

ハイブッシュブルーベリーの成熟に及ぼす自家および他家受粉ならびに種子数の影響

岩崎直人*・小野拓生・笹目恵一

明治大学農学部 214-8571 川崎市多摩区東三田

Effects of Self or Cross Pollination and Seed Number per Berry on Berry Maturation in Highbush Blueberry

Naoto Iwasaki*, Takuo Ono and Keiichi Sasame

School of Agriculture, Meiji University, Kawasaki, Kanagawa 214-8571

Summary

To study the effect of seed number per berry on berry ripening in highbush blueberry, self-, cross- and open pollination were carried out on 'Berkeley' and 'Dixi' in order to produce berries that contain various numbers of seeds. Seed number per berry was higher after cross-pollination than after self- or open pollination, and the number of large brownish seeds was higher than that of small white seeds after each type of pollination. Multiple regression analysis using number of large brownish seeds and small white seeds per berry as dependent variables, while days to ripening from flowering as independent variable showed significant multiple regression coefficients in all treatment on two cultivars. The standardized partial regression coefficient of large brownish seed number per berry was higher than that of small white seed number, except for self-pollination in 'Dixi'. Further, the percentage of large brownish seeds that germinated was higher after cross-pollination compared to that after self- or open pollination, and significantly correlated with the standardized partial regression coefficient. Therefore, the number of viable large brownish seeds per berry seemed to be a more important factor in determining berry ripening of highbush blueberry.

Key Words : days to ripening, multiple regression analysis, percentage of seed germination

キーワード : 重回帰分析, 成熟日数, 種子発芽率

緒 言

ブルーベリーの花芽は純正花芽で、5～10 数個の小花から成る花房を形成するが、同一花房内における小花の開花日が異なることから、1 花房の開花期間はおよそ 1 週間程度である。また、果粒の成熟時期は同一樹の同一果房内においても果粒ごとに異なることから、収穫作業は個々の果粒の熟度を選別しながら行われている。従って、成人一人当たりの収穫可能な量は一日当たり 30 kg 程度で、収穫最盛期には 10 a 当たり 4～5 人の労力が必要になり（玉田, 1999）、また収穫期間が長期化する。

果粒の成熟の早晩には開花の早晩との関連（壽松木ら, 1998; Suzuki・Kawata, 2001）や、含有種子数が影響する（Darrow, 1958; Lang・Danka, 1991）ことが報告されている。しかし、これらの研究は、個々に行われた実験であるので、開花の早晩および含有種子数が果粒の成熟に及ぼす影響の程度を比較することができなかった。

岩崎・渡辺（2004）は、開花日と 1 果当たりの含有種子数が果粒成熟に及ぼす影響の程度を検討した結果、果粒成熟の早晩は開花日の早晩よりも含有種子数がより強く影響することを報告した。種子が果実の成熟に影響を及ぼす機構については明らかにされているとは言えないが、一般に、種子の生産するオーキシシン（IAA）やジベレリン（GA）等の植物ホルモンが関与していることが報告されている（Kondo ら, 2000）。

また、ブルーベリーは 1 果当たり 40 前後の種子を含んでいるが、種子の大きさや種皮色に違いがあり（Kushima・Austin, 1979; Suzuki・Kawata, 2001）、それらには受精の有無に起因すると考えられる胚の有無や花粉親の品種が関与している（Bell, 1957）ことが報告されている。

本研究では、ブルーベリーの成熟機構解明の一助とするため、自家、他家および放任受粉による種子数ならびに種子の発芽率の差異が、果粒の成熟に及ぼす影響を明らかにすることを目的として行った。

材料および方法

明治大学農学部実験圃場において露地で栽培されている

2005 年 10 月 21 日 受付. 2006 年 1 月 10 日 受理.

