

ブルーベリーの促成栽培におけるマルハナバチの利用と品種選択

叶 玉紅¹・青木宣明^{2*}・古西尚幸^{2**}・加古哲也²¹鳥取大学大学院連合農学研究科 680-8553 鳥取市湖山²島根大学生物資源科学部 690-8504 松江市西川津Efficiency of Bumble Bees (*Bombus (Bombus) terrestris* L.) as Pollinators and Cultivar Selection of Blueberries for Forcing CultureYu-hong Ye¹, Noriaki Aoki^{2*}, Naoyuki Konishi^{2**} and Tetsuya Kako²¹United Graduate School of Agricultural Science, Tottori University, Tottori 680-8553²Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, Matsue 690-8504

Summary

This study was investigated to clarify the efficiency of bumble bees (*Bombus (Bombus) terrestris*) as pollinators, and the cultivar selection of blueberries for forcing culture. The flowering and harvesting dates were accelerated by heating cultivation, and the percentages of berry sets were improved by pollination with bumble bees. However, the difference in the berry set percentage was caused by cultivars and forcing time. The percentage of berry set was increased in 'Tifblue' but not in 'Northland' by GA treatment. However, this treatment caused retardation of the harvesting period and produced lightweight berries. While forcing culture from late February, very early to medium ripening cultivars of northern highbush or half-high blueberries were usable as they could be harvested during May. It was also indicated that bumble bees were very efficient pollinators of blueberries.

キーワード：ブルーベリー，GA処理，品種選択，マルハナバチ，促成

緒言

近年ブルーベリーは、機能性食品として脚光を浴び、栽培面積の増加とあいまって、高価格での出荷が期待できる促成栽培が注目されている。しかし、促成栽培に関する研究論文は少なく(青木・植田, 1996; 菊池ら, 1994), また虫媒花であるため、閉鎖空間を利用した促成栽培にあっては問題点も多い。

そこで本研究では、閉鎖空間(加温温室)において訪花昆虫としてのマルハナバチの有効性や促成(露地から温室に搬入後直ちに加温)開始時期と収穫時期との関連を調査するとともに、果実形質などについて、極早生～晩生のそれぞれ1~2品種を供試して調査し、促成栽培での早期収穫に有効な品種の選択を試みた。

材料および方法

実験1. マルハナバチの放飼が結果率と収穫時の果粒形質に及ぼす影響

本実験は2002年、島根大学(島根県松江市)で実施し

2003年8月22日 受付。2003年11月17日 受理。

*Corresponding author. E-mail: aoki@life.shimane-u.ac.jp

**現在: 山崎製パン(株)

た。早期収穫が可能な品種を選抜する目的で、ノーザンハイブッシュブルーベリー'Weymouth', 'Earliblue'(極早生), 'Patriot'(早生), 'Berkeley'(中生), 'Darrow'(晩生)並びにハーフハイブルーベリー'Northland'(早生)の合計6品種(8号プラスチック鉢に植え付けた挿し木3年生樹)を供試した。温室搬入日(直ちに加温し促成栽培を開始)は2月23日とし、各品種ともマルハナバチ1群を放飼した区(以下促成放飼区)とネットをかけ、マルハナバチから隔離した無処理区を設定した。また、対照区として露地栽培区(以下露地区)を設けた。全品種全処理区とも3樹を供試した。なお、樹当たり花房数は、'Weymouth'では85個, 'Patriot'では40個, 'Earliblue'と'Northland'では30個, 'Berkeley'と'Darrow'では25個に、それぞれ揃えた。

実験2. 促成開始時期、GA₃処理並びにマルハナバチ放飼が収穫時期、結果率および果粒形質に及ぼす影響

'Northland'(8号プラスチック鉢に植え付けた挿し木3年生樹)とラビットアイブルーベリー'Tifblue'(晩生, 同様な3年生樹)を供試した。2002年2月9日, 23日, 3月9日の各促成開始日に、それぞれマルハナバチ放飼区, GA₃処理区(花房の満開期に200ppmのGA₃水溶液を花

房にスプレー), 無処理区を設定し, 別に対照区として露地区を設けた. 両品種, 全処理区とも3樹を供試した. なお樹当たりの花房数は, 'Northland' では30個, 'Tifblue' では55個に揃えた. 促成区の受粉樹としては, 'Northland' の2月9日促成区ではハーフハイブルーベリー 'Tophat' とサザンハイブッシュブルーベリー 'Sunshineblue' を, 2月23日と3月9日促成区では, 前述の2品種に加え, 実験1の品種を供用した. 一方, 'Tifblue' では, 各促成開始日ともにラビットアイブルーベリー 'Woodard' と 'Gloria' の2品種を供試した.

