

## アボカドの結実習性と収量構成要素について

井上弘明・高橋文次郎

日本大学農獣医学部 252 藤沢市亀井野

Studies on the Bearing Behavior and Yield Composition of the Avocado Tree

Hiroaki INOUE and Bunjiro TAKAHASHI

College of Agriculture and Veterinary Medicine, Nihon University, Fujisawa, Kanagawa 252

### Summary

1. In order to determine avocado tree (*Persea americana* Mill.) bearing behavior in Japan, the cultivars 'Zutano', 'Bacon' and 'Fuerte' were studied in Yamada Orchard, Numazu, Shizuoka, during 1980~'88.
2. Fruits had a sigmoid growth curve, growing rapidly after late June and then slowly after mid August. Growth of seeds was steady June to October and slow thereafter.
3. Flower (fruit) drop had two peaks, first mostly flowers from early May to mid June, and a second peak of mostly small fruits from late May to late June. Flower drop was more severe than fruit drop.
4. Primary branches (bearing shoots) and secondary branches (lateral shoots) elongated rapidly after mid May, then very slowly after late June.
5. Leaf drop had two peaks, the first from mid May to mid June and a second for 'Bacon' and 'Zutano' from August to late September.
6. Inflorescences were of two types: Indeterminate (with growing tip) and determinate (no growing tip). 'Zutano' had more indeterminates; 'Bacon' and 'Fuerte' inflorescence type tended to alternate from year to year.
7. There were eight types of fruiting branchlets, based on different combinations of vegetative and bearing shoots. Successful fruiting percentage was higher for summer than for spring shoots, for first than for later branches, and for terminal buds than for secondary nodes of flowering branchlets.
8. Fruit set per flower ranged up to 0.038%, with 'Fuerte' highest and 'Bacon' lowest. Yield alternated from year to year. Both fruit size and number were smaller in years with lower temperatures.
9. Flower bud mortality increased with both time and lower temperature minimum in the  $-2.5^{\circ}$  to  $-3.5^{\circ}\text{C}$  range.
10. The major impediment to avocado growing in Japan is low temperature, both winter freezes and flowering period chilling. It is therefore important to select the warmest locations, and also to breed cultivars with greater cold resistance.

### 緒言

アボカドは不結実要因が多く、きわめて結実率が低い果樹である(7)。

結実率を高めるには、雌雄異熟による不受精を回避するための他品種との混植(2, 34)や異常花による不受精、不結実などの生理的障害を防止する必要がある。

これらに関する研究は多い(1, 3, 4, 32)が、気象的適地からやや遠いわが国でのアボカド栽培では、諸外国に比べて結実率の向上をはかることがきわめて重要である。

アボカドは品種によって隔年結果性が強く、連年一定の収量を得ることが難しく、このことが低収量の一因となっている(11, 12, 13)。

そこで本報告では、わが国でのアボカド栽培における収量の構成要因をなす結実率および隔年結果性に関

1990年3月6日 受理。我が国におけるアボカドの開花・結実生理に関する研究。(第4報)。

与する結実習性、果実の發育、落花(果)、枝の伸長、落葉、果実の着生部位および樹齡と収量について経時的に調査した結果を報告する。

### 材料及び方法

供試材料は静岡県沼津市西浦久連の山田寿太郎氏園に栽植のアボカドを用いた。品種は中生種の‘Zutano’(6年生の2樹, 7, 8, 13年生の各1樹)、『Bacon’(5, 13年生の各2樹)および‘Fuerte’(5, 11年生の各1樹, 21年生の2樹, 29年生の1樹)の3品種、計14樹を用いた。

#### 調査1

果実の生長、落花(果)、落葉、枝の生長の推移を明らかにするため、それらを1980年5~11月にわたり経時的に調査した。果実の生長・肥大は1樹当たり、50本の結果母枝上に着生した果実および種子の縦・横径をノギスで測定した。また、果実と種子の新鮮重および乾物重を測定した。落花(果)および落葉については、供試樹の周囲に白寒冷しゃを張り、他樹と隔離して調査した。なお、供試した花(果)数は、それぞれ‘Zutano’で338,852個、『Bacon’で313,663個、『Fuerte’は57,203個であった。枝の伸長は1樹当たり50本の結果母枝上の新しゅう長を測定した。さらに新しゅうからの1番枝と2番枝の長さも測定した。

#### 調査2

気温が開花・結実および収量に及ぼす影響を明らかにするため、1980~’82年の3か年間にわたり、アボカドの栽植地に百葉箱を設置し、自記温度計により気温を測定して検討した。

#### 調査3

花序の形態と結実との関係を知るため、1982~’88年の7か年間にわたり、1樹当たり100本の結果母枝を用いて調査した(第1表参照)。花序の形態は無限花序(新しゅうを伴って生長する花序)と有限花序(新しゅうを伴わずに生長する花序)に分け、開花時(5月10日)と結実時(12月20日)に調査し、両花序の比率を各品種の平均値で示した。

#### 調査4

結実習性と収量の経時的推移を知るため、1980~’88年の9か年間にわたり、1樹当たりの結実数および収量を樹齡別に追跡調査した。収穫調査は毎年12月21日に行った。果実の着生部位は結果母枝上に生長した結果枝の先端とその葉えきから伸びた枝に分け、結果枝は發育枝と着花枝に分け、さらに、結果枝から生長した副しゅうを組み合わせて8型に分類した(第8図参照)。すなわち、結果母枝の先端から發育枝が伸長したものをAタイプ、結果母枝の先端から着花枝が伸長したものをA’タイプ、結果母枝の葉えきから發育枝が伸長したものをBタイプ、結果母枝の葉えきから着花枝が伸長したものをB’タイプ、結果母枝の先端から伸長した發育枝より副しゅうが発生したものをACタイプ、結果母枝の先端から伸長した着花枝より副しゅうが発生したものをA’Cタイプ、結果母枝の葉えきから伸長した發育枝より副しゅうが発生したものをBCタイプ、結果母枝の葉えきから伸長した着花枝より副しゅうが発生したものをB’Cタイプとし、毎年結果部位別の結実

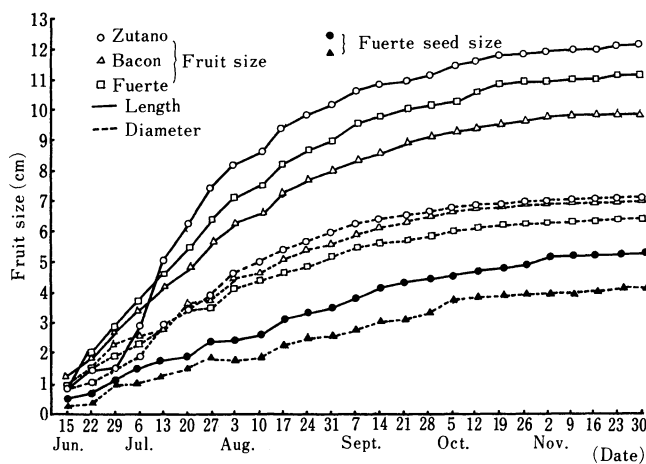


Fig. 1. Growth curve of fruit size and seed size in ‘Zutano’, ‘Bacon’ and ‘Fuerte’ (1980).

