

カキ‘西村早生’の結実と種子形成に及ぼす自家受粉時期の影響

長谷川耕二郎・北島 宣
(農学部暖地園芸学講座)

Effect of Self-Pollination Time on Fruit Set and Seediness of Persimmon ‘Nishimurawase’

Kojiro HASEGAWA and Akira KITAJIMA

Chair of Horticulture, Faculty of Agriculture

Abstract: The experiments were conducted to analyze the effect of self-pollination time, hand pollinated at 0, 4 and 6 days after blooming time (DAB), on fruit set and seediness in persimmon ‘Nishimurawase’. ‘Nishimurawase’ 12-year and 3-year old trees were used as seed and pollen parents.

1. Fruit set of ‘Nishimurawase’ in 0 DAB were higher than in 4 DAB, and the percentages of seedless fruit in 0 DAB, 4 DAB and 6 DAB were 0 %, 21% and 100%, respectively.
2. The percentages of poorly-filled imperfect seed of 0 DAB and 4 DAB were 21% and 19% at blooming day and at 4 days after blooming time, respectively. The percentages of fruit with more than 5 perfect seeds of 0 DAB and 4 DAB were 41.2% and 43.5%, respectively. Therefore, it seemed that in case of seeded fruit, number of seeds per fruit did not affected by self-pollination time.
3. The poorly-filled imperfect seeds of 0 DAB and 4 DAB were almost similar in their occurrence ratio to perfect seed and their size each other. While a few percent, perfect seeds of 0 DAB and 4 DAB had abnormal embryo or embryoless.

緒 言

‘西村早生’は種子形成力がかなり強く、単為結果力もある程度高いので、生理落果は少ないとされている¹⁾。しかし、‘西村早生’は不完全甘ガキのため、単為結果力が高いことが災いし、種子数の少ない果実も着果してしまっただけで脱渋不完全の果実が生じやすい傾向があるともいわれる¹⁾。不完全甘ガキではカキ果実の8子室内の種子の分布が均等に配置されなければ4個の種子でも果肉の一部に褐斑が形成されず半渋果となる²⁾。したがって、種子の分布の違いに関わらず果肉全体が自然脱渋されるためには‘西村早生’では5個以上の種子形成が望ましく、人工受粉が必須である。

‘西村早生’の自家受粉では‘禪寺丸’花粉に比べて完全種子の形成がやや劣ったことを前報³⁾で報告した。しかし、受粉時期と種子形成との関係は明らかではない。本報では、‘西村早生’の自家受粉を行い、受粉時期の違いと結実および種子形成との関係を明らかにしようとした。なお、種子は完全種子と不完全種子とに区別し、不完全種子の発生に注目した。

材料および方法

1995年に本学研究圃の‘西村早生’を12年生2樹と3年生5樹供試した。約15cmの結果母枝を12年生樹より40本、3年生樹より20本それぞれラベルし、開花前に結果母枝内の花蕾をあらかじめ硫酸紙小袋で被袋した。5月12日と13日に開花した花だけを残し、それ以外の花は摘除した。12年生樹では、開花当日受粉区と開花4日後受粉区に結果母枝を20本ずつ、3年生樹では、開花当日受粉区と開花6日後受粉区に結果母枝を10本ずつそれぞれ区分した。‘西村早生’雄花を開花当日に採取して花粉を冷蔵貯蔵(2℃)し、5月12日または13日(開花当日受粉区)と16日または17日(開花4日後受粉区)および18日または19日(開花6日後受粉区)にそれぞれ1倍花粉を細筆で雌花に人工受粉した。生理落果終了時の7月17日に結果数を調査した。