実験1, 2とも, 315 m²の加温温室内で実施したが, 促成時の栽培温度は, マルハナバチが行動を開始すると言われている最低気温 (5~6℃) (松浦, 1993) を考慮し, 15℃を目標に加温管理した.

調査項目は, 実験1, 2とも, 実験期間中の室温並びに外気温, 小花数/花房, 小花形質 (花口直径, 花冠長), マルハナバチ訪花行動数, 満開日, 収穫最盛期, 結果率, 果粒形質 (粒重, 可溶性固形物含量, 滴定酸度) とした. なお, マルハナバチの放花行動数の調査は, 晴天日と曇天

日の午前11時に行い, マルハナバチの訪花行動数と照度を測定し, それぞれ10日間の平均で示した.

かん水は乾燥の程度を見ながら, また施肥は実験開始時に元肥として油粕10 g/鉢 (N: 5.3%), 開花終了時に油粕10 g/鉢の追肥を行った.

結 果

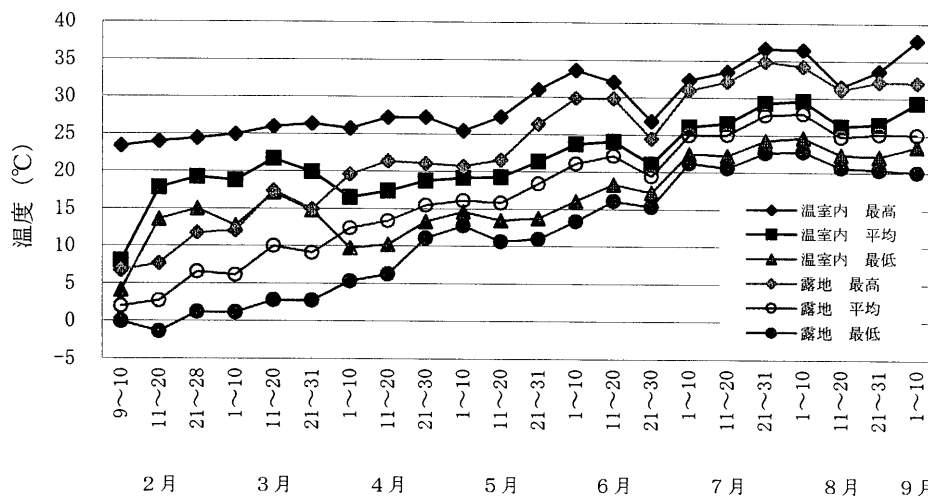
栽培期間中の温度は第1図に示したとおりで, 特に開花期間中の温度は最低12℃を維持し, マルハナバチの活動に支障をきたさなかった.

マルハナバチの訪花行動数は, 晴天日, 曇天日の天候に関わらず, たえず3頭程度であった (第2図).

実験1. 促成に有効な品種の選択

1. 小花数と小花形質

小花数/花房は6 ('Berkeley')~9個 ('Darrow') で, 品種により差が認められた. 花口直径 (5~6 mm) は品種間に差がなく, 花冠長は 'Patriot' の10 mmが最大で, 'Northland' の7 mmが最小であった (第1表).

