イチゴの収穫・調製作業に関わる果房形態特性

曾根一純^{1*}・沖村 誠¹・望月龍也²・野口裕司³・北谷恵美¹

¹ 農業・生物系特定産業技術研究機構九州沖縄農業研究センター 839-8503 福岡県久留米市御井町

² 農業・生物系特定産業技術研究機構九州沖縄農業研究センター 861-1192 熊本県菊池郡西合志町大字須屋

³ 農業・生物系特定産業技術研究機構北海道農業研究センター 062-8555 北海道札幌市豊平区羊ヶ丘

Relationship between the Inflorescence Characteristics and Fruit Size and Uniformity of Fruit for Labor-saved of Harvesting and Preparation in Strawberry.

Kazuyoshi Sone^{1*}, Makoto Okimura¹, Tatsuya Mochizuki², Yuji Noguchi³ and Emi Kitadani¹

¹ National Agricultural and Bio-oriented Research Organization for Kyusyu Okinawa Region.

Department of Vegetable and Flower Research. Mii-Machi, Kurume Fukuoka, 839-8503

² National Agricultural and Bio-oriented Research Organization for Kyusyu Okinawa Region. Department of

Research Planning and Coordination. Suya, Nishigoshi Kumamoto, 861-1192

³ National Agricultural and Bio-oriented Research Organization for Hokkaido Region. Department of Crop Breeding.

Hitsujigaoka Toyohira, Sapporo, Hokkaido, 062-8555

Summary

This study investigated morphological inflorescence characteristics associated with fruit size and concentrated ripening of strawberry fruit for labor-saving during harvesting and preparation of strawberries.

Fruit weight was highly correlated with node length and diameter, total pedicle length, node / total pedicle length ratio and node / lower node diameter ratio. Large fruit tended to have long pedicles and wide diameter of the node.

Fruit weight during concentrated ripening strawberries was highly correlated with the coefficient of variation in node length and diameter per fruit.

'Pajaro' demonstrated desirable characteristics suitable for labor-saving during harvesting and preparation with basal branching clusters and long pedicles and wide node diameter.

キーワード： イチゴ, 果房形態, 果重, 揃い, 省力, 収穫・調製作業

緒 言

イチゴ栽培では、収穫作業および出荷・調製作業に関わる労働時間が約 1/3 ずつを占め、両者を合わせると総労働時間の約 50~60% を占めている。また、収穫作業は土耕栽培の場合、中腰での作業が多く労働強度が高い(土居, 1987)。収穫・調製作業の省力化は、大幅な軽労化、労働時間の短縮と規模拡大による収益力の向上が期待でき、イチゴ栽培における波及効果が大きい。本圃での管理作業および収穫の省力化への取り組みは、栽培面からは高設栽培などによる収穫位置の改善により軽労化が図られつつある。また、収穫ロボットを使った収穫作業の軽労化

(竹永, 2000)および近赤外光を用いた非破壊での糖度測定(藤原, 1991)などによる機械選果の可能性についての検討が行われている。これらの取り組みをより効果的にするためには果実の大きさおよび形状の揃った果実特性をもつ品種の開発が必要である。果実特性と果房形態との関係については、Darrow(1929), Janick・Eggert(1968), Stang・Denisen(1970), 森下・本多(1983a, 1988)および竹内(1993)の研究がみられる程度で研究事例は少ない。

本報では、代表的な直枝型、中間型、分枝型の3タイプの果房形態を有する品種・系統を用いて、大果性および果実の大きさの揃いに着目し、選抜指標となる果房形態構成要素を明らかにするとともに、大果で果実の大きさの揃った果実生産が可能な果房形態について検討した。

2003年9月3日 受付。2004年2月20日 受理。
本報告の一部は園芸学会平成10年度秋季大会で発表した。
*Corresponding author. E-mail: skaz@affrc.go.jp

