

カキ果実の發育に伴う種子の分布と種子の大きさととの關係

長谷川 耕二郎
(農学部暖地園芸学講座)

Relationship between Seed Distribution and Seed Size with Fruit Development in Japanese Persimmon

Kojiro HASEGAWA
Chair of Horticulture, Faculty of Agriculture

Abstract: The relationships between seed distribution and seed size in Japanese persimmon cvs. Fuyu, Jiro and Saijo were investigated from 30 days after full bloom to harvest time. The occurrence of embryoless seed and abnormal embryo seed in those 3 cultivars were also investigated.

1. The values of seed fresh weight were the highest in cv. Saijo, and then in cv. Fuyu, and the lowest in cv. Jiro at 60 and 90 days after full bloom and harvest time, respectively.

2. There were little differences in the values of seed length, width, thickness, width per length and thickness per length in three cultivars between at 90 days after full bloom and harvest time.

3. The patterns of seed distribution in fruit were classified into three types, that is, Type 1; the seed was adjoining seedless locules on both sides, Type 2; the seed was adjoining seeded and seedless locules on each side and Type 3; the seed was adjoining seeded locules on both sides. In all sampled fruit and in the fruit containing three to five seeds with same seed number of 3 cultivars from 60 days after full bloom to harvest time, the higher the frequency of adjoining between seeded locules was, the lower the value of seed thickness and thickness per length were. In the cultivar of Fuyu which have a short triangular shape of seeds, the higher the frequency of adjoining between seeded locules was, the longer the value of the seed length was. In the cultivar of Saijo which have a long shape of seed, the higher the frequency of adjoining between seeded locules was, the larger the value of seed width per length was. Therefore, in the case of comparison of seed thickness between persimmon cultivars in developing and mature fruits, the degree of seeded locules which adjoin the seed should be under consideration.

4. In spite of each sampling date and the types of adjoining seeded locules, cvs. Jiro, Saijo and Fuyu had seeds with no embryo and abnormal embryo which was deformity and without cotyledon or hypocotyl. The occurrence of these seeds was greater in cv. Jiro than in other cultivars.

緒 言

カキの種子の大きさは種子の重さ、幅、長さおよび厚さで表され、品種間の特徴が報告されている¹⁾。カキ果実には果心を中心として普通8個の子室が放射状に配列している。種子が多くなり、しかも種子の入った子室が相互に隣接する場合には、子室間の種子の発育が相互に影響し合い、種子の肥厚等が抑制されることも考えられる。カキの種子形成の程度は品種間で異なるが^{1), 2)}、比較的種子の形成しやすい‘富有’のような品種では受粉の良否等によって無種子果と1~8個の有種子果が見られる。前報³⁾ではカキ9品種について成熟果の種子の子室間での分布の違いにより、種子の厚さは種子が相互に隣接するほど薄く、厚さ/長さの比は小さくなり、種子の長さ/幅の比も多少変化することを報告し、また無胚種子や異常胚種子の存在することを示した。本調査では‘富有’、‘次郎’および‘西条’3品種について果実の発育経過に伴う種子の分布の違いと種子の大きさとの関係ならびに無胚種子、異常胚種子の出現率について報告する。

材料および方法

1991年に本学カキ圃場の、10年生の‘富有’3本と‘西条’5本および約30年生の‘次郎’5本をそれぞれ供試した。いずれの品種も‘禅寺丸’から約10m以内の位置にある木を用いた。‘富有’と‘次郎’については満開約30,60,90,120日後および成熟期に、‘西条’については満開約60,90日後および成熟期に50個の果形の整った有種子果を採取した(‘富有’; 6月13日, 7月13日, 8月13日, 9月12日, 10月22日, ‘次郎’; 6月10日, 7月10日, 8月9日, 9月9日, 10月19日, ‘西条’; 7月15日, 8月14日, 9月21日)。採取した果実については、果実新鮮重、果実の横径(長径と短径の平均値で表示)および縦径を調査した。種子については、外見的に正常な大きさの種子(完全種子)と黒色をして厚さの薄い外見的に発育の不完全な種子(不完全種子)に区別し、それぞれの数を調査した。1果実内の種子の分布および種子数(完全種子に限定)が同一のものに区分し、種子重を測定後、種子の幅、長さおよび厚さをそれぞれデジタルキャリパーを用いて調査した。また、(種子の幅/長さ)×100および(種子の厚さ/長さ)×100の値を算出した。なお、本調査でも黒色で厚さの極めて薄い不完全種子は別に扱い、種子数には含めなかった。果実内の8個の子室間における種子の分布の違いは、隣の子室に種子がない場合を1、片側の子室に種子がある場合を2、両側の子室に種子がある場合を3と区分し、種子の分布ならびに種子数が同一の種子ごとに種子の大きさを算出し、種子数および種子の分布と種子の大きさとの関係を検討した。各品種について、種子の分布、種子数ならびに果重を説明変数(X)とし、種子の重さ、幅、長さ、厚さ、厚さ/長さ、幅/長さの各要素を目的変数(Y)とした場合の相関係数を算出し、X要因の変化が種子の大きさの要素であるYに及ぼす関連程度、有意性の有無を検討した。なお、種子を縦断して、胚の有無、胚の異常を観察後、正常な胚を有する種子の珠芽(胚)の長さ(子葉と子葉柄とを合わせた長さ)を調査した。なお、‘次郎’については、別に満開70日後の果実から採取した種子の胚の有無、異常についても観察した。

Table 1. Changes of fruit size with fruit development in persimmon cvs. Fuyu, Jiro and Saijo