* Corresponding author. E-mail: iwasaki@isc.meiji.ac.jp

ハイブッシュブルーベリーで、5年生の‘パークレー’および‘ディクシー’の2品種、各品種3～4樹を供試した。樹は60 Lの不織布ポットでピートモスを主体とした用土で栽培した。灌水は土壌が乾燥した際に適時行い、その他の管理は慣行に従って行った。なお、同圃場には供試品種以外に6品種があり、開花期間中は多数の訪花昆虫が訪れ、他家受粉を媒介することが可能な環境にあった。

2004年4月上中旬に、‘パークレー’では20花房、‘ディクシー’では15花房を選び各小花の開花日を調査し小花ごとにラベルした。人工受粉は行わず、放任受粉区とした。また、‘コリンス’の花粉による他家受粉および自家受粉を行うため、‘パークレー’では25花房、‘ディクシー’では15花房を選び、小花の開花前にパラフィン紙の袋掛けを行った。その後、‘パークレー’では4月12日、‘ディクシー’では4月17日に、各花房の開花直前の小花2～5個に対して自家および他家花粉による人工授粉を行った。人工授粉に供した小花は、各花房内の生育の早い、基部に近い小花を供し、他の小花は除去した。人工授粉の際には、ピンセットで花冠と葯を含めた雄ずいを取り除いた後、柱頭全面に授粉を行った。その後、再び袋掛けして1週間程度放置した。なお、人工授粉に用いた花粉はガラス室内で早期に出蕾させた開花直前の花から葯を採取し、25℃に設定した開葯器内で開葯させ、25℃で十分に乾燥させた後、-80℃の冷凍庫内で保存していたものを用いた。

果粒は完全に着色した段階で成熟とみなし、収穫した。収穫まで至った果粒において、小花の開花日からその小花に着果した果粒の成熟までの日数を算出し、成熟日数とした。収穫後に1果当たりの種子数、果粒重および糖度(Brix)について調査した。種子は褐色の濃い褐色種子と薄い白色種子に分別して数え、さらに種子重および発芽率の調査を行った。種子重は各処理区における全種子の乾燥重を測定した後、種子数で除して1種子重とした。

種子の発芽率は、乾燥して室温で保存していた種子を用いて行った。1回につき50個の種子を十分に吸水させた後、100 ppm (GA₃)に24時間浸漬した。その後、種子をシャーレ内の蒸留水で湿らせた濾紙上に置き、25±1.0℃、明期16時間の人工気象器内で発芽させた。発芽率は30日後に決定した。これを3回繰り返した。

各測定項目間の相関係数を求めた後、成熟日数を従属変数、褐色種子および白色種子数を独立変数とした重回帰分析を行った。相関係数の算出および重回帰分析には、統計解析ソフトウェア (SAS Institute Inc.) を用いて行った。なお、分析の際には、開花日を3月1日からの日数に変換して行った。

結 果

本実験では各処理区の結果率については調査していないが、収穫まで至った果粒は‘パークレー’の自家受粉区で41個、他家受粉区で71個、放任受粉区で46個であったのに対し、‘ディクシー’では各々20, 34, 28個で、両品種共に他家受粉区で収穫果数が最も多かった。

成熟までの日数は、両品種において他家受粉区で自家受粉区および放任受粉区に比べて約4日程早く、統計的に有意な差であった(第1表)。また、標準偏差は両品種共に放任受粉区で大きく、成熟日数の変動が大きいことを示していた。しかし、自家受粉区および他家受粉区における成熟日数の標準偏差は‘パークレー’でそれぞれ4.35および4.74、‘ディクシー’で同じく3.49および3.65で、大差はなかった。1果当たりの果粒重は他家受粉区で最も大きく、次いで自家受粉区、放任受粉区では最も小さかった。この傾向は品種による差異はなかった。また糖度も同様であった。

種子数は両品種において他家受粉区で67個程度であったが、自家受粉区では40個程度であった。放任受粉区では‘パークレー’で約38個、‘ディクシー’で約54個であった。また、両品種共に自家受粉および放任受粉区で白色種子が褐色種子と比較して多かった。一方、他家受粉区においては‘パークレー’で褐色種子が多かったが、‘ディクシー’では両者の数に差はなかった。両品種共に、1種子当たり重量は褐色種子が白色種子に比べて倍以上の値を示し、また白色種子は全ての区において発芽しなかった。褐色種子の発芽率は、‘ディクシー’の自家受粉区で4.1%、‘パークレー’の自家受粉区で約32.0%であったが、他家受粉区ではそれぞれ47.3および60.0%であった。一方、放任受粉区では‘ディクシー’において12.7%、‘パークレー’で34.7%であった(第2表)。