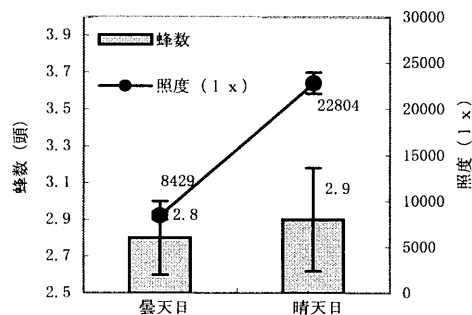


第1図 実験期間中の温度推移

第1表 ブルーベリーの促成栽培における各品種の小花数と小花形質

品 種	小花数/花房 (個)	小 花	
		花口直径 (mm)	花冠長 (mm)
Weymouth	7.5 c ^z	4.9 a	8.7 bc
Earliblue	8.0 a-c	5.1 a	9.4 ab
Patriot	7.9 a-c	5.8 a	10.2 a
Northland	8.5 ab	5.6 a	7.4 d
Berkeley	6.1 d	5.1 a	9.5 ab
Darrow	8.8 a	5.0 a	9.7 ab

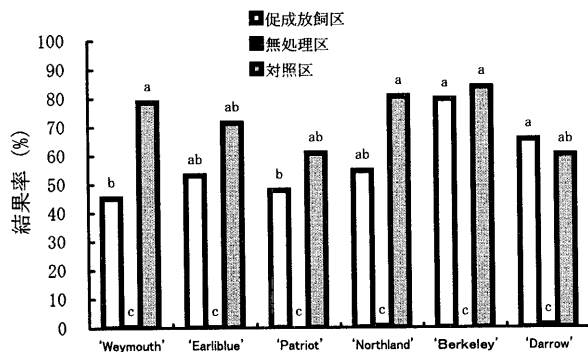
^z検定はTukeyの方法 (5%水準) を用いて行った



第2図 曇天日と晴天日におけるマルハナバチの訪花行動数
縦棒は標準誤差 (n=10) を示す

第2表 ブルーベリーの促成栽培における各品種の開花並びに収穫期

品 種	処理区	満開日 (月/日)	収穫開始期 (月/日)	収穫最盛期 (月/日)
Weymouth	促成放飼 ^z	3/21 de ^y	5/6 g	5/24 c
	無処理	3/21 de	5/12 ^x	5/24 ^x
	露地	4/14 c	6/1 d	6/11 b
Earliblue	促成放飼	3/21 de	5/12 f	5/24 c
	無処理	3/21 de	- ^w	- ^w
	露地	4/16 c	6/5 cd	6/11 b
Patriot	促成放飼	3/19 e	5/19 e	5/27 c
	無処理	3/19 e	- ^w	- ^w
	露地	4/13 c	6/8 c	6/17 b
Northland	促成放飼	3/21 de	5/20 e	5/27 c
	無処理	3/21 de	- ^w	- ^w
	露地	4/16 bc	6/8 c	6/15 b
Berkeley	促成放飼	3/25 d	5/22 e	6/1 c
	無処理	3/25 d	- ^w	- ^w
	露地	4/23 a	6/20 b	7/2 a
Darrow	促成放飼	3/23 de	6/5 cd	6/26 a
	無処理	3/23 de	6/5 ^x	6/11 ^x
	露地	4/21 ab	6/27 a	7/3 a

^z加温温室内に1群のマルハナバチを放飼した^y検定はTukeyの方法 (5%水準) を用いて行った^x反復数不足により検定を割愛した^w収穫果粒なし第3図 ブルーベリーの促成栽培におけるマルハナバチの放飼が結果率に及ぼす影響
異なる文字間は5%水準で有意差あり

2. 開花期と収穫期

満開日は品種間に差が見られなかったが、促成区は露地区よりも24~29日間早くなった。促成区の収穫期は、露地栽培と同様に早生品種で早く、晩生品種では遅かった。すなわち、促成放飼区の収穫開始期は‘Weymouth’の5月6日が、また収穫最盛期は‘Weymouth’と‘Earliblue’の5月24日が最も早く、晩生品種の‘Darrow’は6月26日で最も遅かった。なお、促成放飼区の収穫最盛期は露地区より7~31日間早く、極早生から中生までの品種は5月収穫が可能であった(第2表)。

3. 結果率と果粒形質

促成放飼区の結果率は、‘Weymouth’の45%(最低)から‘Berkeley’の79%(最高)で、品種により差が認められた。無処理区の結果率は、いずれの品種も、0または1%