9月11日に収穫し、開花当日区、開花4日後区および開花6日後区の自家受粉した収穫時の‘西村早生’の果実外観と種子の状態を写真撮影した。なお、外見的に正常に発育している種子を完全種子とし、厚さが薄くて小さい種子を不完全種子とし、5mg以下のものは不受精胚珠として区分した。12年生樹の開花当日と開花4日後受粉区の収穫果実40果ずつ、3年生樹の開花当日と開花6日後受粉区の収穫果実15果ずつについて果重、果径(横径<長径, 短径)、縦径)を測定し、果皮色はカキカラーチャートで果頂部と赤道部を測定した。糖度は果汁をデジタル屈折糖度計(アタゴ社製, PR-100)で、果肉硬度はユニバーサル型果肉硬度計(藤原製作所製, KM型)で測定した。開花当日と開花4日後受粉区の収穫果実の完全種子、不完全種子はそれぞれの重さ、幅、長さ、厚さを調査した。また、3年生樹の開花当日と開花6日後受粉区の収穫果実の不受精胚珠はそれぞれの重さ、幅、長さ、厚さを調査した。

結 果

‘西村早生’の雌花は、開花当日において花卉と柱頭がともに新鮮で黄白色であり、開花4日後では花卉は褐色に変色しているものの柱頭は黄白色であったが、開花4日後の雌花で柱頭の先端が褐色化している場合もあり、開花6日後では花卉と柱頭がともに明確に褐色に変色していた(Fig. 1)。

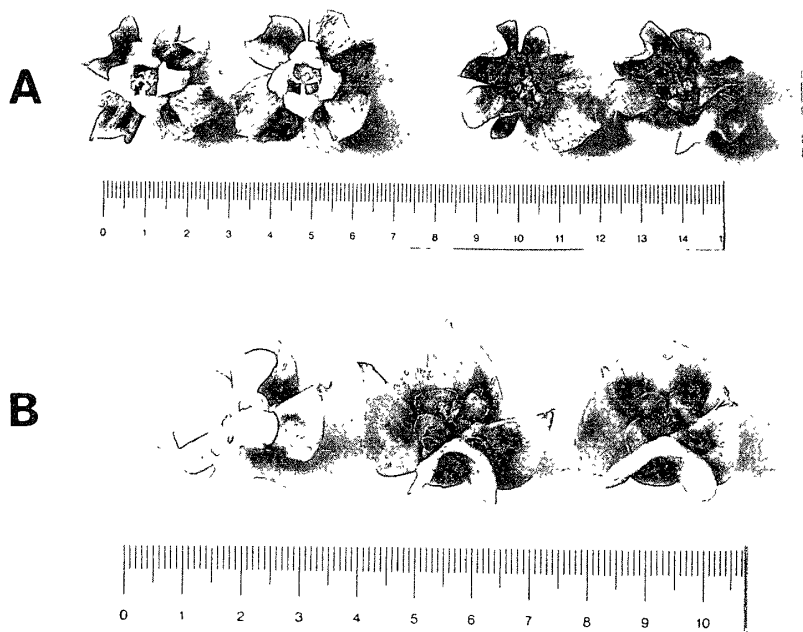


Fig. 1. Different aspects in female flowers of persimmon 'Nishimurawase' from blooming day to 6 days after blooming day. A: Female flowers at blooming day (left, flowers with yellow flower organs) and 4 days after blooming day (right, flowers with yellow stigmas and light brown petals). B: Female flowers at blooming day (left, flowers with yellow flower organs), 4 days after blooming day (center, flowers with light brown stigmas and petals) and 6 days after blooming day (right, flowers with brown stigmas and petals).