第1図 代表的な果房形態

第2図 果房形態概念図

例 ●着果節の場合

果実まで節間長: 例①+②+③+④

節間長比率: 例④/①+②+③+④ (%)

節間径比率: 例④の節間径/①の節間径 (%)

節間長径比率: 節間長比率と節間径比率との積

着果節間長径: 着果節間の節間長と節間径との積

材料および方法

第1図に示す止め葉状一枚葉の着生節位により分類した代表的な3タイプの果房形態を持つ‘Pajaro’(直枝型), ‘とよのか’, ‘ひのみね’および‘女峰’(ともに中間型), ‘さちのか’および‘大鈴’(ともに分枝型)の各16株を1995年6月に採苗, 小型育苗ポットにてポット育苗した苗を9/28に定植(畦幅110 cm, 株間23 cm, 2条植, 10a当たり7900本), 10/25にビニル被覆による保温開始, 11月末から温風加温機により最低夜温5℃を保持した。なお, 果房伸長に影響を及ぼす電照およびGA処理は行わなかった。元肥はN, P_2O_5 , K_2O をそれぞれ1.0 kg/aと

し, 適宜追肥を行った。

12月をはじめから3月上旬までに収穫した奇形果を除く全果について, それぞれの開花日, 収穫日および果重を調査した。果房形態構成要素については第2図に示すように, 止め葉状一枚葉(頂花の苞葉)から下の果梗を第1節間, 小果梗を基部側から順に第2節間, 第3節間とし, 最後の節から果実までを着果節間とした。さらに, 収穫対象となった果房について, 着果位置と着果位置に至る各節間における果梗中央部の節間径および節間長を測定し, 第2図の模式図より果実着果位置までの節間長(以後, 果実まで節間長とする。例①+②+③+④), 着果節間の節間長と果実着果までの節間長との比率(以後, 節間長比率とする。例④/(①+②+③+④)), 着果節間の節間径が長いほど大きくなる), 着果節間の節間径と第1節間における節間径との比率(以後, 節間径比率とする。例④の節間径/①の節間径, 大きいほど着果節の直径が太くなる), 個々の着果節間の果房全体での位置関係を表す指標として節間長比率と節間径比率との積(以後, 節間長径比率とする), 着果小果梗の果梗形態を表す指標として着果節間の節間長と節間径との積(以後, 着果節間長径とする)を求めた。

さらに, 供試した6品種の個々の果重とそれら果房形態構成要素との関係について, 増減法による重回帰分析により解析した。果実の大きさの揃いと果房形態構成要素との関係については, 果重の変動係数と果房形態構成要素の変動係数を用いて, 増減法による重回帰分析により解析した。

また, 各品種の担果力を評価するため森下・本多(1983b)の考案したゴンベルツ曲線による果実の生長曲線式を用いて, 個々の果実の開花日, 収穫日および果重から下記の式により果実毎の一日当たりの果実生産量を算出した。

イチゴの肥大曲線の推定式

$$Y = K \cdot a^{\wedge} (b^{\wedge} X) \text{ ただし, } a = A \cdot T^{\wedge} B$$

$$A = -0.00273874 \cdot W + 1.00638$$

$$B = -0.0138431 \cdot W - 2.33845$$

$$b = 0.69307 \cdot T^{\wedge} 0.085826$$

$$T = \text{成熟日数 } W = \text{収穫時の果重}$$

$$K = W/a^{\wedge} (b^{\wedge} T)$$

同一日における肥大中の果実について算出した果実生産量を積算し, 一日当たりの株当たり果実生産量(以降, 果実生産量とする)を算出した。

さらに, 一日当たりの株当たり肥大果数を株当たり収穫数で割ることにより, 一日当たりの肥大果数割合(以降, 肥大果数割合とする)を求めた。

結果および考察

1. 果房形態と果房形態構成要素との関係

各品種における果房形態および果房形態構成要素を第

1表に示した。果房形態は、果房形態構成要素のうち第1節間の節間長および第2節間の数により分類可能であった。すなわち、中間型および直枝型では、第1節間が極めて短いに対し、分枝型は第1節間長が他の果房形態より有意に長かった。さらに、中間型は第2節間がおおむね3本であったのに対し、直枝型は5本程度発生した。