第3表 ブルーベリーの促成栽培における各品種の果粒形質

品 種	処理区	果 粒		
		果粒重(g)	可溶性固形物含量 (%)	酸含量(%)
Weymouth	促成放飼 ^z	1.7 bc ^y	9.0 b	1.41 b-e
	無処理	1.5 ^x	10.8 ^x	1.08 ^x
	露地	1.6 bc	10.1 ab	1.60 a-d
Earliblue	促成放飼	1.7 bc	10.3 ab	1.53 a-d
	無処理	- ^w	- ^w	- ^w
	露地	1.4 c	11.0 ab	1.60 a-d
Patriot	促成放飼	2.5 a	10.2 ab	1.51 a-e
	無処理	- ^w	- ^w	- ^w
	露地	2.3 ab	10.5 ab	1.30 c-e
Northland	促成放飼	1.7 bc	9.5 ab	1.79 ab
	無処理	- ^w	- ^w	- ^w
	露地	1.5 c	11.0 ab	1.21 de
Berkeley	促成放飼	2.5 a	11.1 a	1.25 de
	無処理	- ^w	- ^w	- ^w
	露地	2.5 a	10.5 ab	1.09 e
Darrow	促成放飼	2.4 ab	11.0 ab	1.68 a-c
	無処理	2.0 ^x	10.3 ^x	1.72 ^x
	露地	2.9 a	9.6 ab	1.90 a

^z加温温室内に1群のマルハナバチを放飼した^y検定はTukeyの方法 (5%水準) を用いて行った^x反復数不足により検定を割愛した^w収穫果粒なし

第4表 ブルーベリーの促成栽培における各品種の小花数と小花形質

品 種	小花数/花房 (個)	小 花	
		花口直径(mm)	花冠長(mm)
Northland	8.5 a ^z	5.6 a	7.4 a
Tifblue	7.6 a	3.5 b	8.1 a

^z検定はTukeyの方法 (5%水準) を用いて行った

以下であった。露地区の結果率は61~84%で、促成放飼区と同じか、やや高かった(第3図)。果粒形質については、果粒重(1.4~2.5 g)や酸含量(1.1~1.9%)に品種間差が認められたが、同一品種の促成放飼区と露地区間にはほとんど差が認められなかった。可溶性固形物含量は9~11%で、品種間並びに区間に差がほとんど生じなかった(第3表)。

実験2. 促成開始時期、GA₃処理並びにマルハナバチ放飼が収穫時期、結果率および果粒形質に及ぼす影響

1. 小花数と小花形質

小花数/花房および花冠長については、‘Northland’と‘Tifblue’の両品種間に有意な差は認められなかった。しかし、花口直径については、‘Tifblue’のそれは‘Northland’のそれより有意に小さかった(第4表)。

2. 促成開始時期が収穫期に及ぼす影響

両品種とも促成開始時期が早いほど満開日は早くなり、特に‘Northland’では、処理区に関係なく収穫最盛期も早くなった。2月9日と2月23日促成開始マルハナバチ放

第5表 ブルーベリーの促成栽培における促成開始時期, マルハナバチ放飼および GA 処理が開花並びに収穫期に及ぼす影響

品 種	促成開始日 (月/日)	処理区	満開日 (月/日)	収穫開始期 (月/日)	収穫最盛期 (月/日)
Northland	2/9	放飼	3/12 d ^z	5/6 d	5/12 d
		GA 処理	3/12 d	5/12 cd	5/21 cd
		無処理	3/12 d	5/18 bc	5/19 cd
	2/23	放飼	3/20 c	5/21 b	5/24 cd
		GA 処理	3/20 c	5/25 b	5/31 bc
		無処理	3/20 c	5/30 y	5/30 y
	3/9	放飼	3/26 b	5/25 b	6/3 bc
		GA 処理	3/26 b	6/5 a	6/11 ab
		無処理	3/26 b	- x	- x
	露地	—	4/16 a	6/8 a	6/23 a
		放飼	3/11 d	6/9 d ^x	6/16 c
		GA 処理	3/11 d	6/18 b-d	7/4 bc
Tifblue	2/9	放飼	3/11 d	6/23 y	6/29 y
		GA 処理	3/11 d	6/15 cd	6/26 bc
		無処理	3/24 c	7/4 ab	8/4 a
	2/23	放飼	3/24 c	7/7 y	6/29 y
		GA 処理	3/24 c	6/23 a-d	7/5 bc
		無処理	3/28 b	6/30 a-c	7/11 bc
	3/9	放飼	3/28 b	- x	- x
		GA 処理	3/28 b	- x	- x
		無処理	3/28 b	- x	- x
	露地	—	4/21 a	7/9 a	7/17 ab