分布比率を調査した。さらに1980年には各品種の結実率を調べ、春枝と夏枝および1番枝(結果枝)と2番枝(副しょう)の結実分布比率を調べた。1980年と'81年には結果母枝上の節位別による結実分布比率を調べた。

結 果

1. 果実の生長・肥大

各品種の果実の生長曲線を第1図に示した。果実は3品種とも6月下旬より急速に生長し、8月中旬よりゆるやかな生長を示すS字型生長曲線を示した。品種別にみると、'Zutano'においては初期生長は緩慢であったが、7月上旬になると旺盛になり、再び生長後期に緩慢となった。3品種のなかで'Zutano'の縦径が最も大きく、ついで、'Fuerte'、'Bacon'であった。横径では'Zutano'、'Bacon'および'Fuerte'の順であった。果形は'Zutano'がだ円形、'Bacon'が卵形、'Fuerte'がセイヨウナシ形であった。

第1図には'Fuerte'の種子の生長曲線を示した。種子の縦径・横径とも6月中旬より、緩やかに生長し、11月上旬より緩慢になった。

第2図には'Fuerte'における果肉と種子の新鮮重と乾物重の推移曲線を示した。果肉新鮮重の増加は7月下旬より急速に増加し、9月上旬にやや緩慢な増加となり、10月上旬に再び急速な増加を示し、11月上旬よりその増加はやや緩慢となった。種子の新鮮重は7月中旬より緩やかな増加を示し、10月中旬よりその増加は停止状態となった。果肉の乾物重は7月中旬~11月下旬まで緩やかな増加を示し、種子の乾物重は10月中旬まで緩慢な増加を示し、その後は停止状態となった。

2. 落花(果)波相, 結果枝の生長および落葉波相

各品種の落花(果)波相を第3図に示した。3品種とも二つの山がみられた。第1次波は5月4日~6月29日まで、ピークは5月18~25日であり、大部分が花で落下した。また、'Zutano'においてはこの期に1樹で約11

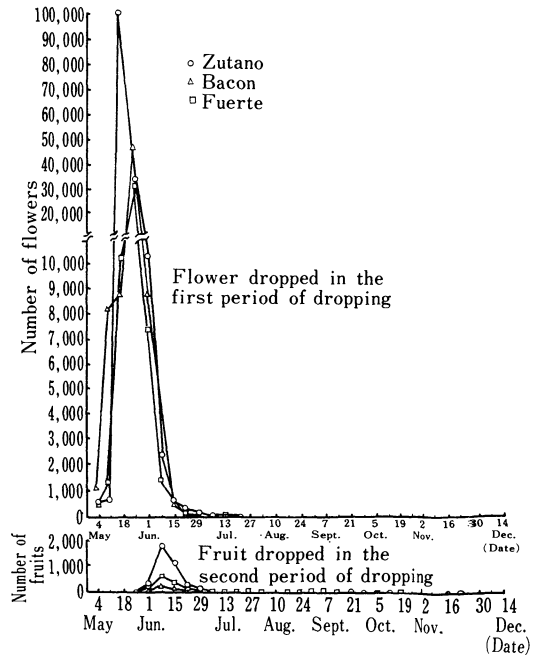


Fig. 3. Weekly drop of flowers (top) and fruits (bottom) in 'Zutano', 'Bacon' and 'Fuerte' (1980).

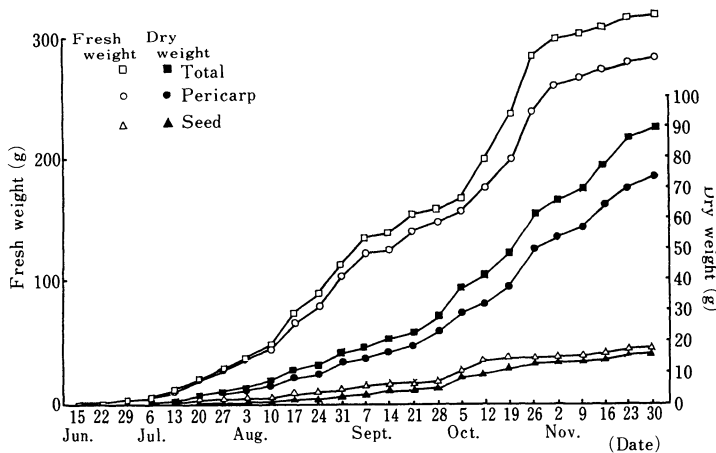


Fig. 2. Growth curve of pericarp and seed weights in 'Fuerte' (1980).

万個と多くの落花があった。第2次波は幼果の落果で5月25日～6月29日にみられ、ピークは6月8～15日であり、その数は少なかった。なお、第3次波は認められなかった。

第4図に結果枝の1番枝と2番枝の生長曲線を示した。結果枝は3品種とも5月18日より急速に伸長し、6月15日からは緩慢になり、ほとんど停止の状態であった。品種別にみると調査最終日の11月30日においては、'Fuerte'は27 cmと生長がよく、'Bacon'と'Zutano'は15 cm前後であった。

各品種の落葉波相を第5図に示した。品種別の波相は'Zutano'と'Bacon'で二つの山が、'Fuerte'で一つの山

が認められた。第1次波のピークは3品種とも5月18日～6月8日であり、第2次波のピークは9月14日であった。10月上旬からの落葉は3品種とも少なかった。落葉数の多い品種は'Zutano'、'Bacon'で、'Fuerte'はそれらよりも少なかった。

### 3. 花序の形態と結果習性

第6図に花序の形態を示した。アボカドの花は二出集繖花序である。花序はその中心から新葉をつけた新しょうを伸ばし、それが生長し翌年の結果枝となる無限花序と新しょうを着生せず生長し、翌年の結果枝をつけない有限花序の二つの型に分けられた。第1表に1982～'88年の7年間の開花時と結実時の無限花序

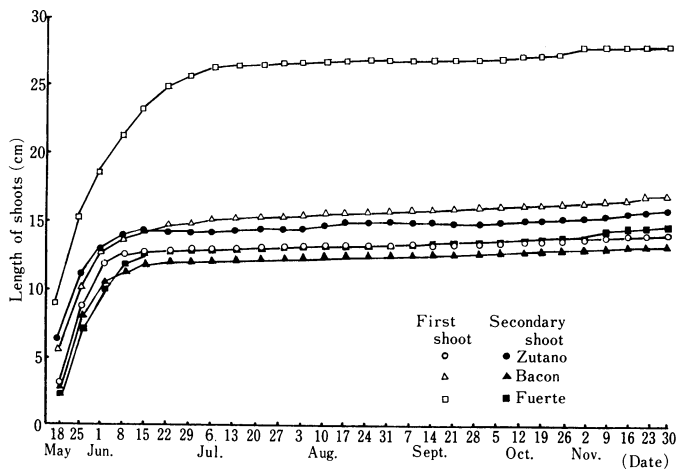


Fig. 4. Growth curves of fruit branches (first and secondary shoot) (1980).

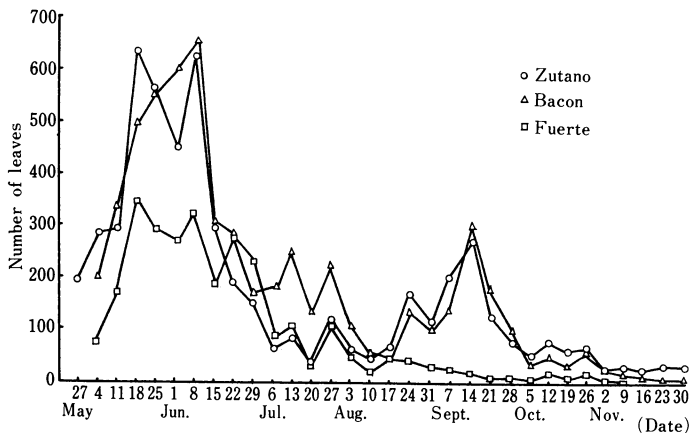


Fig. 5. Weekly drop of leaves in 'Zutano', 'Bacon' and 'Fuerte' (1980).