Cultivar ^z	Date	Fruit			Shape ^y index of fruit		No. of seed	
		Weight (g)	Diameter (mm)	Length (mm)	Perfect	Imperfect		
Fuyu	June 13	9.5±0.2*	26.5±0.2	22.2±0.2	119.4±0.5	5.16±0.21	0.12±0.05	
	July 13	48.3±0.7	47.0±0.2	35.3±0.2	133.3±0.7	4.00±0.27	0.10±0.05	
	Aug. 13	100.2±1.2	59.4±0.3	47.2±0.3	125.9±0.7	3.94±0.25	0.04±0.03	
	Sept. 12	114.2±1.7	62.9±0.3	49.0±0.4	128.5±1.0	3.80±0.27	0.02±0.02	
	Oct. 22	215.7±4.5	78.3±0.5	58.6±0.4	133.9±0.9	3.84±0.27	0.04±0.03	
Jiro	June 10	10.0±0.2	26.7±0.2	22.5±0.2	119.1±0.7	4.16±0.23	0.46±0.12	
	July 10	54.1±0.8	49.7±0.3	35.6±0.2	139.7±0.7	4.04±0.22	0.10±0.04	
	Aug. 9	101.7±1.5	61.4±0.3	42.2±0.2	145.5±0.6	4.10±0.27	0.12±0.05	
	Sept. 9	118.9±1.3	64.6±0.2	44.1±0.2	146.6±0.6	4.08±0.20	0.40±0.10	
	Oct. 19	200.9±3.9	77.6±0.5	53.5±0.4	145.3±0.8	3.30±0.30	1.12±0.11	
Saijo	July 15	32.0±0.4	36.0±0.2	41.9±0.3	86.1±0.7	2.88±0.21	0.20±0.09	
	Aug. 14	63.3±0.8	44.3±0.2	52.4±0.4	84.9±0.7	2.78±0.23	0.10±0.04	
	Sept. 21	117.0±1.9	54.9±0.3	64.2±0.5	85.7±0.7	2.66±0.20	0.06±0.03	

^z Samples from 50 seeded fruits.

^y (Fruit diameter/fruit length) × 100.

* Mean ± SE.

Table 2. Changes of seed size with fruit development in persimmon cvs. Fuyu, Jiro and Saijo

Cultivar ^z	Date	Total number of seed	Type of seed ^y distribution	Seed						
				Weight (mg)	Width (mm)	Length (mm)	Thickness (mm)	Width/Length × 100	Thickness/Length × 100	Length of embryo (mm)
Fuyu	June 13	258	2.29±0.04*	27.5±0.5	4.26±0.03	6.83±0.04	1.96±0.01	62.4±0.25	28.8±0.16	—
	July 13	200	2.09±0.05	354.4±3.9	9.68±0.05	15.49±0.05	4.87±0.03	62.5±0.25	31.5±0.24	—
	Aug. 13	197	2.13±0.05	1053.2±10.9	13.79±0.06	19.48±0.07	6.79±0.05	70.8±0.24	34.9±0.30	10.50±0.07
	Sept. 12	165	2.07±0.06	1223.6±13.5	14.14±0.07	19.68±0.07	7.21±0.06	71.9±0.30	36.7±0.35	11.84±0.09
	Oct. 22	192	2.15±0.05	1191.3±13.9	13.97±0.07	19.90±0.08	6.87±0.06	70.2±0.28	34.7±0.35	11.41±0.09
Jiro	June 10	208	2.07±0.05	23.3±0.4	4.06±0.03	6.08±0.04	1.77±0.02	67.1±0.47	29.3±0.30	—
	July 10	202	2.07±0.05	348.4±4.2	10.24±0.05	13.30±0.06	4.78±0.03	77.9±0.39	36.0±0.24	—
	Aug. 9	205	2.15±0.05	757.6±11.5	13.47±0.07	17.27±0.07	5.95±0.06	78.1±0.33	34.5±0.33	10.04±0.09
	Sept. 9	204	1.99±0.05	900.8±16.1	13.90±0.09	16.16±0.07	6.29±0.07	84.5±0.42	38.3±0.43	10.58±0.11
	Oct. 19	165	2.02±0.06	955.3±12.0	14.05±0.07	16.85±0.08	6.55±0.05	83.4±0.33	39.0±0.34	11.23±0.08
Saijo	July 15	144	1.80±0.06	465.9±5.9	9.17±0.05	19.64±0.09	4.88±0.05	46.8±0.28	24.9±0.26	—
	Aug. 14	139	1.88±0.06	1176.0±21.0	11.67±0.10	25.46±0.17	5.65±0.10	46.0±0.39	22.1±0.35	10.70±0.12
	Sept. 21	133	1.75±0.06	1388.6±26.9	12.62±0.11	27.46±0.15	6.31±0.08	46.0±0.34	23.0±0.29	12.40±0.10

^z Same as Table 1.

^y Mean value of Type 1, 2 and 3; 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.

* Mean ± SE.