果実まで節間長は‘さちのか’、‘ひのみね’が長く、

‘とよのか’が短かったが、果房形態による差異は認められなかった。着果節間長径は‘Pajaro’が有意に大きく、なおかつ変動係数が小さく、着果節間が他品種より長く揃いが優れる特徴を有した。

2. 各品種の着果状況の推移

第2表に各品種における開花および果実特性を示した。頂果房の平均開花日は11/12~22であったが、‘Pajaro’が

第1表 促成栽培における果房形態特性の品種間差異

品種名	果房形態		果実まで 節間長 ^z	第1節間 節間長 ^y	第2節間 本数	節間長 比率 ^x	節間径 比率 ^w	着果節間 長径 ^v	節間長径 比率 ^u
			cm	cm					
とよのか	中間型	mean	16.6 c ¹	1.6 c	2.9	36.5 b	44.2 ab	0.68 c	2081.6 ab
		C.V.	21.3	28.3	9.1	76.0	72.5	74.7	144.2
女峰	中間型	mean	18.1 bc	2.0 c	2.8	29.3 bc	29.4 bc	0.56 c	932.4 bc
		C.V.	29.5	43.6	15.3	41.7	61.9	67.9	94.1
ひのみね	中間型	mean	21.4 ab	1.4 c	3.0	36.4 b	26.8 c	0.96 b	1115.1 bc
		C.V.	25.0	30.6	0.0	56.8	64.9	67.8	134.9
さちのか	分枝型	mean	21.8 a	6.7 b	2.9	18.2 c	28.0 c	0.53 c	612.4 c
		C.V.	19.5	58.3	16.2	64.5	63.7	84.9	165.0
大鈴	分枝型	mean	19.4 abc	12.7 a	2.6	30.5 b	50.5 a	0.54 c	2187.2 ab
		C.V.	47.9	51.8	20.0	106.6	52.4	85.7	157.1
Pajaro	直枝型	mean	17.9 c	0.8 c	4.9	51.4 a	50.9 a	1.43 a	3190.7 a
		C.V.	21.9	58.6	32.2	55.6	58.4	59.9	105.5

^z果実着果位置までの節間長(例 第1図参照①+②+③+④), ^y止め葉状一枚葉より下の果梗の節間長

^x果実着果節間長と果実まで節間長との比率(例 第1図参照 ④/①+②+③+④, 果実着果節の果梗長が長いほど大きくなる)

^w果実着果節間径と基部節間径との比率(例 第1図参照 ④の節間径/①の節間径, 大きいほど果実着果節の直径が太い)

^v果実の着果節の節間長と節間径との積, ^u節間長比率と節間径比率との積(果実着果している果梗の果房全体での状態を表す)

¹Tukey-kramer HSD検定, 異なる文字間は5%水準で有意差あり

第2表 各品種における開花及び果実特性

品種名	頂果房 開花日	第1次えき 果房開花日	平均果重	平均果重 C.V.	収量 ^z	糖度	株当たり 収穫数 ^z
			g	%	kg/a	Brix%	個
とよのか	11/13 a ^y	12/6 a	14.8 b	49.2 c	241.9	10.5	21.3
女峰	11/14 a	12/5 a	12.8 c	52.3 bc	273.7	10.7	27.4
ひのみね	11/12 a	12/22 c	16.8 ab	44.2 cd	218.7	10.4	18.1
さちのか	11/17 b	12/10 ab	12.3 c	72.2 a	268.9	11.7	29.7
大鈴	11/12 a	12/16 bc	15.6 b	58.4 b	205.5	12.2	18.0
Pajaro	11/22 b	1/26 d	18.6 a	39.9 d	198.2	10.5	11.8

