

カキ‘西村早生’の種子形成に及ぼす花粉親の影響

長谷川耕二郎・白神 良二・北 島 宣

(農学部暖地園芸学講座)

Effect of Pollen Parent on Seediness in Persimmon ‘Nishimurawase’

Kojiro HASEGAWA, Ryoji SHIRAGA and Akira KITAJIMA

Chair of Horticulture, Faculty of Agriculture

Abstract : The experiments were conducted to analyze the effect of pollen parents on fruit set and seediness in persimmon ‘Nishimurawase’. As pollen parents, ‘Nishimurawase’, ‘Zenjimaruru’ and ‘Hanagosho’ were used.

1. Percentages of fruit set of ‘Nishimurawase’ were high by hand pollination of different pollen parents ‘Nishimurawase’, ‘Zenjimaruru’ and ‘Hanagosho’ and hand pollinated fruits were seeded and had about 6 seeds on average.

2. The percentage of poorly-filled imperfect seed of ‘Nishimurawase’ over 2 years were 17%, 12% and 11% on self pollinated fruit, ‘Hanagosho’ and ‘Zenjimaruru’ cross pollinated fruits, respectively. The percentages of fruit with more than 5 perfect seeds were decreased to some extent in self-pollinated compared with in cross pollinated fruits. Therefore, the percentages of fruit with perfect removal of astringency were decreased to some extent in self pollinated fruit.

3. The poorly-filled imperfect seeds of ‘Nishimurawase’ were thinner and smaller length than perfect seed entirely in pollinated fruit by three pollen parents. These imperfect seeds were distinguishable from normal one by their length and thickness at 6 weeks after full bloom.

4. In spite of the different three pollen parents, 2~5% of perfect seeds on ‘Nishimurawase’ had abnormal embryo or embryoless.

5. The values of seed fresh weight of ‘Nishimurawase’ were the highest in fruit pollinated ‘Hanagosho’ pollen, and the lowest in self pollinated.

緒 言

カキ‘西村早生’は9月に収穫することのできる極早生の不完全甘ガキであり、半渋果の混入を防ぐには5個以上の種子形成が望ましく、人工受粉が必須となっている。‘西村早生’には雄花が着生するが、花粉の量が少ないためか、他の雄花着生品種を受粉樹にする場合が多い。しかし、‘西村早生’の自家受粉を含めて花粉親品種の違い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’、‘禅寺丸’および‘花御所’を花粉親として、花粉親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

1993年に本学研究圃の10年生‘西村早生’2樹を供試し、1994年にも調査を反復した。約15cmの結果母枝を1993年には60本、1994年には90本ラベルし、開花前に花蕾をあらかじめ硫酸紙小袋で被袋した。‘西村早生’、‘禅寺丸’および‘花御所’を花粉親とする3処理区に1993年には20本、1994年には30本ずつ区分した。‘西村早生’と‘禅寺丸’の雄花は本学研究圃の樹体を、‘花御所’は高知県果樹試験場圃場の樹体をそれぞれ用いて、開花当日に採取して花粉を冷蔵貯蔵(2℃)し、‘西村早生’の満開期、1993年は5月15日、1994年は5月10日に3品種の1倍花粉を細筆で雌花に人工受粉した。両年とも7月12日に結果数を調査し、1993年には9月9日、1994年には9月6日に収穫し、果実品質ならびに種子数を調査した。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(愛宕社製, 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。なお、外見的に正常に发育している種子を完全種子とし、厚さが薄くて形も小さい種子を不完全種子として区分した。完全種子、不完全種子それぞれの重さ、幅、長さ、厚さを調査した。花粉遮断区的不受精胚珠の調査より、5mg以下のものは不受精胚珠とした。

なお、1994年には人工受粉1週間後に各処理区10果ずつ幼果を採取し、胚珠を摘出してFAA液に固定後、パラフィンに包埋して10 μ mの切片を作成し、光学顕微鏡下で、受精の有無を調べた。受粉72時間後に遊離核分裂をしている胚珠を受精しているものとした。不完全種子の发育経過を調査のために、6月21日と7月12日に幼果を各処理区10個ずつ採取し、完全種子と不完全種子の形態を写真で比較し、またそれらの種子の大きさを調査した。