結 果

カキ3品種の果実の発育に伴う有種子果の大きさおよび種子数をTable 1. に示した。満開30,60,90,120日後および成熟時の果重は、'富有' で9.5, 48.3, 100.2, 114.2, 215.7g であり、'次郎' では10.0, 54.1, 101.7, 118.9, 200.9gであり、'西条'の満開60, 90日後および成熟時の果重は32.0, 63.3, 117.0gであった。即ち、果重は満開30日後から60日後にかけて約5倍、60日後から90日後にかけて約2倍増加した。'富有'の果重は'次郎'に比べて、満開30日~120日後ではやや小さかったが、収穫期ではやや大きかった。果実の生育初期より'西条'の果重は'富有'と'次郎'に比べて小さく縦長の果形であったが、'富有'と'次郎'は横径が縦径よりも大きかった。果実の生育期間を通して種子数は'富有'で3.3~5.2個、'西条'で2.7~2.9個であり、両品種の不完全種子は0.1個前後と少なかった。'次郎'の種子数は満開120日後までは4.0~4.2個であったが、収穫期では3.3個となり、不完全種子数が1.1個に増加した。

果実の生育に伴うカキ3品種の種子の大きさをTable 2. に示した。カキ3品種の種子の幅、長さおよび厚さは満開30日後の6月から満開90日後の8月にかけての期間に著しく伸長し、8月以降の伸長の増加は少なかった。満開30,60,90,120日後および成熟時の種子重は、'富有'で27.5, 354.4, 1053.2, 1223.6, 1191.3 mgであり、'次郎'では23.3, 348.4, 757.6, 900.8, 955.3mgであり、'西条'の満開60, 90日後および成熟時の種子重は465.9, 1176.0 および1388.6mgであった。即ち、生育時期の違いにかかわらず'西条'の種子重が最も大きく、次いで'富有'、'次郎'であった。'西条'の種子は長く、種子の(幅/長さ)×100の値は小さく、細い種子の形態であった。3品種の種子の厚さの値は、満開60日後では差異がなかったが、収穫期では'富有'、'次郎'、'西条'の順で大きかった。生育時期の違いにかかわらず、(厚さ/長さ)×100の値は'富有'と'次郎'に比べて'西条'は小さかった。'富有'について種子数5個の満開90日後の果実の例として、種子の分布の違いに伴う種子の形態の変化をFig. 1. に示した。カキ3品種の果実発育に伴う種子の分布と種子数ならびに種子の大きさとの関係をTable 3. に示した。満開60日後の7月以降の種子の厚さは3品種いずれも種子の分布の違いによって異なり、子室間で種子が相互に隣接する頻度が増加するほど(分布1→2→3)、種子の厚さおよび(厚さ/長さ)×100の値は小さくなった。

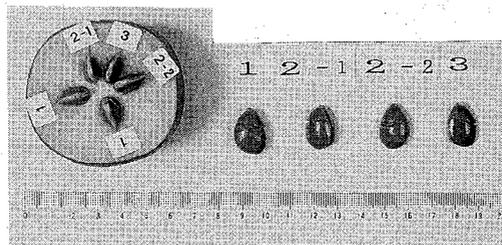


Fig.1. Types of seed distribution in persimmon fruit, in case of five seed per cv. Fuyu fruit at 90 days after full bloom. In figure, type 1 shows a seed adjoining seedless locules on both sides, type 2(2-1,2-2) shows a seed adjoining seeded and seedless locules on each side and type 3 shows a seed adjoining seeded locules on both sides.

The left one in the figure shows the seed shape from top side of fruit. The differences of the seed thickness per width in types was shown obviously. The right seeds in the figure show the seed shapes from plane side of seed of type 1, 2(2-1,2-2) and 3.

Table 3. Relationship of seed distribution to seed number and seed size with fruit development in persimmon cvs. Fuyu, Jiro and Saijo