^z検定はTukeyの方法 (5%水準) を用い, 品種内で行った^y反復数不足により検定を割愛した^x収穫果粒なし

第6表 ブルーベリーの促成栽培における促成開始時期, マルハナバチ放飼および GA 処理が果粒形質に及ぼす影響

品 種	促成開始日 (月/日)	処理区	果 粒		
			重量 (g)	可溶性固形物 含量 (%)	酸含量 (%)
Northland	2/9	放飼	1.5 ab ^z	9.9 b	1.33 c
		GA 処理	1.0 bc	11.2 a	1.45 a-c
		無処理	1.3 a-c	12.0 a	1.31 c
	2/23	放飼	1.7 a	10.0 b	1.66 a
		GA 処理	1.2 a-c	11.2 a	1.39 bc
		無処理	1.2 y	10.8 y	- x
	3/9	放飼	1.6 a	9.4 b	1.63 ab
		GA 処理	0.9 c	10.0 b	1.32 c
		無処理	- x	- x	- x
	露地	—	1.6 ab	9.9 b	1.04 d
		放飼	1.7 bc	9.6 bc	1.27 a
		GA 処理	1.2 d	11.3 a	1.08 ab
Tifblue	2/9	放飼	1.3 d	8.8 c	1.07 ab
		GA 処理	1.9 ab	10.8 ab	1.05 ab
		無処理	1.4 cd	10.4 ab	1.28 a
	2/23	放飼	1.4 y	10.2 y	1.09 y
		GA 処理	2.2 a	9.9 a-c	1.21 ab
		無処理	1.2 d	10.6 ab	0.94 b
	3/9	放飼	- x	- x	- x
		GA 処理	- x	- x	- x
		無処理	- x	- x	- x
	露地	—	2.2 a	9.6 bc	1.10 ab

^z検定はTukeyの方法 (5%水準) を用い, 品種内で行った^y反復数不足により検定を割愛した^x収穫果粒なし^w収穫果粒数不足により未調査

向を示し, 2月9日放飼区の収穫最盛期は6月16日で, 露地区より約1か月早かった. しかし, GA₃処理区は一定の傾向が見られなかった.

なお, 促成開始時期が同じ場合, 有意差はほとんど見られないものの, 両品種ともに GA₃処理区の収穫最盛期は放飼区の収穫最盛期よりも遅くなる傾向が認められた (第5表).

3. GA₃処理とマルハナバチ放飼が結果率に及ぼす影響

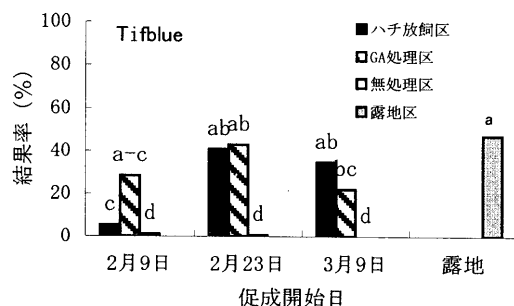
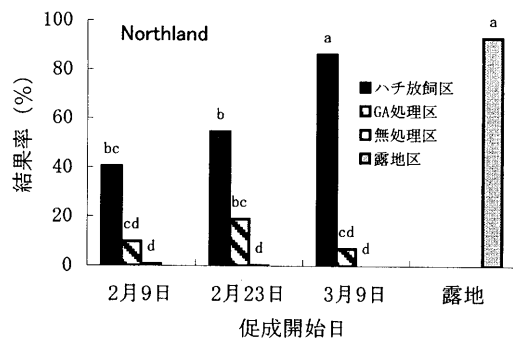
‘Northland’の放飼区の結果率 (40~86%) は, 促成開始時期に関係なく GA₃処理区 (7~19%) よりも高く, また促成開始時期が遅くなるほど高かった.