^z3/8までの収穫数

^yTukey-kramer HSD検定, 異なる文字間は5%水準で有意差あり

第3表 収穫盛期における1日当たり果実生産量の品種間差

品種名	平均値 ^{x,z}	収穫盛期での 平均値 ^{y,z}	C.V.	最大負荷量	高負荷 日数割合 ^w	最大肥大 果数割合 ^v
	g/日	g/日	%	g/日	%	%
とよのか	2.5 abc	3.4 c	21.7	5.2	1.2	73.8
女峰	2.7 a	3.7 bc	29.5	5.6	8.1	78.1
ひのみね	2.3 abc	2.9 d	34.0	4.9	0.0	62.0
さちのか	2.6 ab	4.1 ab	31.4	6.7	27.5	74.3
大鈴	1.8 c	2.7 d	26.9	5.0	0.0	70.7
Pajaro	1.9 bc	4.2 a	45.7	8.3	31.4	87.8

^x収穫ははじめから収穫終了時までの株当たり果実生産量の平均値

^y収穫ははじめから収穫終了時までのうち, 1.5g/日以上負荷日における株当たり果実生産量の平均値

^zTukey-kramer HSD検定, 異なる文字間は5%水準で有意差あり

^w1.5g/日以上負荷日数のうち5g/日以上高負荷日の割合

^v肥大果数割合:1日当たりの成熟中の果数/株当たり果数の割合

やや遅かった。第1次えき果房の開花日は‘とよのか’および‘女峰’で早く、連続出らい性が優れ、‘Pajaro’を除く品種は12月下旬までには開花したが、‘Pajaro’は1/26と有意に遅く、連続出らい性が劣った。

また、株当たり収穫果数は‘さちのか’および‘女峰’で27個以上と多く、‘Pajaro’は11.8個と少なかった。その他の品種・系統は18個前後で差はみられなかった。

平均果重は、‘Pajaro’が有意に大きく、‘さちのか’および‘女峰’がやや小さかった。果重の変動係数は、‘Pajaro’が39.9%と有意に小さく、揃いが優れたのに対し、‘さちのか’は72.2%と劣った。また、3/8までの収量は‘女峰’および‘さちのか’が270 kg/a程度と多く、‘Pajaro’および‘大鈴’は200 kg/a程度と少なかった。

第3表に各品種の果実生産量を、第3図に収穫期を通じた果実生産量および肥大果数割合の推移を示した。収穫期を通じた果実生産量は、概ね2~2.5 g程度であったが、‘女峰’および‘さちのか’が高く、‘大鈴’および‘Pajaro’が低かった。一日当たりの果実生産量が1.5 g以上を示す収穫盛期での果実生産量は、‘さちのか’および‘Pajaro’が他品種より有意に高く、‘ひのみね’および‘大鈴’は低かった。また、果実生産量の変動係数の平均値は31.2%であり、そのうち変動係数が小さい品種には‘とよのか’が、変動係数の大きい品種には‘Pajaro’がみられた。

果実生産量が5 g以上の過度の着果状況の日数割合は、‘Pajaro’および‘さちのか’が他品種と比較して高く、‘とよのか’、‘ひのみね’および‘大鈴’は極めて低く、明らかな品種間差異が認められた。特に、連続出らい性が劣る‘Pajaro’は連続出らい性が優れる‘とよのか’と比較して急激な着果負担の増大が認められた。また、着果負担が比較的高い12/12~2/6間における果実生産量が5 g以上となる高負荷状態の割合は31.4%を占め、最高8.3 gとなる日もみられた。

それに対し、果実生産量の変動係数が小さい‘とよのか’は果実生産量3~4 g程度が12/9~2/13までの長期にわたるが、5 g以上の過度の負荷状態の割合は1.2%であり、‘Pajaro’と比較して明らかに低かった。