Cultivar ²	Date	Fruit weight (g)	Distribution ³ of seed	Sum of Seed number	Seed number per fruit	Seed					
						Weight (mg)	Width (mm)	Length (mm)	Thickness (mm)	Width/Length ×100	Thickness/Length ×100
Fuyu	June 13	9.5 a [*]	1	39	4.3 c	28 a	4.24 a	6.73 a	2.03 a	63.2 a	30.2 a
			2	105	5.3 b	27 a	4.19 a	6.75 a	1.97 ab	62.2 a	29.3 b
			3	114	6.3 a	28 a	4.32 a	6.93 a	1.92 b	62.3 a	27.9 c
	July 13	49.1 a	1	49	3.0 c	369 a	9.54 b	15.31 b	5.45 a	62.3 a	35.6 a
			2	82	4.9 b	352 a	9.65 ab	15.39 b	4.83 b	62.7 a	31.4 b
			3	67	6.0 a	347 a	9.83 a	15.75 a	4.50 c	62.4 a	28.6 c
	Aug. 13	99.7 a	1	39	3.1 c	1110 a	13.57 a	19.13 b	7.77 a	71.0 a	40.7 a
			2	93	4.6 b	1054 ab	13.74 ab	19.46 b	6.79 b	70.6 a	34.9 b
			3	65	5.8 a	1018 b	13.99 a	19.72 a	6.22 c	71.0 a	31.5 c
	Sept. 12	113.6 b	1	43	2.7 c	1310 a	14.13 a	19.25 b	8.22 a	73.4 a	42.7 a
			2	68	4.4 b	1237 b	14.14 a	19.72 a	7.16 b	71.7 b	36.3 b
			3	54	5.8 a	1137 c	14.14 a	19.97 a	6.47 c	70.9 b	32.5 c
	Oct. 22	213.8 a	1	37	3.0 c	1276 a	13.75 b	19.38 c	8.04 a	71.0 a	41.6 a
			2	90	4.5 b	1180 b	13.89 ab	19.75 b	6.86 b	70.3 a	34.8 b
			3	65	6.0 a	1158 b	14.20 a	20.40 a	6.22 c	69.6 a	30.6 c
Jiro	June 10	10.4 a	1	49	3.4 c	25 a	4.11 a	6.25 a	1.84 a	66.0 a	29.7 a
			2	99	4.8 b	23 a	4.04 a	5.97 b	1.78 ab	67.9 a	29.9 a
			3	63	6.0 a	23 a	4.07 a	6.13 ab	1.70 b	66.7 a	28.0 b
July 10	53.1 a	1	46	3.4 c	359 a	10.23 a	13.21 a	5.10 a	77.7 a	38.8 a	
		2	96	4.6 b	354 a	10.28 a	13.32 a	4.81 b	77.2 a	36.2 b	
		3	60	5.6 a	332 b	10.20 a	13.34 a	4.47 c	76.7 a	33.6 c	
Aug. 9	102.8 a	1	43	3.0 c	805 a	13.69 a	17.26 a	6.41 a	79.4 a	37.1 a	
		2	90	5.0 b	755 ab	13.36 a	17.20 a	5.98 b	77.7 a	34.8 b	
		3	75	6.4 a	733 b	13.47 a	17.34 a	5.64 c	77.7 a	32.5 c	
Sept. 9	121.7 a	1	55	3.4 c	955 a	14.03 a	16.57 a	6.62 a	84.7 a	40.1 a	
		2	93	4.6 b	884 a	13.77 a	16.37 a	6.27 ab	84.1 a	38.3 ab	
		3	53	5.5 a	874 a	14.00 a	16.49 a	5.99 b	85.0 a	36.3 b	
Oct. 19	205.5 a	1	45	2.6 c	1024 a	14.20 a	16.75 a	7.08 a	84.8 a	42.3 a	
		2	70	4.3 b	954 b	14.07 a	16.87 a	6.47 b	83.5 ab	38.5 b	
		3	48	6.0 a	893 c	13.87 a	16.91 a	6.16 c	82.0 b	36.5 c	
Saijo	July 15	31.8 a	1	52	2.8 c	488 a	8.99 b	19.56 a	5.40 a	46.1 a	27.7 a
			2	69	3.8 b	460 ab	9.21 ab	19.60 a	4.70 b	47.1 a	24.0 b
			3	23	4.8 a	433 b	9.44 a	19.91 a	4.22 c	47.4 a	21.2 c
Aug. 14	64.0 a	1	47	2.7 c	1284 a	11.28 b	25.76 a	6.51 a	43.9 b	25.2 a	
		2	62	3.8 b	1167 b	11.83 a	25.41 a	5.49 b	46.7 a	21.5 b	
		3	30	5.2 a	1026 c	11.96 a	25.08 a	4.64 c	47.7 a	18.5 c	
Sept. 21	116.3 a	1	53	2.5 c	1429 a	12.13 c	27.20 a	7.02 a	44.7 c	25.9 a	
		2	60	3.7 b	1407 a	12.84 b	27.77 a	6.07 b	46.3 b	21.9 b	
		3	20	4.7 a	1225 b	13.26 a	27.25 a	5.18 c	48.7 a	19.0 c	

² Same as Table 1.
³ Distribution 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.
^{*} Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, at 5% level.

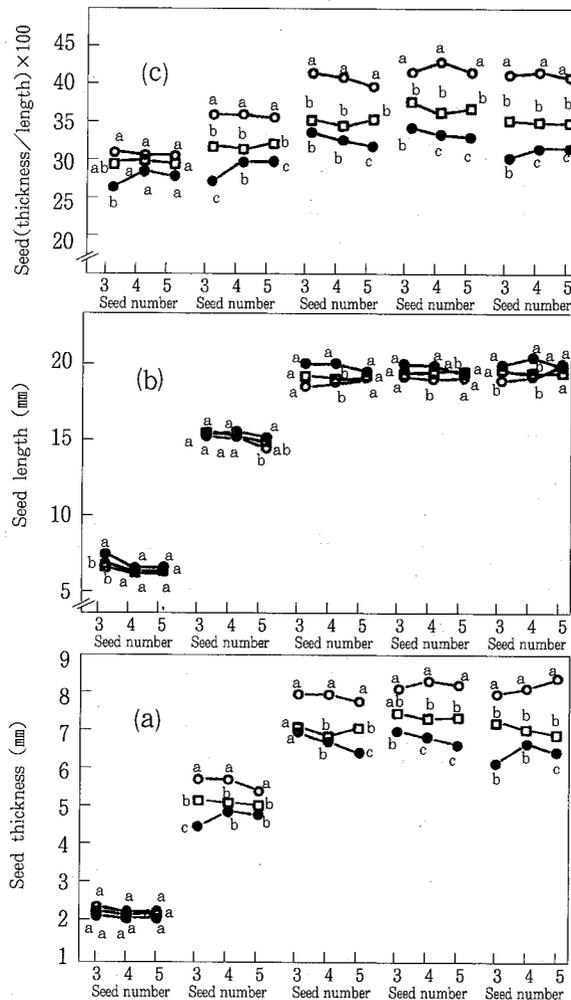


Fig.2. Relationship between seed distribution and seed thickness(a), length(b) and seed thickness per seed length(c) from three to five seeds per fruit of persimmon cv. Fuyu at June-October.

○:Seed adjoining seedless locules on both sides.

□:Seed adjoining seeded and seedless locules on each side

●:Seed adjoining seeded locules on both sides.

Different letters within a group of seed distribution in each same seeds indicate a significant difference by Duncan's multiple range test at 5% level.

短三角形種子の '富有' では分布3の種子は分布1の種子に比べて厚さは薄く、長さはやや長くなり、厚さ/長さの比が著しく小さかった。一方、細長い種子の '西条' では分布3の種子は分布1の種子に比べて幅が広くなり、幅/長さの比が大きかった。'富有' の1果実内の種子数が3, 4, および5個の果実について種子の分布の違いと種子の厚さ、長さおよび厚さ/長さの比との関係を Fig. 2 ((a),(b),(c)). に示した。種子数が同一でも、種子の厚さおよび厚さ/長さの比の値は

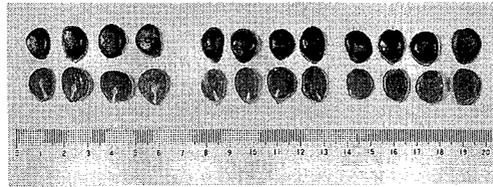


Fig.3. Normal embryo seed(left in figure), abnormal embryo seed (center in figure) and embryoless seed(right in figure) of persimmon cv. Jiro at 70 days after full bloom.