一方, ‘Tifblue’の放飼区の結果率 (5~41%) は, ‘Northland’のそれらより低率で, 2月9日促成開始で特に低く, それより後の促成開始では40%前後であった. GA₃処理区の結果率は22~43%で, ‘Northland’に比べて高くなった.

なお, 露地区の結果率は‘Northland’が91%, また‘Tifblue’が47%で, 両品種ともにそれぞれの放飼区や GA₃処理区より高かった. しかし, 両品種ともに無処理区の結果率は0または1%以下であった (第4図).

4. GA₃処理とマルハナバチ放飼が果粒形質に及ぼす影響

果粒重に関しては, 両品種ともに放飼区と露地区との差はほとんど認められなかった. 一方, GA₃処理区の果粒重は, 他の処理区や露地区より軽く, 可溶性固形物含量は他の処理区や露地区より高くなる傾向が見られた (第6表).

第4図 促成開始日と処理の違いが結果率に及ぼす影響
異なる文字間は5%水準で有意差あり

飼区 (以下放飼区) の収穫最盛期は, それぞれ5月12日と5月24日となり, 5月収穫が可能であった. 一方‘Tifblue’では, 放飼区の収穫最盛期は‘Northland’と同様の傾

考 察

ブルーベリーは虫媒花であるため、果粒の安定生産を図るには、放花昆虫の利用が重要である。そのため露地栽培であっても、放花昆虫を積極的に利用すべきであることが示されている(小林ら, 2000; 前田ら, 1990a)。本実験でも閉鎖空間の加温温室で実施した両実験とも、無処理区がほとんど結果しなかったのに対し、実験1の放飼区ではいずれの品種も40%以上の結果率を示し、また実験2においても2月9日促成放飼区の‘Tifblue’を除き、35%以上の結果率であった。この事実は、少なくとも2月下旬以降の加温促成栽培において、マルハナバチはブルーベリーの花粉媒介昆虫として有効であることを示すものである。なお花粉媒介昆虫としてセイヨウミツバチの利用も考えられるが、同種はマルハナバチより攻撃的であり、取り扱いがやや難しいことに加え、加温温室条件下では曇雨天日などに低照度になりやすく、その活動は鈍ることが懸念される。

一方、ラビットアイブルーベリー品種はハイブッシュブルーベリー品種に比較し、花口直径が小さく、また結果率が低い(前田ら, 1990b)ことが知られている。本実験2の促成放飼区‘Tifblue’の結果率が、いずれの促成時期においても‘Northland’より低率であったのは、小花の花口直径が極端に小さいことや今回受粉樹に使用した品種との親和性などに起因するものと考えられる。また、実験1の‘Weymouth’や実験2における2月9日と23日搬入放飼区の‘Northland’での結果率は、露地区のそれより低率であることや、2月9日搬入放飼区の‘Tifblue’のそれが極端に低率であるのは、ハチの放花行動数の違いとは考えにくく、屋外から温室搬入時の樹の慣らし不足のため、小花が正常に発育しなかったのではないかと考えられる。

次に、実験1の促成栽培の結果、供試した品種中、極早生品種の‘Weymouth’から中生品種の‘Berkeley’までの5品種は、山陰地方の露地栽培では不可能な5月収穫が可能であり、また果粒形質も露地区と大差なかったことから、これらの品種は促成栽培に有効であると考えられる。一方、実験2の‘Northland’の2月9日放飼区でも、5月上旬から収穫可能であり、結果率も40%を示したことから、山陰地方におけるブルーベリーの加温促成栽培としては、ハーフハイブルーベリーやノーザンハイブッシュブルーベリー系品種を利用することにより、2月上旬から促成開始が可能であると考えられる。青木・植田(1996)は、促成栽培における‘Northland’の休眠打破には、4℃で6、7週間(1008~1176時間)の低温期間が必要であることを示し、また片野・重田(1984)は、ハイブッシュブルーベリーの正常な発芽・展葉のためには、7℃以下で少なくとも600時間以上が必要であることを示している。山陰地方において、2月上旬までの7℃以下の積算時間が