と有限花序の発生比率を示した。1984年は大寒波のために着花および結実はなく調査ができなかった。

‘Zutano’における開花時の花序別発生比率をみると、1982～’87年までは無限花序の発生比率が有限花序に比べて、全般的に高かったが、88年は低かった。また、1982～’88年の結実時において無限花序の発生比率が高かった。

‘Bacon’の開花時における花序別発生比率は’82～’87年まで無限花序の発生比率が高かったが、’88年は低

かった。しかし、結実時においては’82年が有限花序(53.1%)、’83年は無限花序(79.0%)、’85年が有限花序(52.0%)、’86年、’87年および’88年は無限花序(それぞれ91.3, 100, 83.8%)の比率が高く、年によって有限花序と無限花序の発生比率に差があった。

開花時の‘Fuerte’においては’82年が有限花序(65.9%)、’83年は無限花序(69.9%)、’85年は有限花序(55.5%)、’86年は有限花序(58.8%)、’87年は無限花序(90.4%)、’88年は有限花序(61.2%)の比率が高

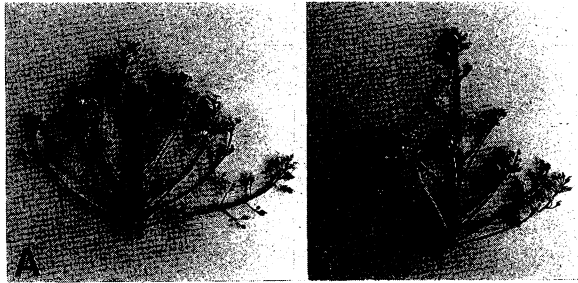


Fig. 6. Two types of inflorescence. A : Indeterminate (with growing tip),  
B : Determinate (no growing tip).

Table 1. Percent distribution of fruit set for inflorescence type at two stages.

Cultivar	Year	Flowering period		Fruiting period	
		Indeterminate	Determinate	Indeterminate	Determinate
Zutano	1982	85.4	14.6	58.3	41.5
	1983	67.8	32.2	86.0	14.0
	1984*	—	—	—	—
	1985	76.0	24.0	73.2	26.8
	1986	85.0	15.0	96.8	3.2
	1987	88.9	11.1	100.0	0
	1988	26.1	73.9	98.3	1.7
Bacon	1982	92.8	7.2	46.9	53.1
	1983	95.3	4.7	79.0	21.0
	1984*	—	—	—	—
	1985	63.0	37.0	48.0	52.0
	1986	79.2	20.8	91.0	8.7
	1987	91.9	8.1	100.0	0
	1988	32.6	67.4	83.8	16.2
Fuerte	1982	34.1	65.9	5.2	94.8
	1983	69.9	30.1	92.0	8.0
	1984*	—	—	—	—
	1985	44.5	55.5	50.0	50.0
	1986	41.2	58.8	39.7	60.3
	1987	90.4	9.6	85.6	14.4
	1988	38.8	61.2	88.0	12.0

\*Cold injury on February 3, 1984=no-flowering and fruiting.

く、有限花序と無限花序の発生比率は隔年または2年ごとに変化がみられた。また、結実時においては'82年が有限花序(94.8%)、'83年は無限花序(92.0%)、'85年は無限花序と有限花序は同比率、'86年は有限花序(60.3%)、'87年と'88年は無限花序(それぞれ85.6%、88.0%)の比率が高く、有限花序と無限花序の発現比率には年によって差があった。

各品種それぞれに異なった有限花序、無限花序の発生比率を示し、'Zutano'では無限花序の比率が開花時、結実時ともに高く、'Bacon'では開花時における無限花序の比率が高かったが、結実時では無限花序と有限花序の比率が隔年または3年ごとに変化した。'Fuerte'も開花時と結実時の無限花序と有限花序の比率が、隔年または2年ごとに変化した。

#### 4. 結果部位

結実時の結果部位を第7図に、結果母枝と結果枝の分類模式図を第8図に示した。結果部位は結果母枝上の結果枝の発生部位によって分け、さらに、發育枝、着実枝および副しょうの組み合わせによって8型に分類した。

第2表に1982~'88年までの結果部位別による結実分布比率を示した。

'Zutano'は'82年、'85年、'86年、'88年にはAとBタイプの比率が高く、'83年、'87年ではA'、B'およびA'Cタイプの比率が高かった。'Bacon'では'82年、'85年、'86年、'88年はAとBタイプの比率が高く、'83年、'87年はA'とB'タイプの比率が高かった。'Fuerte'

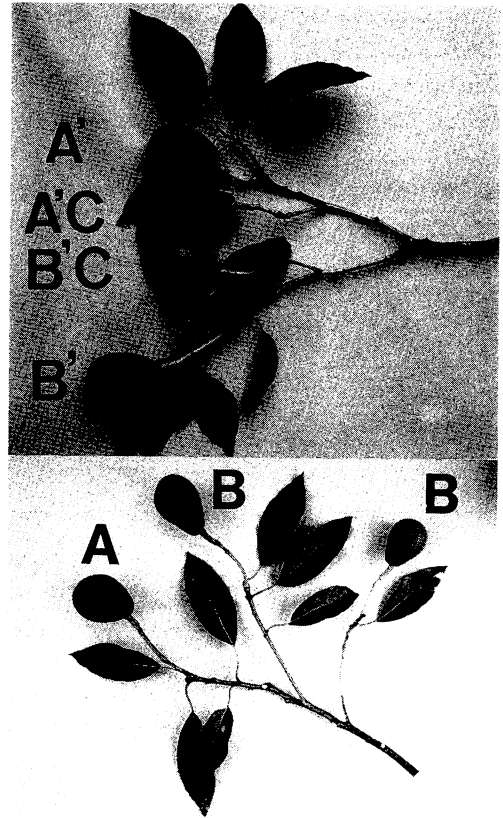


Fig. 7. Types of fruit branches in 'Fuerte' (See Fig. 9 on A, A', B, B', AC, A'C, BC, B'C.)

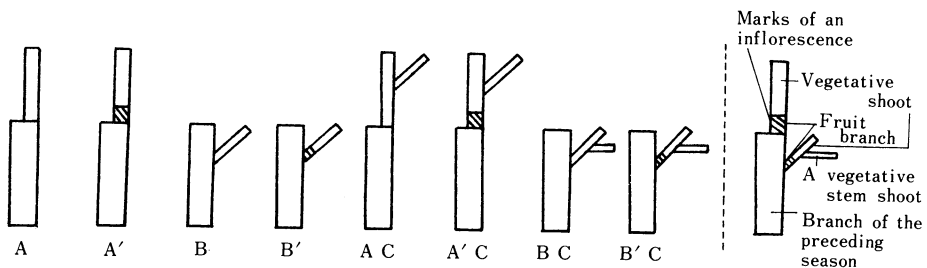
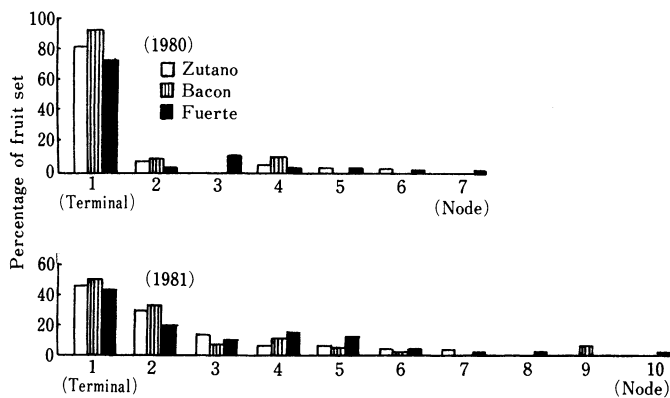