Table 4. Relationship of seed distribution to the length of embryo and the percentages of seed with embryoless and abnormal embryo in persimmon fruit cvs. Fuyu, Jiro and Saijo

Cultivar ^z	Date	Distribution ^y of seed	Length of embryo(mm)	Embryoless (%)	Abnormal embryo(%)
Fuyu	Aug.13	1	10.8 a ^x	2.6	0.0
		2	10.5 a	2.2	2.2
		3	10.4 a	4.6	0.0
	Sept.12	1	12.1 a	2.3	0.0
		2	11.7 a	6.0	1.5
		3	11.8 a	1.9	0.0
	Oct.22	1	11.6 a	5.4	0.0
		2	11.4 a	4.4	2.2
		3	11.4 a	4.6	0.0
Jiro	Aug. 9	1	10.1 a	14.0	7.0
		2	10.1 a	11.1	12.2
		3	9.9 a	13.3	12.0
	Sept. 9	1	10.3 a	25.5	5.5
		2	10.6 a	12.9	3.2
		3	10.8 a	9.4	3.8
	Oct.19	1	11.4 a	13.3	6.7
		2	11.0 a	14.3	7.1
		3	11.4 a	16.7	0.0
Saijo	Aug.14	1	10.5 a	14.9	2.1
		2	10.8 a	11.3	3.2
		3	10.8 a	6.7	6.7
	Sept.21	1	12.5 a	20.8	0.0
		2	12.6 a	8.3	1.7
		3	11.9 b	0.0	0.0

^z Same as Table 1.

^y Same as Table 3.

^x Same as Table 3.

Table 5. Correlation coefficient (r) of seed distribution, seed number and fruit weight to seed size in each fruit developmental dates in persimmon cvs. Fuyu, Jiro and Saijo

Cultivar ²	Date	Independent variable(x)	Range	Mean	No. of seed samples	Criterion variable (Y)					
						Weight	Width	Length	Thickness	Width/Length	Thickness/Length
Fuyu	June 13	Seed	1-3	2.3	258	0.055ns	0.097ns	0.137 *	-0.187 **	-0.061ns	-0.342 **
	July 13	distribution ¹	1-3	2.1	198	-0.143 *	0.174 **	0.228 **	-0.734 **	0.005ns	-0.777 **
	Aug. 13		1-3	2.1	197	-0.210 **	0.185 **	0.228 **	-0.709 **	0.000ns	-0.760 **
	Sept. 12		1-3	2.1	165	-0.385 **	0.000ns	0.326 **	-0.827 **	-0.247 **	-0.858 **
	Oct. 22		1-3	2.2	192	-0.199 **	0.167 *	0.333 **	-0.750 **	-0.122ns	-0.801 **
	June 10	Seed	1-3	2.1	211	-0.125ns	-0.029ns	-0.055ns	-0.205 **	0.028ns	-0.152 *
Jiro	July 10	distribution	1-3	2.1	202	-0.170 *	-0.019ns	0.048ns	-0.530 **	-0.065ns	-0.541 **
	Aug. 9		1-3	2.2	208	-0.153 *	-0.059ns	0.037ns	-0.320 **	-0.112ns	-0.358 **
	Sept. 9		1-3	2.0	201	-0.132ns	-0.011ns	-0.032ns	-0.224 **	0.019ns	-0.228 **
	Oct. 19		1-3	2.1	163	-0.323 **	-0.131ns	0.062ns	-0.526 **	-0.247 **	-0.503 **
	July 15	Seed	1-3	1.8	144	-0.272 **	0.245 *	0.095ns	-0.731 **	0.156ns	-0.741 **
	Aug. 14	distribution	1-3	1.9	139	-0.382 **	0.227 *	-0.128ns	-0.581 **	0.327 **	-0.615 **
Fuyu	Sept. 21		1-3	1.8	133	-0.190 *	0.346 **	0.063ns	-0.730 **	0.344 **	-0.747 **
	June 13	No. of seed	2-8	5.2	258	0.159 *	0.170 **	0.160 *	0.060ns	0.025ns	-0.194ns
	July 13		1-8	5.0	198	-0.212 **	-0.024ns	0.039ns	-0.557 **	-0.006ns	-0.528 **
	Aug. 13		1-8	3.9	197	-0.304 **	-0.097ns	0.008ns	-0.517 **	-0.138ns	-0.493 **
	Sept. 12		1-8	3.3	165	-0.413 **	-0.242 **	0.205 **	-0.620 **	-0.437 **	-0.630 **
	Oct. 22		1-8	3.8	192	-0.086ns	0.174 *	0.315 **	-0.498 **	-0.100ns	-0.574 **
Jiro	June 10	No. of seed	2-7	4.2	211	-0.134ns	-0.047ns	-0.086ns	-0.288 **	0.055ns	-0.210 **
	July 10		1-7	4.0	202	-0.301 **	-0.165 *	-0.157 *	-0.529 **	-0.019ns	-0.387 **
	Aug. 9		1-8	4.2	208	-0.063ns	-0.103ns	0.056ns	-0.173 *	-0.182 **	-0.203 **
	Sept. 9		2-8	4.0	201	-0.135ns	-0.101ns	-0.101ns	-0.147 *	-0.043ns	-0.109ns
	Oct. 19		1-8	3.3	163	-0.307 **	-0.269 **	-0.087ns	-0.320 **	-0.269 **	-0.249 **
	July 15	No. of seed	1-6	2.9	144	-0.442 **	-0.114ns	-0.053ns	-0.505 **	-0.094ns	-0.466 **
Fuyu	Aug. 14		1-7	2.8	139	-0.533 **	0.023ns	-0.288 **	-0.369 **	0.255 **	-0.296 **
	Sept. 21		1-6	2.7	133	-0.185 *	0.103ns	-0.015ns	-0.462 **	0.124ns	-0.439 **
	June 13	Fruit weight (g)	7-14	9.5	258	0.767 **	0.718 **	0.746 **	0.472 **	0.022ns	0.212 **
	July 13		40-58	48.3	198	0.461 **	0.345 **	0.324 **	0.287 **	0.133ns	0.114ns
	Aug. 13		87-117	100.2	197	0.273 **	0.192 **	0.246 **	0.088ns	-0.004ns	-0.012ns
	Sept. 12		94-134	114.2	165	0.249 **	0.104ns	0.355 **	0.037ns	-0.162 *	-0.089ns
Jiro	Oct. 22		160-294	215.7	192	0.240 **	0.296 **	0.374 **	0.000ns	0.000ns	-0.144 *
	June 10	Fruit weight (g)	8-14	10.0	211	0.511 **	0.469 **	0.395 **	0.131ns	0.130ns	-0.126ns
	July 10		43-64	54.1	202	0.514 **	0.416 **	0.510 **	0.151 *	-0.076ns	-0.243 **
	Aug. 9		86-129	101.7	208	0.212 **	0.212 **	0.409 **	0.100ns	-0.139 *	-0.080ns
	Sept. 9		103-138	118.9	201	0.124ns	0.147 **	0.343 **	0.030ns	-0.114ns	-0.105ns
	Oct. 19		160-275	200.9	163	0.395 **	0.383 **	0.346 **	0.132ns	-0.130ns	-0.044ns
Saijo	July 15	Fruit weight (g)	27-37	32.0	144	0.135ns	0.143ns	0.231 **	-0.070ns	-0.084ns	-0.194 *
	Aug. 14		50-76	63.3	139	0.041ns	-0.028ns	-0.056ns	-0.242 **	0.060ns	-0.253 **
	Sept. 21		100-154	117.0	133	0.087ns	0.032ns	0.134ns	0.020ns	-0.065ns	-0.045ns