‘西村早生’の自家受粉において、開花4日後の受粉区は開花当日受粉区に比べて結果率が低く、無種子果実が21%みられた (Table 1). 9月11日収穫時の開花当日受粉果実において、完全種子が2個の果実では果実横断面の果肉の褐斑が種子のある部位を中心に、果肉全体の半分程度しか形成されず、自然脱渋が部分的にしか行われておらず、完全種子が5個以上の果実で果肉の褐斑が果肉全体におよび、自然脱渋が果肉全部位に進んでいた (Fig. 2). 開花6日後受粉区では有種子果実はなく、果皮は着色しておらず、果肉の褐斑は全く形成されず、果肉全体が自然脱渋されていなかった (Fig. 3, Table 2). 開花当日に比べて開花4日後受粉区の収穫果実では果皮色がやや不良で、種子数がやや少なかったが、開花4日後受粉区の無種子果を除いた有種子果だけの平均値では果皮色と種子数に両区の差はなかった (Table 2). 開花当日および開花4日後受粉区の有種子果実には完全種子が4個程度、不完全種子が1個程度および不受精胚珠がみられた (Fig.4). 開花当日および開花4日後受粉区の完全種子には胚が異常に小さい異常胚がいずれも6%程度と無胚の種子がそれぞれ4.9%と2.1%みられた (Fig. 5, Table 3). 開花当日と開花4日後受粉区において、不完全種子のある果実の割合はいずれも70%程度であり (Table 4), 不完全種子発生率はいずれも20%程度であった (Table 5). 有種子果実においては、完全種子が5個以上の果実の割合は開花当日受粉区で41.2%, 開花4日後受粉区では43.5%であり、両区の差は少なかった (Table 6). ‘西村早生’では、開花当日受粉区と開花4日後受粉区の受粉時期の違いに関わらず、6~10mg および11~30mg の小さな不完全種子の割合が多かった (Table 7). 開花当日と開花4日後受粉の不完全種子の大きさには差がなく、不完全種子の重さは完全種子の2%程度であった (Table 8). 3年生樹における開花当日と開花6日後受粉区にみられた収穫果実の不受精胚珠には大きさの差異はなかった (Table 9).

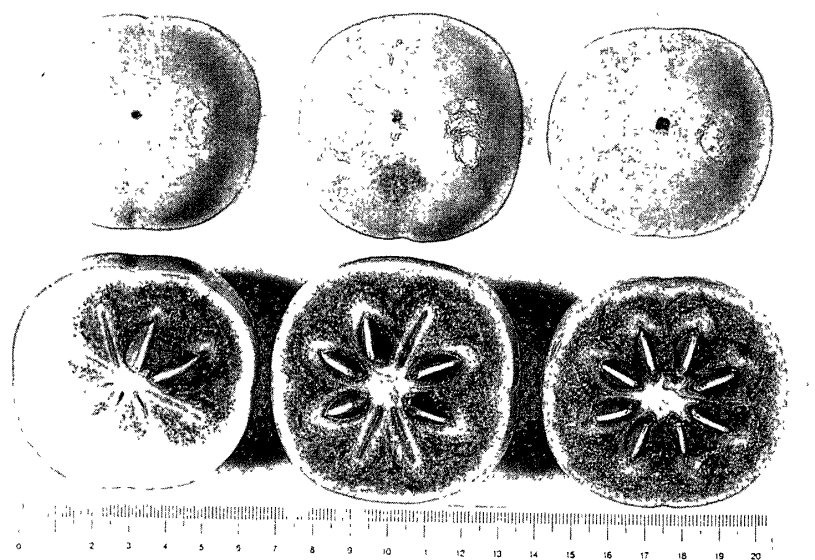


Fig. 2. Peel colouring and transverse section of fruits with 2 perfect seeds (left), 5 perfect seeds (center) and 8 perfect seeds (right) of persimmon ‘Nishimurawase’ in harvest season (11 Sep. 1995).

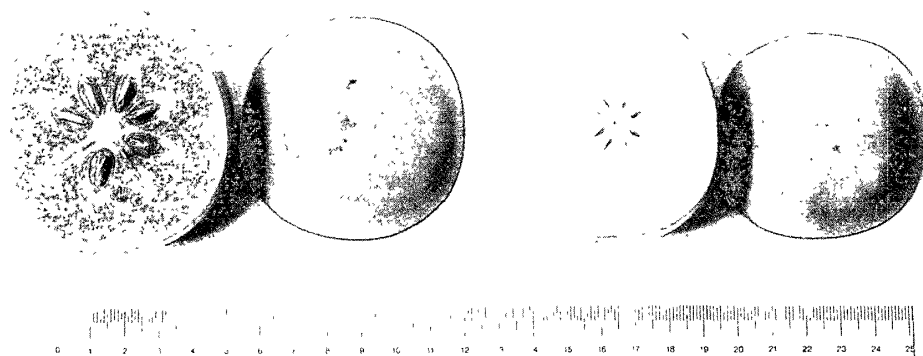


Fig. 3. Transverse section of persimmon 'Nishimurawase' fruit from self pollinated at blooming day (left - 6 perfect seeds and 1 imperfect seed) and self pollinated at 6 days after blooming time (right - no seed) in harvest season (11 Sep. 1995)



Fig. 4. Perfect (P) and imperfect (I) seeds and unfertilized (U) ovules of persimmon 'Nishimurawase' self-pollinated at blooming day (left) and 4 days after blooming time (right) in harvest season (11 Sep. 1995).