Fig. 8. Diagrams of fruit branch classes. A: Vegetative shoot on the terminal branch of the preceding season, A': Vegetative shoot from flowering branch on the terminal branch, B: Vegetative shoot on the axillary bud branch, B': Flowering shoot on the axillary bud branch, AC: Lateral shoot on the vegetative shoot from the terminal branch, A'C: Lateral shoot on the vegetative shoot from the flowering branch on the terminal branch, BC: Lateral shoot on the vegetative shoot from the axillary bud branch, B'C: Lateral shoot on the vegetative shoot from the flowering branch from the axillary bud branch.

**Table 2.** Percentage of distribution fruit set of the bearing part.

Bearing part (%)		A	A'	B	B'	AC	A'C	BC	B'C	Vegetative shoot	Flowering shoot
Zutano	1982	25.7	17.7	44.2	12.4	—	—	—	—	69.9	30.1
	1983	—	62.0	—	35.0	—	3.0	—	—	0	100.0
	1984*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1985	22.0	22.0	29.3	19.5	—	2.4	4.9	—	56.2	43.9
	1986	70.2	1.6	12.1	0.8	7.3	0.8	7.3	—	96.8	3.2
	1987	—	34.6	—	19.2	—	29.2	—	16.9	0	100.0
	1988	84.2	1.8	14.0	—	—	—	—	—	98.2	1.8
Bacon	1982	34.9	13.9	46.5	4.7	—	—	—	—	81.4	18.6
	1983	1.0	52.0	—	42.0	—	3.0	—	2.0	1.0	99.0
	1984*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1985	37.0	24.7	13.7	9.6	1.4	—	5.5	8.2	57.5	42.5
	1986	65.1	4.7	13.4	4.7	7.4	0.7	4.0	—	89.9	10.1
	1987	0.8	71.4	—	13.5	—	9.5	—	4.8	0.8	99.2
	1988	79.0	2.9	8.6	1.9	1.9	1.0	4.8	—	94.3	5.7
Fuerte	1982	22.4	6.1	59.4	4.4	—	1.5	—	6.2	81.8	18.2
	1983	2.0	45.0	—	31.0	—	20.0	—	2.0	2.0	98.0
	1984*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1985	27.9	27.9	20.7	6.4	1.4	5.0	7.1	3.6	57.1	42.9
	1986	60.3	22.3	13.2	1.7	2.5	—	—	—	76.0	24.0
	1987	5.6	71.2	1.6	21.6	—	—	—	—	7.2	92.8
	1988	72.7	8.7	10.0	3.3	2.7	—	2.7	—	88.0	12.0

\*Cold injury at February 3, 1984 = No-flowering and fruiting.



**Fig. 9.** Percentage distribution of fruit set at different branch nodes.

についてみると'82年、'85年、'86年および'88年はAとBタイプの比率が高く、'83年と'87年はA、B'およびA'Cタイプの比率が高く、'Zutano'と同じ傾向を示した。

各品種を通じて、A、B、AC、BCタイプは发育枝であり、A'、B'、A'C、B'Cは着花枝である。3品種とも发育枝と着花枝の結実分布比率の変化が、隔年ごとにみられた。

結果母枝上における節位別の結実分布比率を第9図に示した。3品種について1980年のそれをみると、頂芽から7節の範囲に結実がみられ、それらのうち頂芽には75~95%が結実し、2~7節に至るそれぞれの節での結実では10%以下であった。1981年での結実には頂芽から10節に分布し、頂芽に40~50%、2節に20~30%、それ以下の節位は15%以下であった。両年は結果母枝上の頂芽と2節に着果が多かった。

第10図に春枝と夏枝および1番枝(結果枝)と2番枝(副しょう)の結実分布比率を示した。結果枝を春から伸長した春枝と夏から伸長した夏枝とに分け、それらに着生した果実の結実分布比率をみると、3品種とも夏枝での結実比率が高かった。結果母枝から発生した1番枝(結果枝)と2番枝(副しょう)の結実分布比率は、1番枝(結果枝)の比率が3品種とも高く、とくに、'Fuerte'が高かった。2番枝(副しょう)の結実は、'Bacon'が高く、ついで、'Zutano'、'Fuerte'の順であった。

5. 低温と結実、収量

第3表に1980年収穫時の結果率を示した。3品種の1樹当たりの着花数と結実数をみると、'Zutano'6年生の着花数24万個と多いが、結実数は18個で、結果率は0.007%、7年生の着花数9万個に対して結実数は30個で比率は0.031%であった。'Bacon'の5年生は23万個の着花数に対して結実数は4個で比率は0.002%ときわめて低かった。'Fuerte'の5年生は5万個の着花数に対して結実数は22個で比率は0.038%であった。

1樹当たりの樹齢別の結実数と収量を第4表に示した。結実数は'Zutano'の6、7年生で16~30個、9年生で126個、12年生で332個、20年生で473個であ

た。'Bacon'は14年生で159個、16年生で318~376個、21年生では205個であった。'Fuerte'は5年生で22個、11年生で69個、16年生で725個、27年生で432~592個、31年生で843個、37年生では1,310個の結実がみられた。しかし、3品種とも1樹の結実数と収量については、調査期間中の(1980~'88年)年次による差が大きかった。

第11図に1980~'88年までの年次別の結実数の推移を示した。'Zutano'は各供試樹とも1983年と'87年に二つの山が、'Bacon'は1983年、'86年および'87年に三つの山がみられたが、供試樹別にみると二つの山であった。'Fuerte'では全体的にみると1982年、'85年および'87年に三つの山がみられたが供試樹によっては二つの山

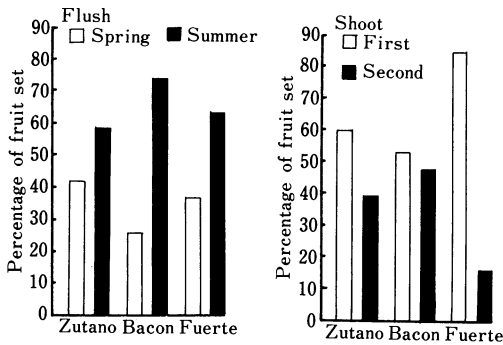


Fig. 10. Fruit set percentage distribution of spring versus summer flush and first versus second shoot (1980).

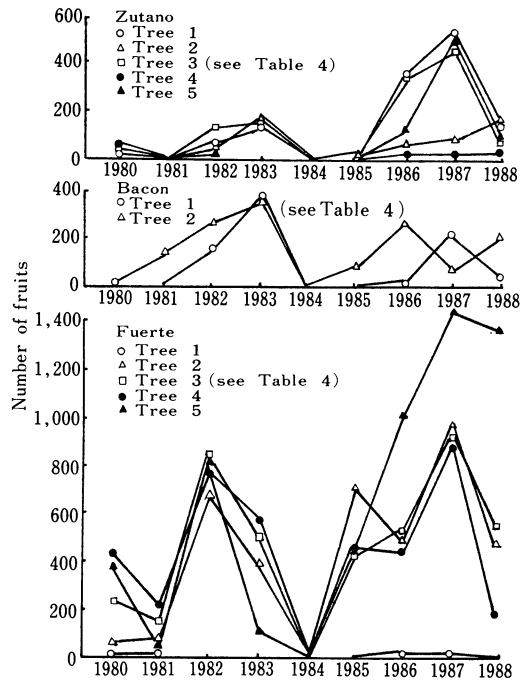


Fig. 11. Fruit number per tree per year; trees planted.