結 果

‘西村早生’の結果率は1993, 1994両年ともに‘禅寺丸’、‘西村早生’、‘花御所’のいずれの花粉区も高く、‘西村早生’自家受粉でも結実は安定していた(Table 1)。1994年の調査において受精率はすべての花粉親で70%以上であった(Table 2)。(‘西村早生’の満開6週間後(6月21日)の果実には、正常に发育している完全種子に比べて发育の不良な種子がみられ、その後この发育不良な不完全種子は満開9週間後(7月12日)および収穫期(9月6日)果実において发育をほ

Table 1. Effect of pollen parent on fruit set of ‘Nishimurawase’

Time (year)	Pollen parent (Cultivar)	Fruit set (%)
9.Sep. (1993)	Zenjimaruru	96.6a*
	Nishimurawase	95.0a
	Hanagosho	92.9a
6.Sep. (1994)	Zenjimaruru	92.7a
	Nishimurawase	97.4a
	Hanagosho	89.2a

Table 2. Effect of pollen parent on fertilization of ‘Nishimurawase’

Time (year)	Pollen parent (Cultivar)	Fertilization (%)
17.May (1993)	Zenjimaruru	80.0
	Nishimurawase	71.4
	Hanagosho	87.5

*Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

とんど停止していた (Fig. 1-A, B, 2, Table 3). 収穫時の花粉親3品種により受粉した ‘西村早生’ 果実の横断面と種子形成の状態をFig. 3に示した。収穫時の完全種子数は1993年では ‘禅寺丸’ 花粉区が ‘花御所’ および ‘西村早生’ 花粉区より多かったが, 1994年での花粉区間の差は少なく, 果実の糖度と硬度の花粉親による差も少なかった (Table 4). 1果当たりの種子数が5個以上の果実の割合 (%) は1993年では ‘禅寺丸’ 花粉区が ‘花御所’ および ‘西村早生’ 花粉区より多かったが, 1994年での花粉区間の差は少なかった (Table 5). 不完全種子のある果実の割合は1993, 1994両年ともに ‘西村早生’ 自家受粉でやや高く, ついで ‘花御所’ 花粉区であり, ‘禅寺丸’ 花粉区でも約半数の果実に不完全種子があった (Table 6). 不完全種子の全種子に占める割合も ‘西村早生’ 自家受粉区でやや高く, ‘花御所’ および ‘禅寺丸’ 花粉区では比較的少なかった (Table 7). ‘西村早生’ の不完全種子はいずれの花粉親でも厚さは極めて薄く, 幅, 長さも完全種子に比べてかなり小さく (Table 8), 50mg以下の種子重のものがほとんどであった (Table 10). 完全種子の大きさは, ‘西村早生’ 自家受粉区でやや小さく, ついで ‘禅寺丸’ 花粉区であり, ‘花御所’ 花粉区がやや大きく (Table 8), 種子の分布の違いに関わらず同様の傾向であった (Table 9). 花粉親の違いに関わらず完全種子の胚が異常に小さい異常胚が1993年で2~3%, 1994年で4~5%あり, 無胚種子が1993, 1994両年とも2~5%発生した (Table 11).

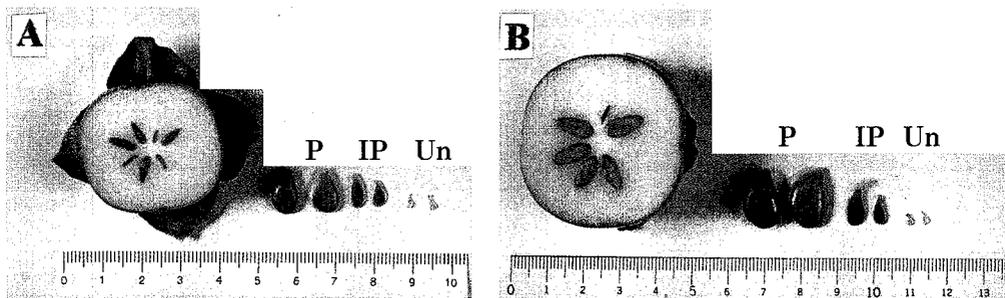


Fig.1. Transverse section of fruit and perfect (P), imperfect (IP) seeds and unfertilized (Un) ovules of persimmon ‘Nishimurawase’ in 6 weeks after full bloom (A) and 9 weeks after full bloom (B) (1994).