¹ Same as Table 1.² 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.

ns : Non-significant, * : Significant at 5 % level, ** : Significant at 1 % level, *** : Significant at 0.1 % level.

分布1, 2そして3の順に大きかった。満開60日後以降の‘西条’の種子の場合でも分布3と分布1の種子の厚さの差異は大きかったが、長さの差はわずかであり、分布3の種子は分布1の種子に比べて幅が大きくなる傾向を示した。3品種とも果実の生育時期の違いにかかわらず、隣の子室に種子のない場合に種子の厚さが最も厚くなり、片側の子室に種子のある場合は種子の厚さは薄くなった。特に両側の子室に種子がある場合には種子の厚さが最も薄くなった。種子の厚さ/長さの比の値も片側の子室に種子のある場合には小さくなり、とくに両側の子室に種子のある場合には種子の厚さ/長さの比の値は最も小さかった。

子葉は満開60日後から90日後にかけて著しく生長した。‘次郎’の満開70日後の種子を縦に切断して、外観と内側の胚の状態をFig. 3. に示した。正常胚(子葉柄と子葉が正常に存在する)と異常胚(子葉が発達していない)および無胚(胚がみられない)の3つのタイプの種子が観察された。満開90日後以降の3品種の果実について分布1, 2および3に区分して、分布の違いと珠芽長、無胚種子および異常胚種子の出現率(%)との関係をTable 4. に示した。分布の違いや發育経過にかかわらず無胚種子は‘次郎’で高く、‘富有’では少なかったが、‘西条’では分布1の種子の無胚種子率が高かった。異常胚種子率は‘次郎’および‘西条’では調査時によりかなり変異し、また異常胚の様相も子葉がないもの、子葉はあるが小さくて子葉柄が極端に短いものなどいくつかのタイプがあった。‘富有’には異常胚も少なかった。

果実の生育に伴う種子の分布の違い、種子数および果重と種子の大きさととの相関関係をTable 5. に示した。種子の分布の違い(分布1→分布2→分布3)と種子の厚さおよび厚さ/長さの比との間には、‘富有’と‘次郎’において満開30日後の6月にすでに有意な負の相関関係があったが、満開60日後の7月以降は強い負の相関を示し、‘西条’の7月以降の種子でも強い負の相関を示した。7月には‘富有’の種子の分布の違いと種子の長さとの間に、‘西条’の種子の分布の違いと種子の幅との間にそれぞれ正の相関があり、果実の發育に伴って、厚さが薄い種子は長さまたは幅を大きくすることにより種子を大きくする傾向が認められた。