Table 3. Flower number and fruit set in 1980.

Cultivar	Age	Flower No.	Fruit No.	Fruit %
Zutano	6 years	241,955	18	0.007
	7 years	96,897	30	0.031
Bacon	5 years	75,037	0	0
	5 years	238,626	4	0.002
Fuerte	5 years	57,226	22	0.038



を示した。全般的には年次による結実数の増減が著しかった。

第12図には3品種の収穫果を50gごとの8段階に分け、年次別に重量別分布比率を示した。'Zutano'は200~350gにピークがあり、そのピークは年次によって変化した。'Bacon'は150~350gに、'Fuerte'は200~350gにピークがあったが、結果は1987年を除いてピークが集中していた。3品種とも年によって、果実

重に差がみられた。

第13図に1980~'82年までの旬別平均気温を、第14図に開花期(4~6月)の平均気温(最高と最低気温の平均値)と最低気温を、第15図に1,2月の最低気温を示した。

平均気温についてみると、1981年の1,2,3,10,11および12月が'80年および'82年よりやや低かった。開花期の年平均気温は1980年が5月中旬まで最も低

Table 4. Fruit production per cultivar, year and tree.

		1980	1981	1982	1983	1984*	1985	1986	1987	1988
Zutano										
Tree 1	Age(yr)	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Fruit No.	18	—	40	126	—	—	332	480	150
	Yield(kg)	5.2	—	10.7	32.1	—	—	75.5	144.6	37.5
Tree 2	Age(yr)	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Fruit No.	16	2	27	—	—	19	62	98	160
	Yield(kg)	4.5	0.6	6.9	—	—	4.4	14.3	25.5	37.4
Tree 3	Age(yr)	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Fruit No.	30	—	127	130	—	—	319	400	60
	Yield(kg)	8.7	—	33.9	29.7	—	—	73.5	120.5	15.0
Tree 4	Age(yr)	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Fruit No.	51	—	3	—	—	—	42	40	34
	Yield(kg)	11	—	0.7	—	—	—	6.4	6.9	5.8
Tree 5	Age(yr)	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Fruit No.	48	—	17	164	—	19	124	473	100
	Yield(kg)	13.8	—	4.9	43.1	—	4.5	32.0	135.2	25.0
Bacon										
Tree 1	Age(yr)	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Fruit No.	16	—	155	376	—	—	29	215	50
	Yield(kg)	4.0	—	44.8	104.0	—	—	5.6	45.0	12.5
Tree 2	Age(yr)	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Fruit No.	10	159	275	318	—	83	287	79	205
	Yield(kg)	2.1	31.2	57.8	56.4	—	20.3	55.7	15.4	93.6
Fuerte										
Tree 1	Age(yr)	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Fruit No.	22	6	—	—	—	—	4	25	—
	Yield(kg)	3.4	0.8	—	—	—	—	1.0	5.6	—
Tree 2	Age(yr)	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Fruit No.	69	44	677	393	—	725	536	922	520
	Yield(kg)	20.6	9.8	137.8	91.3	—	148.0	87.4	191.6	87.4
Tree 3	Age(yr)	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	Fruit No.	249	140	842	475	—	497	592	961	627
	Yield(kg)	71.5	31.2	181.1	96.1	—	106.8	100.4	195.3	92.4
Tree 4	Age(yr)	21	22	23	24	25	26	27	28	39
	Fruit No.	434	210	740	548	—	534	432	857	186
	Yield(kg)	108.2	44.4	158.2	124.2	—	115.6	77.7	155.8	35.6
Tree 5	Age(yr)	29	30	31	32	33	34	35	36	37
	Fruit No.	369	36	843	123	—	521	1,024	1,443	1,310
	Yield(kg)	96.1	8.6	190.7	34.9	—	129.2	239.2	331.8	312.2

\* Cold injury on February 3, 1984 = no-flowering or fruiting.

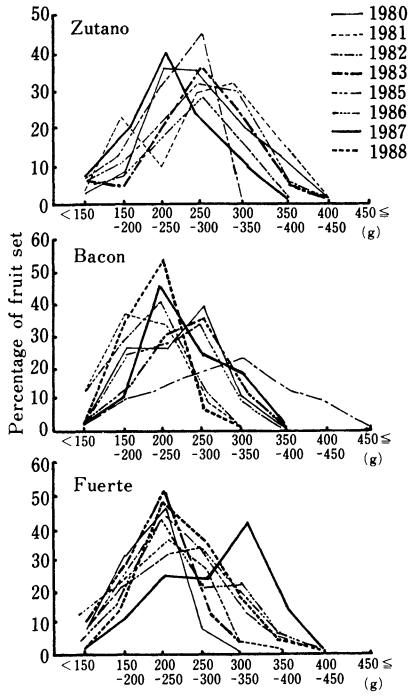


Fig. 12. Percentage distribution of fruit sizes, 1980 to 1988.

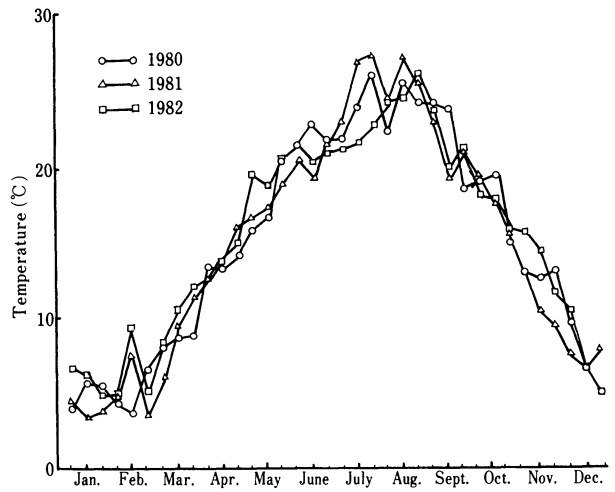


Fig. 13. Mean 24-hr temperature in the avocado field over 10 day periods.

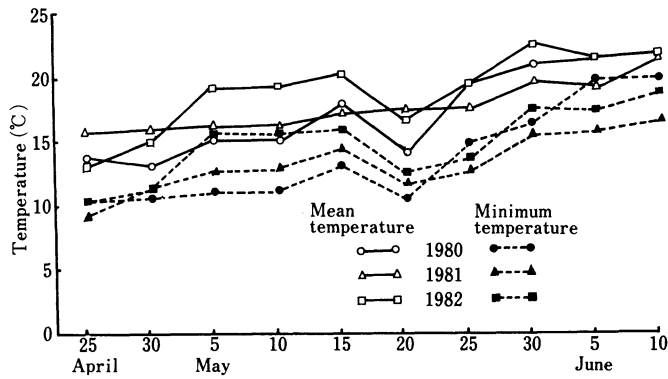


Fig. 14. 24-hr mean and minimum temperatures in the avocado field at 5-day intervals during the main blooming period.