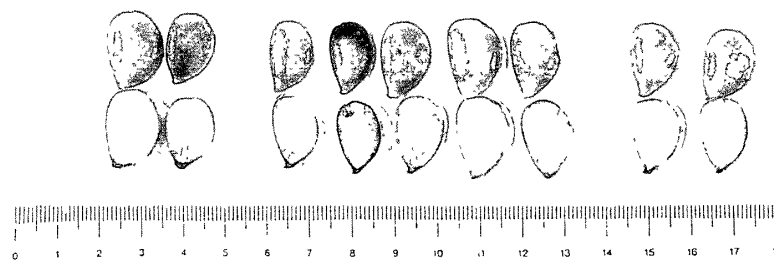


Fig. 5. Normal embryo seeds (left) and abnormal embryo seeds (center) and embryoless seeds (right) of persimmon 'Nishimurawase' self-pollinated at blooming day in harvest season (11 Sep.1995).

Table 1. Effect of self-pollination time on fruit set and percent of seeded fruit in 'Nishimurawase'

Time of pollination after blooming	Fruit set (%)	seeded fruit (%)
0 day	83.3	100.0
4 days	60.0	79.3
Significance ^x	*	-

^z * indicates at= $p=0.05$ by t-test (n=20).

Table 2. Effect of self-pollination time on fruit size, fruit quality and seed number in 'Nishimurawase'

Tree age (years)	Time of pollination after blooming	Color chart ^r value Fruit apex	Fruit			Flesh firmness (kg/cm ²)	Soluble solids (%)	No. of seed		
			Weight (g)	Diameter (mm)	Length (mm)			Perfect	Imperfect	Total
12	0 day	463	134.9	68.1	47.1	3.8	15.1	4.24	1.12	5.35
12	4 days	4.03(4.43) ^y	1391(141.3)	68.7(69.0)	46.9(47.1)	3.3(3.3)	14.6(14.6)	3.38(4.26)	0.79(1.00)	4.17(5.26)
	Significance ^v	* (ns)	ns (ns)	ns (ns)	ns (ns)	* (*)	ns (ns)	* (ns)	ns (ns)	** (ns)
3	0 day	4.32	132.5	68.4	47.7	3.2	14.5	4.18	1.55	5.73
3	6 days	2.73	103.0	63.1	43.4	3.1	17.2 ^w	0	0	0
	Significance ^v	***	***	***	***	ns	***	***	***	***

^rColor chart value for Japanese persimmon.

^yMeans of seeded fruits (n=32).

^vns,*and** indicate nonsignificant, significant at $p=0.05$ and $p=0.01$ by t-test, respectively (n=40).

^wValues no removed astringency.

^vns and *** indicate nonsignificant, significant at $p=0.001$ by t-test, respectively (n=15).

Table 3. Effect of self-pollination time on percentage of embryoless seeds of 'Nishimurawase' (Harvest season)

Time of pollination after blooming	Normal embryo (%)	Abnormal embryo (%)	Embryoless seed (%)	Total (%)
0 day	88.8	6.3	4.9	100
4 days	91.8	6.1	2.1	100

Table 4. Effect of self-pollination time on occurrence of fruit with imperfect seed of 'Nishimurawase'

Time of pollination after blooming	Percent of seeded fruit	
	Imperfect and perfect seed	Perfect seed only
0 day	70.6	29.4
4 days	69.6	30.4

Table 5. Effect of self-pollination time on occurrence of imperfect seed of 'Nishimurawase'

Time of pollination after blooming	Percent of seed	
	Perfect	Imperfect
0 day	79.1	20.9
4 days	81.1	18.9

Table 6. Distribution (%) of fruit with different number of perfect seeds from self-pollination at 0 and 4 days after full bloom in 'Nishimurawase'