成熟日数と褐色種子および白色種子数との重回帰分析の

第1表 各処理区における収穫果粒の果粒重、糖度、種子数および成熟日数

♀ × ♂	成熟日数 (日)	果実重 (g)	糖度 (Brix)	種子数		
				褐色種子	白色種子	全種子
パークレー × パークレー	66.0±4.35 b ^a	2.1±0.52 b	11.2±0.90 a	12.5±7.83 b	31.8±13.56 a	44.2±18.17 b
パークレー × コリンス	61.5±4.74 a	2.7±0.61 a	11.6±1.14 a	43.3±21.91 a	23.8±11.13 b	67.2±17.52 a
パークレー 放任受粉	65.5±7.23 b	1.7±0.72 c	11.0±1.03 b	14.3±15.13 b	24.3±13.00 b	38.6±23.33 b
ディクシー × ディクシー	64.4±3.49 b	2.3±0.58 b	10.6±1.32 a	7.8±4.58 c	33.3±11.11 b	41.1±13.84 b
ディクシー × コリンス	61.0±3.65 a	3.1±0.71 a	11.0±0.98 a	33.0±19.47 a	34.0±14.24 a	67.0±21.91 a
ディクシー 放任受粉	64.6±4.27 b	2.2±0.67 b	10.6±1.43 a	17.9±11.77 b	36.0±12.81 b	53.9±20.63 b

^a 同一列内 (3 処理区) の異なる英文字間には Tukey-Kramer 法による 5% レベルで有意差がある

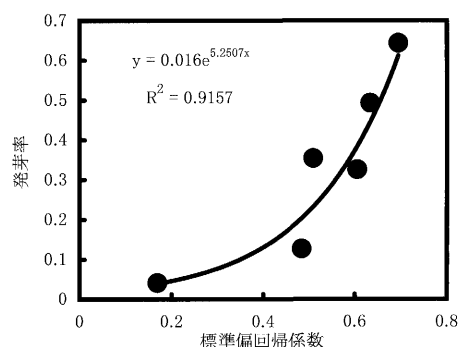
第2表 受粉方法の違いが種子重および種子の発芽率に及ぼす影響

♀ × ♂	種子 (mg)		種子発芽 (%)	
	褐色	白色	褐色	白色
パークレー × パークレー	0.48	0.18	32.0 b ^z	0.0
パークレー × コリンス	0.45	0.20	60.0 a	0.0
パークレー 放任受粉	0.44	0.18	34.7 b	0.0
ディクシー × ディクシー	0.61	0.20	4.1 b	0.0
ディクシー × コリンス	0.62	0.22	47.3 a	0.0
ディクシー 放任受粉	0.60	0.22	12.7 b	0.0

^z異なる英文字間には Tukey-Kramer 法による 5% レベルで有意差がある

第3表 各処理区の成熟日数を従属変数、褐色種子および白色種子を独立変数とした重回帰分析における重相関係数および標準偏回帰係数

♀ × ♂	重相関係数	標準偏回帰係数	
		褐色種子	白色種子
パークレー × パークレー	0.666 (p<0.0001)	-0.605 (p<0.0001)	-0.127 (p=0.3430)
パークレー × コリンス	0.691 (p<0.0001)	-0.694 (p<0.0001)	-0.004 (p=0.9734)
パークレー 放任受粉	0.607 (p<0.0001)	-0.509 (p=0.0003)	-0.192 (p=0.1485)
ディクシー × ディクシー	0.585 (p=0.0282)	-0.169 (p=0.4568)	-0.488 (p=0.0422)
ディクシー × コリンス	0.632 (p=0.0004)	-0.633 (p<0.0001)	-0.006 (p=0.9647)
ディクシー 放任受粉	0.459 (p=0.0521)	-0.484 (p=0.0195)	0.078 (p=0.6930)