例年1000~1300時間であることを考慮すると、この時期までには自然低温によって自発休眠がほぼ完了するものと思われる。

Barker・Collins(1965)は、GA₃処理がローブッシュブルーベリーの単為結果を誘発すること、またNeSmithら(1995)は凍害を起こしたラビットアイブルーベリーの花らいにに対し、GA₃処理は有効であることを報告し、さらに福島・大垣(1989)は、自家受粉および自然受粉のいずれにおいても、GA₃処理はラビットアイブルーベリーの結果率を向上させることを示した。本実験2の結果は、加温条件のもとでもGA₃処理がラビットアイブルーベリー‘Tifblue’の結果率を向上させることを示したが、ハーフハイブルーベリーの‘Northland’ではその効果が低く、処理時期や濃度の再検討が必要であろう。いずれにしても、生食ではより大粒の果粒が好まれることから、ハチ放飼区に比べ果粒の肥大が劣り、収穫時期も遅延させる可能性があるGA₃処理は、促成栽培には利用できにくいとも考えられる。なお、ラビットアイブルーベリー‘Tifblue’に関しては、収穫期が最も早い2月9日放飼区であっても収穫開始が6月中旬であり、ノーザンハイブッシュブルーベリーやハーフハイブルーベリーと比較して、収穫時期が遅いことから、促成栽培の優位性は低いものと思われる。

以上の結果から、2月からの促成栽培には、ノーザンハイブッシュブルーベリーおよびハーフハイブルーベリーの極早生から中生品種までが利用できると思われる。またその際、マルハナバチは花粉媒介昆虫として有効であることが示唆された。

摘 要

促成ブルーベリーにおけるマルハナバチの有効性や促成開始時期と収穫時期との関連を調査し、早期栽培に有効な品種の選択を試みた。促成栽培により開花日や収穫期が早くなり、またマルハナバチ放飼により、結果率は高くなった。ただし、品種や促成開始時期の違いにより、結果率に差が認められた。GA₃処理は‘Northland’より‘Tifblue’において結果率の向上に効果が認められた。しかし、GA₃処理区はマルハナバチ放飼区に比較し、収穫期が遅延し、果粒重も劣った。2月下旬からの促成栽培において、ノーザンハイブッシュブルーベリーおよびハーフハイブルーベリーの極早生から中生品種は、5月に収穫が可能であり、促成栽培に利用できると思われる。なおその場合、マルハナバチは花粉媒介昆虫として有効であることが示唆された。

引用文献

- 青木宣明・植田尚文. 1996. 冷蔵時期、期間および品種の違いがブルーベリー促成鉢花の開花に及ぼす影響. 農業生産技術管理学会誌. 3(1): 7-12.

- Barker, W. G. and W. B. Collins. 1965. Parthenocarpic fruit set in lowbush blueberry. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 87: 229–233.
- 福島正幸・大垣智昭. 1989. ラビットアイブルーベリーの結果と果実の成熟に及ぼす受粉とジベレリンの影響. 筑波大農林研報. 1: 33–44.
- 片野佳秀・重田利夫. 1984. 神奈川県におけるブルーベリー品種適応性について. 神奈川園試研報. 31: 16–23.
- 菊池秀喜・大槻英悟・高田千春. 1994. ブルーベリーのハウス栽培による熟期促進. 東北農業研究. 47: 247–248.
- 小林万記・石川駿二・吉田忠晴. 2000. 花粉媒介昆虫としてのニホンミツバチがラビットアイブルーベリーの結実に及ぼす影響. ミツバチ科学. 21: 159–163.
- 前田泰生・岡村信三・植田尚文. 1990a. ブルーベリーにおけるマメコバチのポリネーターとしての利用. 応動昆虫中国支部報. 32: 33–42.
- 前田泰生・岡村信三・植田尚文. 1990b. ブルーベリーの訪花昆虫相と主要種の受粉行動. 中国昆虫 4: 15–24.
- 松浦 誠. 1993. マルハナバチによるトマトの花粉媒介. 植物防疫. 47(4): 17–20.
- NeSmith, D. S., G. Krewer, M. Rieger and B. Mullinix. 1995. Gibberellic acid-induced fruit set of rabbiteye blueberry flowering freeze and physical injury. *HortScience*. 30: 1241–1243.