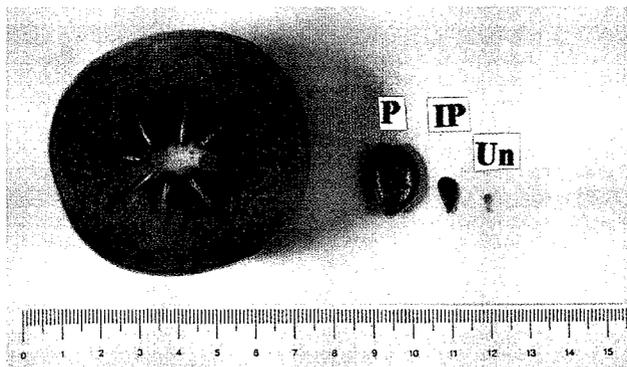


Fig.2. Transverse section of fruit and perfect (P), imperfect (IP) seed and unfertilized (Un) ovule of persimmon ‘Nishimurawase’ in harvest season (6 Sep.1994).

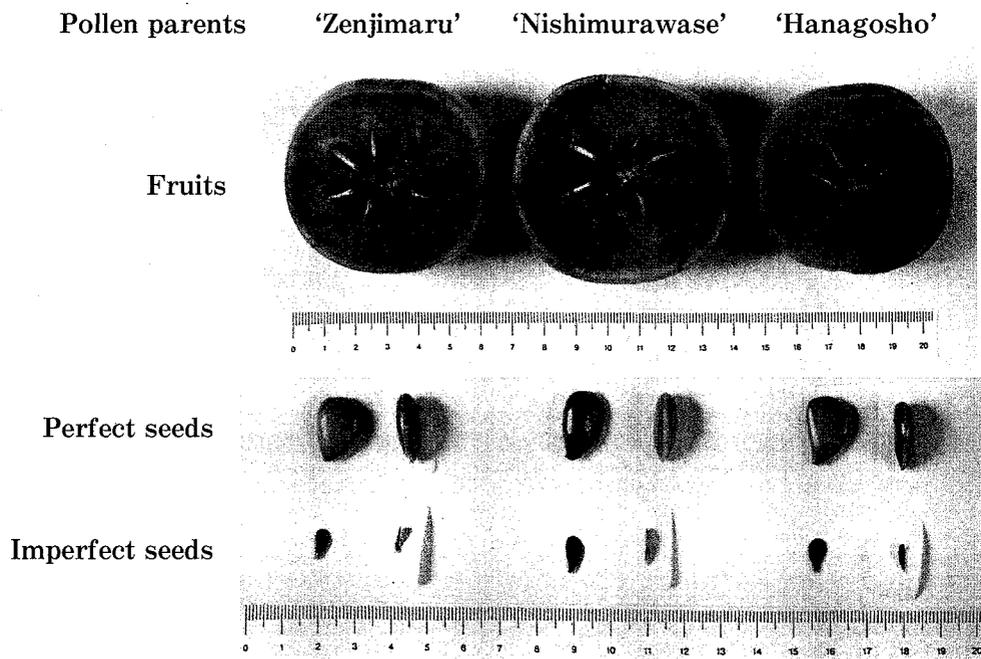


Fig.3. Transverse section of fruits and perfect and imperfect seeds of persimmon 'Nishimurawase' crossed by 'Nishimurawase', 'Zenjimarū' and 'Hanagoshō' pollens in harvest season (6 Sep.1994).

Table 3. Fresh weight of perfect and imperfect seed of 'Nishimurawase' (1994)

Type of seed	Fresh weight (mg)		
	21.Jun	12.Jul	6.Sep
Perfect	131.8±2.2 ^a	464.6±11.6	836.4±4.3
Imperfect	22.8±3.8	42.5±9.6	27.3±3.6

^aMean±SE.