考 察

本調査でのカキの果実發育に伴う果実と種子の大きさの推移を比較すると、‘富有’と‘次郎’両品種ともに、満開30日から60日後および満開60日から90日後の期間に種子の肥大率が果実に比べて高いことが明らかであった。平田・林⁵⁾はカキ‘富有’の種子の外部生長は受精後の6月上旬から、とくに長さおよび幅において旺盛となり、急激に生長を行って7月下旬から8月上旬(開花後70日から80日)ごろまでに大部分の生長を終り、外観的にも種子固有の大きさに達すること、さらに重量生長の変化としては、長さ、幅、厚さなど容積生長の増加開始より、約30日程度遅れて7月上旬頃より増加し、容積生長の緩慢となる7月下旬頃に最も旺盛な生長が認められたと報告している。受粉30日から60日後にかけての期間は種子と果実の發育が最も盛んで、果実の發育にとって種子の役割が重要な時期と考えられた。果実の生育期別に品種間で種子の大きさを比較すると、満開60日後では平均1粒重の値は‘西条’、‘富有’、‘次郎’の順であり、満開90日後や収穫期も同様の順に大きかった。このことより収穫期に大きな種子の品種は幼果の時期より大きな種子であると考えられた。‘西条’、‘富有’および‘次郎’の3品種ともに満開90日後には種子の長さ、幅および厚さともに成熟時の値に近かった。また種子の(幅/長さ)×100および(厚さ/長さ)×100の値でも満開90日後と成熟時との間にそれほど大きな差異はなく、種子の大きさや形態の特徴は満開90日後頃には明確になっていると考えられた。

カキの多くの品種は果心を中心として、放射状に配列した8個の子室を持ち、受粉条件が良好で、

種子形成力の強い品種では最大8個の種子が形成される。3品種の調査果実はすべて8子室であった。満開30, 60, 90, 120日後および収穫期のそれぞれの採取時の最少の種子数は、'富有'、'次郎'ともに1ないし2個であり、最多の種子数は'富有'では8個、'次郎'では7ないし8個であった。一方、'西条'の満開60, 90日後および収穫期の最少の種子数は1個、最多は、6ないし7個であり、'西条'の種子形成が'富有'と'次郎'に比べてやや劣ると考えられた。

種子の分布の違いについては、隣の子室に種子がない場合を1、片側に種子がある場合を2、両側に種子がある場合を3と区別し、既報¹⁾では、成熟時の'富有'、'次郎'および'花御所'の3品種について種子数が増加すると、子室間で種子の相互に隣接する頻度が増加し、種子の厚さが薄くなって、種子の形が変化することを報告した。また、主要なカキ9品種について、収穫期における種子の分布の違いと種子の大きさとの関係について調べ、9品種すべてにおいて種子の分布の違いにより、種子の厚さおよび厚さ/長さの比が異なり、1果実内の種子数の異なる種子すべての平均でも、3、4および5個の同一の種子数の場合でも、種子の隣接する頻度の増加により、種子の厚さおよび厚さ/長さの比の値が小さくなることを報告し²⁾、カキ果実の場合、隣りの子室に種子が存在する場合、隣接する種子が相互に圧迫される状態となり、種子の厚みの増大が抑制されると考察した。本調査では満開60日後の7月以降の果実では、'富有'、'次郎'および'西条'の3品種ともに種子の厚さの値は種子の分布の違いにより異なった。即ち、隣接程度1、2および3の順に種子の厚さはそれぞれ、'富有'では満開60日後で5.5, 4.8, 4.5 mmであり、満開90日後で7.8, 6.8, 6.2 mmであり、満開120日後で8.2, 7.2, 6.5 mmであり、収穫期では8.0, 6.9, 6.2 mmであった。また隣接程度1、2および3の順に種子の厚さ/長さの比はそれぞれ、'富有'では満開60日後で36, 31, 29であり、満開90日後で41, 35, 32であり、満開120日後で43, 36, 33であり、収穫期では42, 35, 31であった。このことより種子の厚さに関連する形質についての値は満開60日以降より種子の分布の違いが大きな変異要因になっていると考えられた。種子の分布の違いによって'富有'では種子の長さが、'西条'では種子の幅が満開60日後より変化した。隣接程度1、2および3の種子の長さはそれぞれ、'富有'では満開60日後で15.3, 15.4, 15.8mm、満開90日後で19.1, 19.5, 19.7mm、満開120日後で19.3, 19.7, 20.0mm、収穫期では19.4, 19.8, 20.4mmであり、満開60日以降では種子が隣接するほど、種子は長くなる傾向がみられた。'富有'では種子の隣接程度の増加に伴って厚さの薄くなった種子は満開60日以降より長さの増大によって、厚さの減少をある程度補う特性を持つと考えられた。一方、'西条'では隣接程度1、2および3の種子の幅はそれぞれ満開60日後で9.0, 9.2, 9.4 mm、満開90日後で11.3, 11.8, 12.0mmであり、収穫期では12.1, 12.8, 13.3mmであり、'西条'では満開60日後以降では種子が隣接するほど、種子の幅が広がる傾向がみられた。長形の種子では、満開60日後以降では種子の隣接程度の増加に伴って厚さが薄くなると、幅が広がる傾向があると考えられる。種子重は種子の幅、長さおよび厚さに関連すると考えられる。'富有'、'次郎'、および'西条'の満開60日後以降では種子の隣接程度の増加に伴って種子重の値が小さくなったが、その程度は厚さの差異ほど大きくなかった。カキの種子は満開60日以降において隣接程度の違いにより、種子の厚さが強く影響されるが、それぞれの子室内で可能な限り成長し、品種固有の大きさに達しようとし、隣接程度の違いによる種子重への影響はそれほど大きくならないものと考えられる。なお、カキ品種間で種子の大きさや形態を比較する場合には、種子の分布の違いにより種子の厚さや厚さ/長さの比が、満開60日以降の幼果の時期よりかなり変異することを考慮に入れる必要がある。

本報では隣接程度1、2および3のすべてのタイプの種子で、満開90日後以降の'次郎'の無胚種子が10~26%前後出現し、'西条'の満開90日後と収穫期では隣接程度1の種子で無胚種子が約15と21%みられた。満開90日後から収穫期までの時期の違いにかかわらず無胚種子の出現率が'次