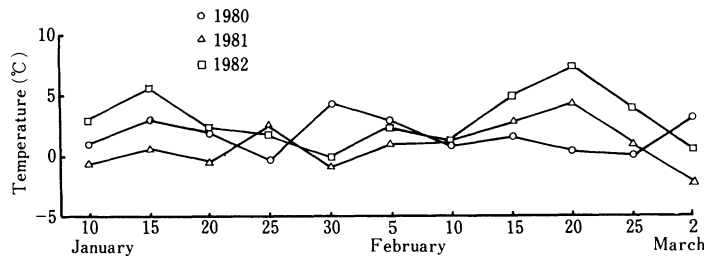


Fig. 15. Cold season minimum temperatures in the avocado field.

**Table 5.** Effect of minimum air temperature and its duration on flower bud mortality.

Year	Minimum air temperature(°C)	Duration(h)	Mortality of flower buds
January 23, 1980	-2.5	2	+
February 26-27, 1981	-3.2	4	++
January 30, 1982	-3.5	1	+++

\* ++ = slight, +++ = severe.

く、5月下旬以降は1981年が'80年および'82年より低かった。また、最低気温は1981年の1月上旬から2月上旬が、'80年および'82年の同月よりやや低かった。

第5表に花芽の最低気温に遭遇した時間と枯死の状況を示した。花芽の枯死数は低温(-2.5~-3.5°C)の遭遇時間が長くなるほど多くなった。すなわち、1980年は花芽が-2.5°Cに2時間遭遇したが枯死数は少なく、'81年は-3.2°Cに4時間遭遇したので花芽の枯死数が多かった。しかし、'82年は-3.5°Cと最も低温であったが、遭遇時間が1時間と短時間であったため花芽の枯死数は少なかった。

気温が一般的に低かった1981年の結実数や収量および果重の分布比率をみると(第11, 12図, 第4表), '80年および'82年に比較して, 'Zutano'は結実がなく, 'Bacon'および'Fuerte'は極端に結実数が少なかった。果実の重量分布比率は'Bacon'が150~200gの間に, 'Fuerte'は200~250gの間にピークがあり, 果実の大きさは'81年'80年, '82年よりも一般的に小さかった(第11, 12図, 第4表参照)。

## 考 察

### 1. 果実の生長・肥大

Marsh(24)はカリフォルニアで'Fuerte'の果実生長率(体積)を経時的に調べた結果, アボカドの果実は7~10月にかけて急速に生長し, 11月より一時緩慢な生長となることを示した。Piperら(27)もフロリダで, 'Lula'と'Taylor'の果実と種子の生長を調べた結果, 果実, 種子とも5~9月にかけて急速に生長し, 10~2月にかけてやや緩慢となることを認めている。

Schroeder(30, 31)はアボカド果実の生長・肥大はS字型生長曲線を示し, 果実の生長初期に細胞分裂や大きさが急増し, 後半の果実肥大期にこれらが倍加するとし, 果実の生長期は他の果樹に比較して細胞分裂が盛んで, 果実肥大の日変動は夜間に著しいと報告している。Lee・Young(23)も'Fuerte'果実の横径は7~10月に急速に生長し, 10月以降は停止するとし, 体積も

7~11月まで急増し, 11~12月にかけて一時やや緩慢となるが, 2月まで生長・肥大するとしている。

本実験に供試した3品種の果実の生長・肥大曲線や新鮮重および乾物重の増加曲線を総合的にみると, 果実は7~9月に急速に生長し, 10月以降はやや緩慢となるS字型生長曲線を示すことが明らかとなった。

南半球のチリ(37)や南アフリカ(25)における果実の生長推移は季節的なずれはあるがいずれもS字型生長曲線を示している。Piperら(27)によるとフロリダはカリフォルニアより温暖なため果実の生長・肥大がやや早い。わが国でのアボカド果実の生長・肥大はカリフォルニアでのそれに類似しているが, 生長曲線はS字型を示して既報の成績と一致した(25, 27, 37)。

Blumenfeldら(6)は, イスラエルでアボカド果実を有核果, 無核果および中間果(細長い果実)の三つの形に分け, それらのうちで有核果の生長(横径)は8~9月に急速に行われ, その後10~12月はやや緩慢となること, 胚の生長は6~9月にかけて急速に行われ, 10~11月には緩慢になると報じている。

本実験においても, 種子は6~10月まで生長を続け, Piper(27)やBlumenfeldら(6)と同様な結果が得られた。また, 'Fuerte'では無核果の果実も認められた。Tomerら(36)によれば, 'Fuerte'でみられる多数の無核果の発生原因は胚または胚乳あるいはその両者の退化によるものであり, 'Fuerte'における無核果は種子の退化による単為結果と偽単為結果とによって生じるものとしている。著者ら(18)は走査電子顕微鏡による異常花の観察において, 子房から胚が突出した裸の胚珠が'Fuerte'に多いことを見出したが, これらが何らかの原因で無核果となるように思われた。

### 2. 落花(果)波相, 結果枝の生長, 落葉波相

一般にウンシュウミカン(21)やモモ(15)の落花(果)波相は三つの山が認められている。

Lahavら(22)はイスラエルにおいて, 'Hass', 'Ettlinger'および'Fuerte'の落花(果)波相を調べ, 4月8~28

日に第1次ピークとして幼果が落下し、とくに、幼果の径が小さいものほど早く、多く落果することを認めている。また、南アフリカのSlabbert(33)は落花(果)波相を調べ、主に落花は9月8日~10月12日の開花後5週間続き、ピークは9月21日であり、落果は9月8日~11月16日の開花後9週間にみられ、ピークは10月19日で、落果の果径は17.1mmであったとし、落花(果)には花の落花と幼果の落果との二つの山があるが、花の落下に比較して幼果の落果数は少ないと報じている。

本実験においても、落花(果)波相は第1次波として開花時の5月上旬~6月上旬の5週間に大部分の花が落下し、第2次波として幼果が5月下旬~7月下旬の9週間に落下した。3品種にはいずれも二つの山のあることが認められた。落花(果)について開花時を起点に南アフリカと比較してみると、波相は類似していた。また、イスラエルでは落果のピークがわが国より1か月早くになっているが、落果期間は5~6月ではほぼ同じであった(22)。

わが国においては、第1次波の落花は、雌雄異熟現象(17)、異常花の発生(18)および花粉外壁表面の発芽孔の欠如と不稔性(19)、開花期の低温、これによる雄ずいの開やく弁の活動停止、加えて、この時期は春枝の伸長期に当たるので、養分の競合が落花をより多いものにしていていると思われる。

本実験において第2次波は結果枝(1番枝)、副しょう(2番枝)とも急速に生長している5~6月上旬であり、この時期はSchroeder(30)が指摘しているように幼果での細胞分裂が旺盛に行われており、結果枝あるいは副しょうと果実間あるいは幼果間の激しい養分競合により、さらに、旧葉と新葉の交代期にも当たっているため、それらが重複して第2次波の発生原因となり落果したものと思われる。

Gregoriouら(10)によれば枝の発育曲線は、結果母枝の長さによって生長が異なり、5~6本新芽を着生している枝は50~80cmまで伸び、その発育曲線は三重のS字型を示す。本実験においては春枝と夏枝の生長がみられ、それらは単なるS字型生長曲線であった。