Time of pollination after blooming	Number of perfect seed per fruit (%)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	1 - 4	5 - 8
0 day	5.9	11.8	20.6	20.6	11.8	17.6	8.8	2.9	58.8	41.2
4 days	4.4	13.0	21.7	17.4	21.7	4.4	13.0	4.4	56.5	43.5

Table 7. Effect of self-pollination time on range of imperfect seed weight of 'Nishimurawase'

Time of pollination after blooming	Range of imperfect seed weight (%)				
	6 - 10mg	11 - 30mg	31 - 50mg	51 - 100mg	101 - 150mg
0 day	47.4	34.2	13.2	5.3	0.0
4 days	30.0	55.0	15.0	0.0	0.0

Table 8. Effect of self-pollination time on seed size in 'Nishimurawase'

Seed type	Time of pollination after blooming	No. of seed	Weight (mg)	Width (mm)	Length (mm)	Thickness (mm)
Perfect	0 day	144	890.9	12.12	19.00	5.91
	4 day	98	821.2	11.46	18.81	5.75
	Significance'		***	***	ns	ns
Imperfect	0 day	39	18.1	3.77	8.16	0.74
	4 day	30	19.9	3.91	8.82	0.79
	Significance'		ns	ns	ns	ns

' ns and *** indicate nonsignificant and p=0.001 by t-test, respectively.

Table 9. Effect of self-pollination time on unfertilized ovule size in 'Nishimurawase'

Time of pollination after blooming	No. of unfertilized ovule	Weight (mg)	Width (mm)	Length (mm)	Thickness (mm)
0 day	12	2.08	1.84	3.33	0.33
6 day	26	1.92	1.80	3.12	0.34
Significance'		ns	ns	ns	ns

' ns indicates nonsignificant.

考 察

前報³⁾では、‘禪寺丸’、‘西村早生’および‘花御所’の花粉を‘西村早生’に人工受粉することにより、1993, 94 両年ともに結実が高く、無種子果はなく、多くの種子が形成され、このことから、‘西村早生’は種子形成力が強く、自家結実性を持つと考えられたことを述べた。また、前報³⁾では、‘西村早生’の自家受粉では不完全種子が他の受粉区よりやや多く発生し、完全種子数が5個以上の果実の割合が‘禪寺丸’受粉区に比べてやや低下したことも述べた。本調査では、‘西村早生’の自家受粉における開花当日と開花4日後受粉区の結果率と種子形成を比較し、また、開花6日後受粉区の種子形成を明らかにしようとした。

生理落果終了時の結果率は、開花当日受粉区の83%に比べて、開花4日後受粉区では60%と低く、収穫果実の有種子果率が開花当日受粉区で100%であったのに対して、開花4日後受粉区では79.3%であり (Table 1)、開花4日後受粉区では開花当日受粉区に比べて、結果率と有種子果率がそれぞれ20%余り低くなったことが明らかとなった。このことは‘西村早生’における開花4日後受粉区では、種子が全く形成されない果実が多くなったために落果が高まったと考えられ、開花4日後の雌花ではその4割程度の柱頭が受粉の機能を持たなくなっていたと推定された。開花6日後の自家受粉区では有種子果は全くなく、不受精胚珠しかみられなかったことから、開花6日後時点では雌花の柱頭は受粉能力を失っていたと考えられた。

開花4日後受粉区の収穫果実は全体に開花当日受粉区に比べて果皮色がやや不良で、種子数が少なかったが、有種子果だけの比較では開花4日後と開花当日受粉区との収穫果実の果皮色および種子数の差違はなく (Table 2)、無種子果の混在は着色の不良を招き、収穫期を大幅に遅らせるため栽培上問題であると考えられた。有種子果において、完全種子数5～8個の果実の割合は開花当日と開花4日後の自家受粉区でそれぞれ41.2%と43.5%、完全種子数の平均値ではそれぞれ4.25と4.22であり、完全種子だけを有する (不完全種子が混在しない) 果実の割合は開花当日と開花4日後の自家受粉区でそれぞれ29.4%と30.4%であった (Table 4)。これらのことより、開花当日と開花4日後受粉区の有種子果における種子形成程度の差違はないと考えられた。すなわち、開花4日後受粉区では、柱頭に受粉の機能をもつ雌花であれば開花当日受粉区に比べて、種子形成程度は劣らないことが示唆された。