郎' で高く、次いで '西条' であり、'富有' では低かったことより無胚種子の発生には満開90日後にはすでに品種間差異があると考えられる。異常胚種子の発生は '次郎' の種子の発育時期や分布の違いにより変異が大きかった。遠藤⁶⁾ は収穫期の '次郎' には多数の無胚種子があり、異常胚を有する個体も多いことを報告している。'次郎'、'前川次郎' および '西条' で無胚種子の高かったことは既報⁷⁾ で示した。平田・林⁵⁾ はカキ '富有' の種子の内部組織の生長を経時的に調査し、内胚乳では受精後の6月中旬頃より生長が始まり、以後生長が盛んになるが、とくに7月上旬から7月下旬に最大の生長を示し、その後は種皮と同様、生長はみられないこと、さらに胚は種皮や内胚乳の生長が緩慢となる7月下旬から旺盛な生長を行い、8月上旬頃までに大部分の生長を終り品種特有の大きさに達したことを報告している。無胚種子は受精の当初から胚が形成されていないのか、またはある時点から胚が発育を停止して退化消失したのかについては不明であり、受精直後からの胚形成の詳しい組織調査がさらに必要であるが、本調査の '次郎' の結果より、満開70日後には無胚種子の存在が明らかであった。異常胚には子葉柄がないか極端に短いもの、子葉の形態が異常なもの、子葉柄はあるが子葉が存在しないもの等がみられた。'次郎' では満開70日後において子葉柄はあるが子葉がほとんど形成されていない異常胚の状態を示した。少なくとも満開70日後以前より無胚や異常胚の発生の原因が存在すると考えられる。

本調査では不完全種子の発生は '次郎' の収穫期で多かったが、満開120日後以前ではそれほど多くなかった。幅や長さは完全種子と同等で厚さだけが薄い不完全種子の数が '前川次郎' では夏期に比べて収穫期に増加するが⁸⁾、'次郎' も '前川次郎' と同様の傾向があると考えられた。不完全種子は完全種子に比べて厚さが薄く、不完全種子が隣の子室に隣接しても、その影響は小さいと考え、前報³⁾ と同様に種子の分布を区分する上で、不完全種子は種子として扱わなかった。

果実の発生に伴う種子の分布の違い、種子数および果重と種子の大きさとの相関係数の値より、3品種のいずれも満開60日後以後では種子の分布の違いが種子数の違いよりも、種子の厚さに強く影響していると考えられた。

要 約

カキ '富有'、'次郎' および '西条' の3品種の有種子果実を満開30日後から収穫期にかけての期間供試し、子室間の種子の分布状態と種子の大きさとの関係について調査した。なお、無胚種子、異常胚種子の出現率についても調査した。

1. 種子の平均1粒重の値は、満開60日後では '西条'、'富有'、'次郎' の順に大きく、満開90日後や収穫期でも同様の順であった。

2. 3品種の種子の長さ、幅、厚さ、(幅/長さ) × 100および(厚さ/長さ) × 100の値は、それぞれ満開90日後には収穫期の値とほぼ同様となった。

3. 子室間の種子の分布の状態について、種子の隣の子室に種子のない場合(分布1)、片側の子室に種子のある場合(分布2)および両側の子室に種子のある場合(分布3)の3つに区分した。3品種の満開60日後から収穫期までのすべての調査果実および3~5個の同一種子数の果実において、子室間で種子が相互に隣接する頻度が増加するほど(分布1→2→3)、種子の厚さおよび種子の厚さ/長さの比の値は小さくなった。満開60日後以降の種子では、時期の違いにかかわらず種子の隣接程度の増加に伴って短三角形種子の '富有' では種子の長さが長くなり、細形種子の '西条' では種子の幅が広がった。カキ品種間で種子の大きさや形態を比較する場合には、幼果の時期以降より種子の分布の違いを考慮に入れる必要があると考えられた。

4. '次郎'、'西条' および '富有' には、調査時期および種子の分布の違いにかかわらず無

胚種子や異常胚種子が存在したが、これらの種子は‘次郎’で多かった。

キーワード：カキ果実の発育，種子の分布，種子の大きさ，種子の厚さ

謝辞 本実験を実施するに当たり，調査にご協力頂いた津村哲宏，仁科寿両氏（当時専攻生）に厚く御礼申し上げます

引用文献

- 1) 広島県：種苗特性分類調査報告書（カキ）. 1-436 (1979).
- 2) 梶浦 実：柿の生理的落果に関する研究Ⅱ. 授粉及単為結実と落果との関係. 園学雑, 12, 247-283 (1943).
- 3) 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).
- 4) 長谷川耕二郎・永田広敏・中島芳和：カキの種子数と種子の大きさとの関係. 高知大学研報, 42, 1-9 (1993).
- 5) 平田尚美・林真二：カキ果実の発育ならびに成熟に関する研究. 鳥取大農研報, 30, 14-25(1978).
- 6) 遠藤政太郎：柿に於ける二・三の異常現象に就いて. 園芸学研究集録第2号, 282-284 (1937).
- 7) 長谷川耕二郎・永田広敏：カキ ‘次郎’ 及び ‘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).
- 8) K.HASEGAWA, M.MURATA and A.KITAJIMA: Studies on the cause of the occurrence of poorly-filled imperfect seed in persimmon cv. Maekawa-Jiro. Proceeding of the First International Persimmon Symposium. Acta Horticulturae, 436, 375-394(1997).

平成9(1997)年9月30日受理
平成9(1997)年12月25日発行