Table 4. Effect of pollen parent on fruit size, fruit quality and seed number in 'Nishimurawase'

Time (year)	Pollen parent (Cultivar)	Color chart ^a value Fruit apex	Fruit			Flesh firmness (kg/cm ²)	Soluble solids (%)	No. of seed		
			Weight (g)	Diameter (mm)	Length (mm)			Perfect	Imperfect	Total
9.Sep. (1993)	Zenjimarū	5.6a ^b	127.9a	66.2a	46.8a	2.6b	14.3a	5.89a	0.70a	6.59a
	Nishimurawase	5.2a	118.4b	64.2b	45.6b	3.0a	14.0a	4.93b	1.10a	6.03a
	Hanagoshō	5.2a	125.7ab	65.5ab	45.9ab	3.0a	13.6a	5.12b	0.72a	5.84a
6.Sep. (1994)	Zenjimarū	5.3a	117.1b	64.2a	47.8a	3.2a	13.7a	5.40a	0.67a	6.07a
	Nishimurawase	4.9a	116.9b	64.1a	47.7a	3.4a	13.5a	5.13a	0.99a	6.12a
	Hanagoshō	5.0a	124.0a	65.2a	49.2a	3.2a	14.2a	5.57a	0.74a	6.31a

^aColor chart value for Japanese persimmon.

^bMean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 5. Effect of pollen parent on perfect seed number per fruit in 'Nishimurawase'

Time (year)	Pollen parent (Cultivar)	Perfect seed number per fruit (%)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	1-4	5-8
9.Sep. (1993)	Zenjimaruru	0	4	0	7	30	22	26	11	11	89
	Nishimurawase	0	3	7	21	35	31	3	0	31	69
	Hanagosho	0	0	12	20	32	20	12	4	32	68
6.Sep. (1994)	Zenjimaruru	0	2	5	14	36	10	12	7	21	79
	Nishimurawase	0	3	15	10	30	27	9	6	28	72
	Hanagosho	0	4	2	17	17	38	17	6	23	77

Table 6. Effect of pollen parent on occurrence of fruit with imperfect seed of 'Nishimurawase'

Time (year)	Pollen parent (Cultivar)	Percent of seeded fruit	
		Imperfect and perfect seed	Perfect seed only
9.Sep. (1993)	Zenjimaruru	48.1	51.9
	Nishimurawase	34.5	65.5
	Hanagosho	40.0	60.0
6.Sep. (1994)	Zenjimaruru	51.7	48.3
	Nishimurawase	43.3	56.7
	Hanagosho	47.2	52.8

Table 7. Effect of pollen parent on occurrence of imperfect seed of 'Nishimurawase'

Time (year)	Pollen parent (Cultivar)	Percent of seed	
		Perfect	Imperfect
9.Sep. (1993)	Zenjimaruru	89.3	10.7
	Nishimurawase	81.6	18.4
	Hanagosho	87.1	12.9
6.Sep. (1994)	Zenjimaruru	88.9	11.1
	Nishimurawase	83.9	16.1
	Hanagosho	88.3	11.7

Table 8. Effect of pollen parent on seed size in 'Nishimurawase'
(Harvest season)

Time (year)	Seed type	Pollen parent (Cultivar)	Weight (mg)	Width (mm)	Length (mm)	Thickness (mm)
9.Sep. (1993)	Perfect	Zenjimaruru	853b [*]	11.87b	18.80a	5.86b
		Nishimurawase	811c	11.41c	18.47b	5.83b
		Hanagosho	926a	12.25a	18.85a	6.18b
	Imperfect	Zenjimaruru	17a	3.72a	7.21a	0.64b
		Nishimurawase	22a	3.97a	8.18a	0.60b
		Hanagosho	25a	3.95a	8.21a	0.85a
6.Sep. (1994)	Perfect	Zenjimaruru	837b	12.22b	18.60b	5.70a
		Nishimurawase	792c	12.07c	18.31c	5.52b
		Hanagosho	886a	12.51a	18.89a	5.72a
	Imperfect	Zenjimaruru	24a	— ^y	8.43a	—
		Nishimurawase	29a	—	8.78a	—
		Hanagosho	20a	—	7.61a	—

*Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

^yNo measurement.