前報³⁾において、‘西村早生’自家受粉区の有種子果における完全種子数5～8個の果実の割合が1993年と1994年でそれぞれ69%と72%、完全種子数の平均値ではそれぞれ4.93と5.13であったことから、本調査での開花当日受粉区の種子形成程度が1993年と1994年における自家受粉区に比べて低いことがうかがえる。前報³⁾における1993年と1994年の自家受粉では、‘西村早生’の雌花の開花当日から3日の期間に‘西村早生’1倍花粉で本報と同様の方法で人工受粉を行っている。したがって、本実験の結果では同じ開花当日の自家受粉が開花1日後から3日後までの期間の自家受粉に比べて種子形成が劣ることも考えられる。浅見⁴⁾は受粉試験において、‘禪寺丸’花粉を‘富有’の開花2日前から開花5日後までの期間に受粉を行い、有核果の含有種子数の値が開花当日、1日後、2日後の3処理でそれぞれ5.11、5.34、および5.34と、ほとんど同様であり、開花3日後で3.72、開花5日後では2.42と低下したと報告している。本調査での不完全種子発生率は開花当日受粉区と開花4日後受粉区でそれぞれ20.9%と18.9%であり (Table 5)、前報で示した1993年と1994年の自家受粉区 (開花当日から3日までの期間に受粉) の不完全種子発生率18.4%と16.1%に比べて2%程度高かった。これらの結果から、開花当日から開花4日後までの期間における受粉であれば、不完全種子の発生程度に大きな差違はないが、開花1日後から3日後の自家受粉が開花当日受粉に比べて不完全種子の発生がいくぶん少なくなる可能性も考えられる。この点は今後調査が必要である。

カキの雌ずいは開花4日前から受精能力を持ち、開花当日から4日間程度は受精能力が高く、その後も柱頭がみずみずしければ受精能力があり、開花当日の雌花は花弁が白く、柱頭は粘液で濡れており、受精能力は最も高いとされている⁵⁾。しかし、開花時期と種子形成とくに不完全種子発生率との関係についての詳しい調査は行われていない。開花時期と雌花の種子形成程度に差違が生じる要因として、第一に開花時における柱頭での受粉受け入れの容易さの程度が考えられる。開花当日に比べて、開花1日または2日後の雌花の方が花弁の開き具合と柱頭の間隔状態から、受粉受け入れが容易であった可能性が考えられる。第二に開花時における雌ずいの円熟程度の違いが考えられる。福井ら⁵⁾は‘西村早生’の胚嚢の完成期は開花4日前であり、異常胚嚢の発生率から、‘西村早生’の開花時の受精可能な胚嚢の数は6個前後と考えられると述べている。開花当日と1、2日後では異常胚嚢の程度がすでに確定されているが、受精した種子が発育の早期に退化し、不完全種子になる頻度が雌ずいの発育段階の違いで多少異なる可能性も考えられる。一方で、不完全種子の発生は受粉日の違いに起因していない可能性も考えられる。不完全種子の発生率は品種の違いにより異なっていることや、‘西村早生’においても花粉親の違いにより不完全種子の発生率が異なることから¹⁾、遺伝的要因によるものかもしれない。これらの点について、今後検討が必要である。