### 3. 花序の形態と結実

花序の形態は二出集繖花序である(16)。アボカドの花序には花房に発生した栄養芽が伸長し翌年結果枝となる無限花序と花芽のみの有限花序の二つの型があるが、無限花序が一般的に多い(29)。Schroeder(29)によれば有限花序は新しく生長した側芽の葉えきのみ

発生し、開花花序の約5~20%を占め、この傾向は‘Fuerte’に見られるとし、無限花序と有限花序の発現は樹の栄養状態によると報告している。

Toerien(35)は‘Hass’の接ぎ木実験で、穂木を頂部のみ、頂部除去および側芽のみの3部位に分け、それぞれを接ぎ木した結果、活着後の無限花序の発現比率は頂部のみ使用のものが27%、頂部除去が51.8%、側芽が7.9%であり、有限花序は小さな芽や2番、あるいは3番の軸より発達した新しい枝の側芽の葉えきに発生し、無限花序は普通に生長した頂部の栄養芽に多く発生することを明らかにしている。

本実験においても、無限花序と有限花序の分布比率は品種によって、あるいは年次によって異なり、‘Fuerte’が隔年か2年ごとに、‘Bacon’は隔年か3年ごとに分布比率が入れ代わり、‘Zutano’は変化が少なかった。分布比率は開花時よりも結実時において、隔年または2年、あるいは3年ごとに変化した。

無限花序は新しょうの生長を伴うので、翌年の結果枝を持つことになるが、有限花序は発育枝の発生がなく、結実後の枝は枯れ上がり、隔年結果になり易い。ウンシュウミカン(20)においても、有葉花や直花は枝の生長や樹体内の栄養状態によって、隔年ごとに発現することが知られている。

アボカドは品種による差はあるが、隔年結果性が高い。とくに、温暖な地域に比べわが国のような低温下で栽培されている地域では無限花序の比率が多くなっている。このことは隔年結果を導き、収量を低くしている原因と考えられる。

### 4. 結果習性

南フロリダにおける発育枝の生長については、Venningら(38)が、枝の生長および開花・結実習性についてDavenport(8)が詳細に報告している。それによると、フロリダにおける大部分の品種の栄養生長期は3、4月から夏までと、9~10月下旬の2回であり、品種ごとに見ると‘Fuerte’は栄養生長は3月中旬~4月と7月中旬~8月上旬の2回であるが、‘Booth 7’では3月中旬~4月中旬、7月上旬~8月上旬および9月上旬~下旬の3回で、品種により栄養生長相の異なることを報告している。また、Davenport(8)はフロリダでの研究から結果習性を二つのタイプに分けた、すなわち、タイプIには‘Fuerte’、‘Hass’および‘Mexicola’が属し、最初の結実は多いが落果も多く、タイプIIには‘Lula’、‘Booth 7’が属し、最初の結実は少ないが落果も少ないとしている。また、タイプIの品種はカリフォルニアやメキシ

コなどの高温乾燥地帯で、タイプIIの品種はフロリダやハワイなどの高温多湿地帯で主に栽培されていることを報じている。

本実験では結果部位を8型に分類して、数年間の推移を観察した結果、結果部位は発育枝に生ずる結果部位と着花枝に生ずる結果部位の二つに大別でき、それらの結果部位の分布比率は3品種とも隔年ごとに交互に入れ代わっていた。このことは、花序の形態が樹体内の栄養状態によって異なることを示唆しているものと考えられた。

枝の種類別でみると夏枝や1番枝(結果枝)での結実分布比率が高かった。結果母枝上の節別別の結実は、頂芽および第2芽に大部分が集中していた。

アボカドの結実には成り年と不成り年がある(13)。大垣ら(26)は、ウンシュウミカンにおける成り年と不成り年の収量構成を検討した結果、ウンシュウミカンの隔年結果は、当年の結果枝が翌年の花芽を形成せず、不着果枝の春枝と夏枝に花芽を形成すること、さらに、全枝数に対する着果枝数の割合が不均衡となり、翌年の結果枝と不着果枝の不均衡を導くことなどに起因すると報じている。

本実験においては、発育枝が不成り年に当たり、着花枝に生ずる結実は成り年に当たっていた。このことは、樹体内の栄養状態が翌年の結実に影響して、隔年結果をもたらしたものといえよう。

## 5. 低温と結実、収量

Chandler(7)は、'Fuerte'の結実比率は0.05%以下できわめて低いと述べており、また、Papademetriou(28)も結実比率は品種によって相違するが、それは0.04~0.66%の範囲であったと報告している。本実験においても、結実比率は0.058%以下の結実であり、きわめて低かった。

Hodgson(11)は、南カリフォルニアにおいて、'Fuerte'が強い隔年結果習性を示すのは、主として前年の生産量の多いことに起因するが、開花期の温度条件も影響することを報告している。さらに、1923~'35年の12年間にわたる収量記録と気温表の解析から、収量には開花期と果実の生長期の温度条件が影響し、両時期の気温が低い年に収量が減少すると報告している(12)。Gillespie(9)も夜温が'Fuerte'の結果習性に及ぼす影響について調べ、開花期に7.2℃以下の夜温が長期間続くと、わずか15%の開花にとどまり、その後の収量は減少し、隔年結果現象が起きるとしている。また、Hop-ping(14)も開花期に夜温の平均気温が11℃以下と昼温

17℃以下が、長時間続くと結実が減少することを報告している。

本実験においても、比較的低温の年には結実数と収量および果実の大きさに影響がみられ、年次別の収量をもみても、Hodgson(12)と同様に隔年または数年ごとに収量が減少し、隔年結果性が認められた。また、極度の低温に遭遇する時間の長短によって、花芽が枯死することや、とくに、1~2月の低温がアボカドの花芽の生長を停滞させることが認められている(16)。

Bergh(5)は低収量を回避する手段として最良品種・系統の選択、最良の栽培管理、蜜蜂の利用、受粉樹の混植の四つをあげている。

わが国のアボカド栽培では、1~2月の厳寒期に-3℃以下の低温が長時間続き、また、開花期も低温であり、アボカド栽培の好適温度条件を欠いているので、栽培にあたっては耐寒性の強い品種が求められる。さらに、隔年結果の強いことからその防止対策を整枝・せん定、施肥などの栽培面から検討する必要がある。

## 摘 要

1980~'88年にわたり、静岡県沼津市西浦久連の山田寿太郎氏園に栽培されている'Zutano'、'Bacon'および'Fuerte'を用いて、結実習性や収量構成要因について調査した。

1. 果実は3品種とも6月下旬から8月中旬にかけて急速に肥大し、その後は8月中旬よりゆるやかとなるS字型生長曲線を示した。種子の生長は6~10月までみられ、11月以降は緩慢となった。

2. 落花(果)には3品種ともに二つの波相がみられた。第1次波は大部分が花で落下し、5月上旬から6月上旬まで、第2次波は効果で落下し、5月下旬から7月下旬であった。花に比べて効果の落下数は少なかった。

3. 枝の伸長は1番枝、2番枝ともに5月中旬から急速に行われ、6月下旬以降は緩慢となった。

4. 落葉波相には二つの山がみられ、第1次波は5月中旬から6月中旬に、第2次波は8月中旬から9月下旬であった。

5. 花房は無限花序と有限花序に分かれ、その比率は'Zutano'では無限花序が高く、'Bacon'や'Fuerte'では隔年または2年ごとにそれらが交互に変化した。

6. 結果部位を8型に分類した。3品種とも発育枝に生ずる枝と着花枝に生ずる枝は、隔年ごとに交互に入れ代わって結実を繰り返した。枝の種類では夏枝や1番枝の結実分布比率が高く、結果母枝では頂芽や第2節の比率が高かった。