肥大果数割合は‘Pajaro’では頂花開花後、他品種と比較してピークに至る日数が短く、最大で87.8%となり、一斉開花性が強かった。それに対し、‘ひのみね’は最大値が62.0%と低く、果房内での開花の分散化が認められた。その他の品種では最大値で70~75%程度であり、‘Pajaro’を除く品種ではピークに至る増加率に大きな違いはみられなかった。

連続出らい性は、果房内での小花の分化間隔、えき果房以降の花芽分化のしやすさとともに、担果力の品種間差異が影響していると考えられる。株当たりの担果力は、個々の果実における日ごとの果実生産量の積算により評価できる。そのためには、果実生産量の経時的な推移を調査する必要がある。さらに、1つの果房内においても分

化時期の違いから果実毎の成熟程度が異なり、成熟ステージの差による負荷量の違いをあわせて評価していく必要がある。

これまで、株の担果力を表す指標の一つとして、日別の収量の推移を調査する方法が多く用いられてきた。し

第3図 1日当たりの株当たり果実生産量と肥大果数割合の推移

かしながら、同手法は収穫後、日々の収量の変化から担果力を間接的に評価することから、連続出らい性に大きな影響を及ぼす収穫に至る果実生産量の推移を十分把握できない。

伏原・室園(1988)は、イチゴにおける担果力の評価方法として森下・本多(1983b)の考案した果実肥大曲線を応用した一日当たりの果実生産量と日別の収量の推移との関係について検討し、担果力を的確に評価するためには時期別収量より個々の果実肥大曲線に基づいた単位時間当たりの果実生産量の方が適するとしている。

今回、様々な果房形態を有する品種についても、第3表および第3図に例示した個々の果実の肥大曲線を算出することにより、果実生産量の推移が把握でき、収穫期を通じた収量の変動特性および高負荷状態における果実生産量の品種間差が評価できた。供試品種のうち連続出らい性が劣る‘Pajaro’は、他品種と比較して一日当たりの最大果実生産量が有意に高く、高負荷状態が長期にわたった。このことから、果実の生長曲線式から求めた一日当たりの果実生産量の推移を調査することにより、経時的に着果負担度が把握でき、品種毎の収量の推移、肥大果数割合及びえき果房の開花日からみた連続出らい性の程度と合わせて評価することで、より明確に連続出らい性が優れ、収量性の高い品種選抜の可能性が示された。

さらに、品種毎の果実生産量の経時的な推移を調査することにより、品種毎の着果数と過度の着果負担にともなう中休み現象が生じる限界果実生産量との関係が明らかになる。このことは、品種毎の最適着果負担量を明らかにすることで、収穫開始を待たずに摘果処理などによる着果数の調整が可能となり、連続出らい性を考慮した栽培管理への応用も期待できる。すなわち、品種毎の担果力の違いを考慮する必要はあるが、概ね肥大果数割合としては摘果などにより60%程度に抑制することにより、過度の着果負担を防ぐことが可能になると考えられた。

3. 果実の大きさおよび揃いと果房形態構成要素との関係

果重と果房形態構成要素との関係については、果重(Y)を目的変数とした重回帰分析で説明変数として着果節間長径(X_1)および果実まで節間長(X_2)が選択された。 X_1 は果重との間に正の相関が、 X_2 は負の相関がみられ、 $Y=7.89x_1-0.27x_2+13.17(R^2=0.745^{**})$ の重回帰式が得られ、着果節間が長くて太い場合に大果となると考えられた(第4図)。

さらに、果重のばらつきについては、果重の変動係数(Y)は着果節間長径の変動係数(X)との間に有意な正の相関がみられ、 $Y=0.97x+18.37(r=0.866^{*})$ の回帰式が得られた(第5図)。従って、着果節間の長さとおさが揃っているほど果実の揃いが優れると考えられた。