Table 9. Effect of pollen parent and seed distribution on seed size in 'Nishimurawase' (6.Sep. 1994)

Distribution ^a of seed	Pollen parent (Cultivar)	Weight (mg)	Width (mm)	Length (mm)	Thickness (mm)
1	Zenjimaruru	879ab ^b	11.97b	18.04a	6.60a
	Nishimurawase	844b	11.89b	17.95b	6.28a
	Hanagosho	981a	12.43a	18.80a	6.83a
2	Zenjimaruru	858b	12.26b	18.47b	5.89a
	Nishimurawase	802c	12.10b	18.32b	5.66b
	Hanagosho	905a	12.50a	18.79a	5.95a
3	Zenjimaruru	809b	12.25b	18.85a	5.31a
	Nishimurawase	767c	12.11b	18.42b	5.15b
	Hanagosho	858a	12.53a	18.99a	5.37a

^aDistribution of seed between locules: 1, Seed adjoining seedless locules on both sides; 2, Seed adjoining seeded and seedless locules on each side; 3, Seed adjoining seeded locules on both sides.

^bMean separation columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 10. Effect of pollen parent on range of imperfect seed weight of 'Nishimurawase'

Time (year)	Pollen parent (Cultivar)	Range of imperfect seed weight (%)					
		6-10mg	11-30mg	31-50mg	51-100mg	101-150mg	151-250mg
9.Sep. (1993)	Zenjimaruru	47	37	11	5	0	0
	Nishimurawase	25	59	16	0	0	0
	Hanagosho	37	37	21	0	5	0
6.Sep. (1994)	Zenjimaruru	39	44	15	0	0	2
	Nishimurawase	16	63	13	0	2	6
	Hanagosho	37	47	11	5	0	0

Table 11. Effect of pollen parent on percentage of embryoless seed of 'Nishimurawase' (Harvest season)

Time (year)	Seed type	Pollen parent (Cultivar)	Weight (mg)	Width (mm)	Length (mm)	Thickness (mm)
9.Sep. (1993)	Perfect	Zenjimaruru	96.3	1.9	1.9	100
		Nishimurawase	92.3	2.8	4.9	100
		Hanagosho	93.8	1.6	4.7	100
6.Sep. (1994)	Perfect	Zenjimaruru	94.2	3.8	1.9	100
		Nishimurawase	91.0	4.7	4.4	100
		Hanagosho	93.2	4.4	2.4	100

考 察

‘西村早生’は単為結果力、種子形成力ともに著しく強いとされている¹⁾。しかし、‘西村早生’は不完全甘ガキのため、半渋果の発生を防ぐには多くの種子の形成が必要である。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つ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。

本調査では、‘禅寺丸’、‘西村早生’および‘花御所’の花粉を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た。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。1993、94両年を平均すると完全種子と不完全種子の合計の種子数は‘禅寺丸’、‘西村早生’および‘花御所’花粉区で6.3、6.1および6.1個であり、花粉親の違いによる種子形成力の差はほとんどないと考えられた。但し、‘西村早生’の自家受粉区では不完全種子の割合が1993、94両年平均で17.3%であり、‘花御所’および‘禅寺丸’受粉区の12.3%、10.9%に比べて高く、そのため完全種子数がやや少なくなったと考えられた。福井ら³⁾は‘西村早生’の異常胚嚢の発生率を調査し、開花時における受精可能な胚嚢の数は6個前後であると報告しているが、これは本調査の異なる3つの花粉親での種子形成数(6.1~6.3)と相応するものであった。1993、94両年を平均すると完全種子数5個以上の果実の割合は‘禅寺丸’花粉区で84%と高く、‘花御所’と‘西村早生’花粉区ではそれぞれ73%と71%とやや低かったことより、‘禅寺丸’花粉による受粉が半渋果混入を防ぐ上で有効と考えられた。

1994年の調査で、‘西村早生’の完全種子が正常に発育しているのに対し、不完全種子の大きさは6月21日(開花6週間後)には完全種子に比べて小さくて厚さが薄く、その後7月12日(開花9週間後)、そして収穫時まで大きさに差はみられなかったことより、開花6週間後には不完全種子のほとんどはこの頃すでに発育が停止していたと考えられた。収穫時の不完全種子は、花粉親の違いに関わらず、1993年では95%以上が50mg以下であり、1994年では92~98%が50mg以下の小さくて厚さの薄い不完全種子であった。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、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、1993、94両年平均で‘禅寺丸’、‘花御所’および‘西村早生’の花粉親でそれぞれ43、37、25%みられた。このことより、‘西村早生’の自家受粉による不完全種子の発生がやや多いことと極小な不完全種子の発生とは関係していないと考えられた。福井ら⁴⁾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なかったり、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’の不完全種子が開花後6週間後以降発育がほとんど停止していたことより、‘西村早生’では花粉親の違いに関わらず次郎系品種のような、遅い時期から発生する不完全種子^{5、6)}はほとんどないと考えられた。‘西村早生’の自家受粉では11~30mgの不完全種子が約6割で他の受粉区より多く、これは第三のタイプの不完全種子と考えられる。これらの不完全種子は、大きさから満開3~4週間前後に発生した胚乳組織の発育不全によるものであろう。自家受粉区でこの期に発生する不完全種子がやや多くなる原因については今後検討が必要である。

