開花性ブルーベリ  
ー

発明者：荻原 勲・車 敬愛・堀内尚美  
権利者：同上  
種類：特許  
番号：特許第5717111号  
取得年月日：2015年3月27日  
国内外の別：国内

〔その他〕  
ホームページ等  
<http://www.tuat.ac.jp/~engei/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

荻原 勲 (OGIWARA, Isao)  
東京農工大学・大学院農学研究院・教授  
研究者番号：80204113