7. 全開花数に対する結実比率は0.038%以下であったが、'Fuerte'、'Zutano'、'Bacon'の順に高かった。収量は隔年ごとに異なり、とくに、低温の年は結実数および収量が少なく、果実も小さかった。

8. 花芽は1~2月の最低気温(-2.5°~-3.5°C)の遭遇時間が長くなるほど枯死するものが多かった。

9. わが国のアボカド栽培の障害は、厳寒期の最低気温と開花時の低温であり、その対策としては栽培地の選択、耐寒性品種と台木の選抜・育成が重要と考えられる。

**謝 辞** 本研究を実施するに当たり、ご助言を賜った元日本大学教授伊東秀夫先生、有益なご教示を賜ったカリフォルニア大学 Dr. Bob O. Bergh および農林水産省果樹試験場間苧谷徹栽培第一室長に深く謝意を表します。また、貴重な材料を長期間提供して下さいました山田寿太郎氏ならびに調査にご協力下さった山田寿樹氏、本学の果樹蔬菜園芸学研究室の学生諸氏に深謝致します。この研究の一部は昭和58年度文部省科学研究費補助金(奨励研究)、昭和55年度園芸振興松島財団研究助成金および昭和58年度日本大学学術研究助成金によって行われたことを付記して感謝致します。

#### 引用文献

- BERGH, B.O. and C.D. GUSTAFSON. 1958. Fuerte fruit-set as influenced by cross-pollination. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 42: 64-66.
- BERGH, B.O. and M.J. GARBER. 1965. Avocado yields increased by interplanting different varieties. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 48: 78-85.
- BERGH, B.O. 1966. Avocado tree arrangement and thinning in relation to cross-pollination. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 50: 52-61.
- BERGH, B.O., M.J. GARBER and C.D. GUSTAFSON. 1966. The effect of adjacent trees of other avocado varieties on Fuerte fruit-set. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 89: 167-174.
- BERGH, B.O. 1967. Reasons for low yields of avocados. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 51: 161-172.
- BLUMENFELD, A. and S. GAZIT. 1974. Development of seeded and seedless avocado fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99: 442-448.
- CHANDLER, W.H. 1958. Evergreen orchards. 2nd. ed. p.208-228. Lea and Febiger, Philadelphia.
- DAVENPORT, T.L. 1982. Avocado growth and development. Proc. Fla. State Hort. Soc. 95: 92-96.
- GILLESPIE, H.L. 1956. Night temperature influence on Fuerte bearing habits. Calif. Citrograph. 41: 153-154.
- GREGORIOU, C. and R. KUMAR. 1983. Some aspects of shoot and root growth of avocado under lowland tropical conditions. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 66: 127-144.
- HODGSON, R.W. and S.H. CAMERON. 1934. On the bearing behavior of the Fuerte avocado variety in southern California. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 32: 200-203.
- HODGSON, R.W. and S.H. CAMERON. 1936. Temperature in relation to the alternate bearing behavior of the Fuerte avocado variety. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 33: 55-60.
- HODGSON, R.W. 1947. Bearing cycles of avocado. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 1946: 62-63.
- HOPPING, M.E. 1981. Avocado flowering and fruit set: Influence of temperature. The orchardist of New Zealand. November: 365-369.
- 井上弘明・伊東秀夫・高橋敏夫・武田昌敏. 1982. モモにおける不完全花の発現と落花果の分離層に関する研究. 日大農獣医学報. 39: 24-34.
- 井上弘明・高橋文次郎. 1989. アボカド(*Persea americana* Mill.)の花芽分化および発育について. 園学雑. 58: 105-111.
- 井上弘明・高橋文次郎. 1990. アボカド品種の開花型、とくに開花時の気温が開花習性に及ぼす影響. 園学雑. 58: 927-934.
- 井上弘明・高橋文次郎. 1990. 走査電顕によるアボカドの異常花の形態観察と発生頻度について. 園学雑. 59: (印刷中).
- 井上弘明・白戸一士・高橋文次郎. 1987. アボカド花粉の形態と稔性について. 園学要旨. 昭62秋: 160-161.
- 伊東秀夫・井上弘明・森谷睦男. 1976. 温州ミカンの担果能力に関する研究. (第1報). 花着きに関する研究. 特に有葉花と無葉花(直花)の発現について. 園学雑. 45: 217-224.
- 伊東秀夫・井上弘明・森谷睦男. 1978. 温州ミカンの担果能力に関する研究. (第2報). 落果波相の解析. 園学雑. 47: 7-15.
- LAHAV, E. and D. ZAMET. 1976. Flower drop, fruit set and fruit drop in avocado trees. Alon Hanotea 29: 57-67.
- LEE, S.K. and R.E. YOUNG. 1983. Growth measurement as an indication of avocado maturity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108: 395-397.
- MARSH, R.H. 1936. Rate of growth of Fuerte fruit. Calif. Avocado Asso. Yrbk. 1935: 89-91.
- MCONIE, A. and B. WOLSTENHOLME. 1982. Avocado fruit growth and maturity in two natal localities. S. African Avocado Grower's Asso. 5: 74-77.
- 大垣智昭・藤田克治・伊東秀夫. 1963. 温州ミカンの隔年結果に関する研究. (第3報). 温州ミカン園の隔年結果状態、その収量構成、ならびに結実と翌春の結花率、結果枝率について. 園学雑. 32: 13-19.

27. PIPER, R.B. and F.E. GARDNER. 1943. Comparative seasonal development of avocado fruits and seeds. Proc. Fla. State Hort. Sci. 56 : 122-124.
28. PAPADEMETRIOU, M.K. 1977. Percentage fruit set in avocados (*Persea americana* Mill.). Calif. Avocado Soc. Yrbk. 59 : 135-142.
29. SCHROEDER, C.A. 1945. The avocado inflorescence. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 1944 : 39-40.
30. SCHROEDER, C.A. 1953. Growth and development of the Fuerte avocado fruit. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61 : 103-109.
31. SCHROEDER, C.A. 1958. Growth and development of the avocado fruit. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 42 : 114-118.
32. SEDGLEY, M. 1977. The effect of temperature on floral behaviour, pollen tube growth and fruit set in the avocado. J. Hort. 14 : 27-33.
33. SLABBERT, M. 1981. Flower and fruit drop. S. African Avocado Grower's Asso. Yrbk. 4 : 89-91.
34. STOUT, A.B. 1925. The flower behavior of avocado with special reference to interplanting. Proc. Fla. State Hort. Soc. 38 : 80-91.
35. TOERIEN, J. 1978. An investigation into the successful grafting of avocado after the commencement of flower bud differentiation. S. African Avocado Grower's Asso. Yrbk. 2 : 61-62.
36. TOMER, E., S. GAZIT and D. EISENSTEIN. 1980. Seedless fruit in 'Fuerte' and 'Ettinger' avocado. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105 : 341-346.
37. UNDURRAGE, P., J. OLAETA and F. GARDIAZABAL. 1987. Seasonal changes on chemical and physical parameter in six avocado (*Persea americana* Mill.) cultivars grown in Chile. S. African Avocado Grower's Asso. Yrbk. 10 : 138-140.
38. VENNING, F.D. and F.B. LINCOLN. 1958. Development morphology of the vegetative axis of avocado (*Persea americana* L.) and its significance to spacing, pruning practices, and yields of the grove. Proc. Fla. State Hort. Sci. 71 : 350-356.