‘西村早生’の完全種子の収穫期の大きさは、花粉親によって異なり、1993、94両年平均で‘花

御所', '禪寺丸' および '西村早生' 花粉でそれぞれ906, 870, 802mgであり, 果重は125, 123, 118gであった. 既報⁷⁾においてカキの種子の大きさは, 子室間の種子の分布状態によって異なり, 種子の隣の子室に種子のない場合(分布1)は両側の子室に種子のある場合(分布3)に比べて種子重が重く, 片側の子室に種子のある場合(分布2)は中間の値であることを示し, 1991年の自然受粉条件下の'西村早生'において9月12日に収穫した果実の平均生体重は135gで種子重が927mg, 分布1, 分布2, 分布3のタイプの種子重はそれぞれ985, 923, 900mgであった. 本調査での1993, 1994年においても分布1のタイプの種子重の値が最も大きく, ついで分布2, 分布3の種子の順であった. 分布1, 2, 3のそれぞれのタイプに区分して, 花粉親の違いによる種子重を比較した場合でも, '花御所'花粉で最も種子重の値が大きく, ついで'禪寺丸', '西村早生'の順であったことより, 花粉親の違いにより完全種子の大きさは異なると考えられた. 1991年の自然条件下の'西村早生'の完全種子異常胚の出現率は0.9%, 無胚種子が2.6%出現したが⁷⁾, 本調査の1993, 94両年のいずれの花粉親においても異常胚及び無胚種子が2~5%の範囲で出現しており, 外見的に正常な完全種子でも胚の発育が異常な種子が花粉親の違いに関わらずごく一部出現するものと考えられた.

要 約

カキ '西村早生' を供試し, 花粉親として '西村早生', '禪寺丸' および '花御所' を用いて, 花粉親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. 自家受粉区, '禪寺丸' および '花御所' の他家受粉区いずれの場合でも '西村早生' の結果率は高く, 無種子果実はなく, 平均して約6個の種子数であった.
2. 不完全種子の発生率は2年間の平均で自家受粉区では17%, '禪寺丸' および '花御所' の他家受粉区でそれぞれ12%および11%であった. そのため自家受粉区では1果当たり完全種子数が5個以上の果実の割合がやや低下し, 他家受粉区に比べて自然脱渋果の割合をいくぶん低下させる傾向がみられた.
3. '西村早生' の不完全種子のほとんどは, いずれの花粉親でも小さくて, 厚さも薄く, 満開6週間後には発育不全となっている種子であった.
4. '西村早生' の完全種子でも花粉親の違いに関わらず, 無胚種子および異常胚種子がそれぞれ2~5%出現した.
5. '西村早生' の完全種子の生体重の値は花粉親が '花御所' でやや大きく, ついで '禪寺丸' であり, '西村早生' の自家受粉ではやや小さかった.

キーワード: カキ '西村早生', 完全種子数, 不完全種子, 花粉親

謝辞 本実験を実施するに当たり, '花御所' 花粉を利用させていただいた高知県農業技術センター果樹試験場に厚く御礼申し上げます.

引用文献

- 1) 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 種子形成. p.44-53. 誠文堂新光社. 東京 (1994).
- 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) 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).
- 4) 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).
- 5) 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).
- 6) HASEGAWA, K., M. MURATA and A. KITAJIMA. Studies on the cause of the occurrence of poorly-filled imperfect seed in persimmon cv. Maekawa-Jiro. Acta Hort., 436, 375-394 (1996).
- 7) 長谷川耕二郎: カキの種子の分布と種子の大きさとの関係. 高知大学研報, 45, 1-12 (1996).

平成12(2000)年10月6日受理

平成12(2000)年12月25日発行