第1図 褐色種子の標準偏回帰係数と発芽率の関係

結果、‘ディクシー’の自家受粉区を除く全ての区で褐色種子における標準偏回帰係数の絶対値が大きく、褐色種子数が果粒の成熟により大きく影響することが明らかになった(第3表)。さらに、褐色種子の標準偏回帰係数は発芽率との間に高い相関($R^2=0.9157$)が認められ、発芽率の高い区において褐色種子の標準偏回帰係数はより大きな値を示した(第1図)。

考 察

ハイブッシュブルーベリーは自家結実性が高く、他家受粉による結果率と差がない(Gupton・Spiers, 1994; Lang・Danka, 1991)ことから、経済栽培において自家受粉で問題はない。しかし、自家受粉に比べ他家受粉で果粒の肥大や成熟が促進される(Lang・Danka, 1991)ことから、他家受粉による果実生産が一般的に行われている。本実験では結果率については調査していないが、果粒の肥大は自家受粉お

よび放任受粉区に比べて他家受粉区において優れ、収穫時の果粒重は有意に大きくなった。一般に、収穫時の果粒重は含有種子数に影響される(Kushima・Austin, 1979; Mooreら, 1972; 壽松木ら, 1998; Tamada・Iwagaki, 1977)が、本実験でも両品種の他家受粉区において1果当たりの全種子数と褐色種子数は多くなった。

1果当たりの含有種子数の多少が果粒の成熟に影響を及ぼすことは、これまでも報告されている(Darrow, 1958; Lang・Danka, 1991; Gupton・Spiers, 1994)。本実験においても成熟日数を従属変数、褐色種子および白色種子を独立変数とした重回帰分析の結果では、両品種において種子数と成熟日数の間には有意な重相関係数が得られた。さらに標準偏回帰係数の絶対値は、‘ディクシー’の自家受粉区を除く全ての処理区において白色種子に比べ褐色種子で大きく、果粒の成熟において褐色種子の影響がより大きいことが明らかになった。

ブルーベリーの種子は、充分に発達した褐色の濃い種子と未発達の褐色の薄い種子が混在することは良く知られている(Kushima・Austin, 1979; Suzuki・Kawata, 2001)。Bell (1957)は、ブルーベリー種子の発育過程を調査した結果、充分に発達した種子においても胚が未発達で胚乳のみが発達したものが存在することを報告している。本研究では、褐色種子の標準偏回帰係数は発芽率との間に高い相関が見られ、褐色種子の発芽率が高い処理区において果粒の成熟日数に及ぼす褐色種子数の影響が大きいことが明らかになった。従って、ブルーベリー果粒の成熟は1果当たりの、特に発芽力を有する褐色種子数により強く影響されるものと考えられた。また、本実験における放任受粉区では、複

数品種の花粉による他家受粉と自家受粉によって種子が形成された可能性があるが、褐色種子数は‘ディクシー’で自家受粉区に比べて多かった。ブルーベリーでは花粉親品種の違いが結果率や果粒重に影響することも知られている (Gupton・Spiers, 1994) が、花粉親の違いによって褐色種子の数や発芽率の異なることが果粒の成熟に関与している可能性が考えられた。

一般に、種子が果粒の成熟に影響を及ぼす機構については明らかにされているとは言えないが、オウトウでは種子の生産する GA や IAA (Kondo ら, 2000), 果実の内生アブシジン酸 (ABA) (Kondo・Gemma, 1993) 等の植物ホルモンが関与していること、またブドウの着色には ABA が関与すること (松島ら, 1989) が報告されている。したがって果実内の植物ホルモン生産に関与する 1 果当たりの発芽力を有する完全種子数が多いほど、果粒中の植物ホルモン含量に及ぼす影響が強く、成熟を早めるものと考えられる。今後、1 果当たりの種子数と果粒の内生ホルモン含量との関係について調査することにより、ブルーベリー果粒の成熟機構を明らかにすることができると考えられる。