収穫時の不完全種子のすべてが、開花当日受粉区では100mg以下であり、開花4日後受粉区では50mg以下の小さくて厚さの薄い不完全種子であった(Table 6)。これらの小さな不完全種子は、完全種子に比べて種子の周囲の褐斑形成が不十分であり(Fig. 2)、果肉のタンニン細胞の不溶化作用においてはるかに劣るものと考えられた。不受精胚珠では4mg以下であったが、不完全種子でも6~10mgの微小なものが、開花当日受粉区および開花4日後受粉区でそれぞれ47および30%みられた(Table 6)。本調査より、‘西村早生’の開花当日受粉区は開花4日後受粉区に比べて極小な不完全種子の発生が多くなると考えられた。福井ら⁷⁾は‘西村早生’の種子の胚および胚乳には3つのタイプの発育異常が観察され、第一のタイプは開花以前の胚嚢発育に由来する発育異常、第二のタイプは受精後の胚嚢内の胚乳核分裂が認められずまた、極端に遅延したもの、第三のタイプはある程度発育した胚乳組織が発育不全を起こし退化したものと報告している。第三のタイプの胚乳組織が退化した種子は開花後20日目以降に正常に発育している種子の中から発生したと考察している。本調査の‘西村早生’の微小な不完全種子は第1または第二のタイプと考えられ、これらの不完全種子が開花当日の自家受粉区でやや多くなる原因については今後検討が必要である。ともあれ、栽培上は‘西村早生’の不完全種子を少なくし、完全種子数を高めて半洪果の混入率を低下させるために、‘禅寺丸’のような種子形成が容易で比較的完全種子発生が少ない花粉を用いて‘西村早生’の開花盛期に人工受粉をする必要がある。なお、二重受粉により、種子形成が高まることも考えられるので、‘西村早生’の自家受粉も他品種による人工受粉と相俟って、含種子数増加に関与することも想定される。

‘西村早生’自家受粉区の完全種子において、異常胚と無胚種子が1993年で3%と5%、1994年で5%と4%出現したことを前報³⁾で報告したが、本調査の、開花当日および開花4日後受粉区においても異常胚が6%及び無胚種子が2~5%出現しており(Fig. 5, Table 3)、外見的に正常な‘西村早生’の完全種子でも胚の発育が受粉時期の違いに関わらずごく一部出現するものと考えられる。‘次郎’および‘前川次郎’をはじめ他の品種でも異常胚及び無胚種子の発生は認められており⁸⁾、この発生要因についての検討も今後必要である。

要 約

カキ‘西村早生’を供試し、開花の当日、4日後および6日後に自家受粉を行い、受粉時期の違いと結実および種子形成との関係について調査した。

1. ‘西村早生’の開花当日の自家受粉では結果率は高く、無種子果実がなかったが、開花4日後受粉区では結果率は低下し、無種子果実が21%みられた。開花6日後受粉区ではすべて無種子果実であった。

2. 不完全種子の発生率は開花当日および4日後の自家受粉区でそれぞれ21%と19%であり、1果当たり完全種子数が5個以上の果実の割合は開花当日および4日後の自家受粉区でそれぞれ41.2%と43.5%であり、有種子果実における種子形成には開花当日と4日後の自家受粉区での差異はないと考えられた。

3. ‘西村早生’の不完全種子のほとんどは、受粉時期の違いにかかわらず小さくて、厚さも薄い種子であった。‘西村早生’の完全種子でも受粉時期の違いにかかわらず、無胚種子および異常胚種子が出現した。

キーワード：カキ‘西村早生’、完全種子数、不完全種子、自家受粉時期

引用文献

- 1) 山田昌彦：果樹園芸大百科6 カキ. 主要品種の特性. 121-137. 農文協. 東京 (2000).
- 2) 中村三夫・福井博一：カキの生理生態と栽培新技術. III種子 1種子と果実成長との関係. p.53-60. 誠文堂新光社. 東京 (1994).
- 3) 長谷川耕二郎・北島 宣：カキ‘西村早生’の種子形成に及ぼす花粉親の影響. 高知大学研報, 49, 1-9 (2000).
- 4) 浅見與七：果樹の蕾受粉試験. 園学雑, 11, 1-12 (1940).
- 5) 林 公彦：果樹園芸大百科6 カキ. 開花結実期 人工受粉. 188-190. 農文協. 東京 (2000).
- 6) 福井博一・西元和男・中村三夫：カキ‘西村早生’の胚嚢の発育に関する研究. 園学雑, 57, 615-619 (1989).
- 7) 福井博一・若山善秋・中村三夫：カキ‘西村早生’の種子の発育不全について. 園学雑, 60, 301-307 (1991).
- 8) 長谷川耕二郎・永田広敏：カキ‘次郎’および‘前川次郎’の不完全種子の発現とその大きさ. 園学雑, 61, 747-755 (1993).

平成14年(2002)年10月3日受理

平成14年(2002)年12月25日発行