本実験において、各処理区の成熟日数は両品種において放任受粉区および自家受粉区で長く、他家受粉区で短くなった。さらに果粒ごとの変異を示す標準偏差は、放任受粉区で最も大きくなったが、自家受粉および他家受粉区では同程度であった。従って同一樹あるいは同一花房内で自家受粉と他家受粉が混在した場合には果粒の成熟における変異が大きくなるが、自家受粉あるいは他家受粉のみで果粒が着果した場合には差がないと考えられた。以上のことから同一園に複数の品種を混植することを避け、単一の品種のみで、且つ媒介昆虫を導入して自家受粉を確実にに行わせることにより成熟のばらつきを小さくし、さらに収穫期間を短くすることも可能であると考えられた。しかし、植木と米田 (2005) は‘ノースランド’における 1 花房当たりの収穫期間は、‘マイ’および‘レカ’による他家受粉で 10 日程度の差があることを報告している。従って果粒の成熟日数における変動は花粉親品種の違いによって異なる可能性も考えられることから、さらに検討が必要であろう。

摘 要

ブルーベリー果粒の成熟機構を明らかにするため、‘パークレー’および‘ディクシー’を供試して自家受粉、他家受粉および放任受粉を行い、果粒の含有種子数と成熟日数の関係について検討した。1 果当たりの含有種子数は他家受粉区で多く、且つ未熟な白色種子に比べて充実した褐色種子数が多くなった。成熟日数を従属変数、褐色種子および白色種子数を独立変数とした重回帰分析の結果、供試した 2 品種のすべての処理区において有意な重回帰係数が得られた。また、‘ディクシー’の自家受粉区を除くすべての処理区で褐色種子の標準偏回帰係数の絶対値は白色種子に

比べて大きな値を示した。さらに、褐色種子の発芽率は他家受粉区で高く、標準偏回帰係数との間に極めて高い相関が見られた。従ってブルーベリー果粒の成熟は含有する発芽力のある褐色種子数の多少によって影響を受けるものと考えられた。

引用文献

- Bell, H. P. 1957. The development of the blueberry seed. *Can. J. Botany* 35: 139–153.
- Darrow, G. M. 1958. Seed number in blueberry fruits. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 72: 212–215.
- Gupton, C. L. and J. M. Spiers. 1994. Interspecific and intraspecific pollination effects in rabbiteye and southern highbush blueberry. *HortScience* 29: 324–326.
- 岩崎直人・渡辺公一. 2004. ブルーベリーの成熟に及ぼす開花日ならびに種子数の影響. *明治大学農研報.* 140: 25–31.
- Kondo, S. and H. Gemma. 1993. Relationship between abscisic acid (ABA) content and maturation of the sweet cherry. *J. Japan. Soc. Sci.* 62: 63–98.
- Kondo, S., Y. Hayata and N. Iwasaki. 2000. Effects of indole-3-acetic acid and gibberellins on fruit development and maturation of sweet cherries. *Acta Hort.* 514: 75–82.
- Kushima, T. and M. E. Austin. 1979. Seed number and size in rabbiteye blueberry fruit. *HortScience* 14: 721–723.
- Lang, G. A. and R. G. Danka. 1991. Honey-bee-mediated cross-versus self pollination of ‘sharpblue’ blueberry increas fruit size and hastens ripening. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116: 770–773.
- 松島二良・平塚 伸・谷口典生・輪田竜治・須崎徳高. 1989. ABA 処理したブドウ‘オリンピック’の果皮中におけるアントシアニンおよび糖の変動. *園学雑.* 58: 551–555.
- Moore, J. N., B. D. Reynolds and G. R. Brown. 1972. Effects of seed number, size, and development on fruit size of cultivated blueberries. *HortScience* 7: 268–269.
- 壽松木章・清水知昭・青葉幸二. 1998. ハイブッシュブルーベリー果粒の成熟に対する葉果比および受粉の影響. *園学雑.* 67: 739–743.
- Suzuki, A. and N. Kawata. 2001. Relationship between Anthesis and harvest date in Highbush Blueberry. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 70: 60–62.
- 玉田孝人. 1999. ハイブッシュブルーベリー栽培の実際. p. 21–27. 農業技術大系果樹編 7. ブルーベリー栽培の基礎. 農山漁村文化協会. 東京.
- Tamada, T. and H. Iwagaki. 1977. The pollination of rabbiteye blueberry in Tokyo. *Acta Hort.* 61: 335–341.
- 植木勸嗣・米田義弘. 2005. 受粉がブルーベリー果実の成熟日数に及ぼす影響. *園学雑.* 74 (別 1): 89.