これまでに、果実の大きさおよび揃いと果房形態特性との関係については、Darrow(1929)が分枝位置が低いほど果実の揃いのよいことを報告している。森下・本多(1983a)は収量と果房形態間には有意な関係は認められず、1次小花数割合の高い品種ほど大果となる傾向があることを報告している。Stang・Denisen(1970)は機械収穫に適した品種を育成するため熟期の集中性と果房形態との関係を検討し、両者が無関係であることを報告している。

本研究では、果実の大きさおよび揃いには着果節間の形態が密接に関係していることを明らかにした。すなわち、果実の大きさと揃いを重視した育種では、選抜指標として着果節間に着目し、大果で果実の揃いがよい省力型果房形質は、第1図に示した‘Pajaro’型の着果節間が大きく長く、また果梗径および果梗長が揃った直枝型果房特性が有望である。

ただし、‘Pajaro’は一日当たりの最大果実生産量が他品種と比べ有意に高く、高負荷状態が長期にわたり、中休みにともなう連続出らい性が劣る傾向があり、3月までの収量も他品種より低かった。低い収量性については、‘Pajaro’の平均果重が他品種よりも有意に大果であったこ

第4図 果重実測値と果房形態形質から求めた推定値との散布図

x_1 : 着果節間長径, x_2 : 果実までの節間長

第5図 果重変動係数実測値と着果節間長径の変動係数との関係

x: 着果節間長径の変動係数

とから、連続出らい性が劣ることによる第1次えき果房の収穫遅延による影響が大きかったと考えられた。現在の中心的な作型である促成長期栽培では、収穫の平準化を図る意味から果房の連続出らい性が重視されるため、大果で揃いが優れていても連続出らい性が劣る品種は利用しにくい。今後、連続出らい性の劣る特性は直枝型果房形態の特有の性質であるかどうかについて、果房形態と収量性および連続出らい性との観点から、幅広い遺伝資源を用いて検討を進めていく必要がある。

また、峰岸ら(1982)は、‘宝交早生’を用いて促成栽培における根の生育と果実生産との関係を検討し、根群分布は果実収穫開始期に最大となり、着果負担がピークとなる収穫最盛期に著しく衰退・消滅し、根部の活性低下を引き起こすことを報告している。近年、‘章姫’および‘さがほのか’などの連続出らい性が優れる特徴を有する品種も育成されつつある。これら品種の根系、光合成能力などの生理特性を明らかにし、‘Pajaro’型の直枝型品種にそれら有用形質を取り込むことによる連続出らい性を有した揃いの優れる大果系の品種育成の可能性についても検討していく必要がある。

摘 要

イチゴ栽培において総労働時間の約50~60%を占めている収穫および調製作業の省力化が可能な果房形態特性を明らかにするため、省力化に関わる大果性および果実の大きさの揃いに着目し、選抜指標となる果房形態構成要素を明らかにするとともに、大果で果実の大きさの揃った果実生産が可能な果房形態について検討した。

1. 果重は、着果節間の長さ×直径の積(‘着果節間長径’と呼ぶ)および第1節間から果実までの節間長を説明変数とする重回帰式によって説明され、着果節間が太くて長いものが大果となる傾向にある。

2. 果重のばらつきは、着果節間長径の変動係数との間に有意な正の相関がみられ、着果節間の長さ×太さが揃っているほど果実の揃いが優れる傾向にある。

3. 大果で果実の大きさの揃いが良い省力型果房を有する品種の育成には、着果節間が太くて長い果梗を持ち、また果梗径および果梗長が揃った‘Pajaro’型の直枝型形質

をもつ果房形態が選抜指標となる。

引用文献

- Darrow, G. M. 1929. Inflorescence types of strawberry varieties. *Amer. J. Bot.* 16: 571-585.
- 土居栄城. 1987. イチゴ収穫作業における作業負担の軽減に関する研究作業面高さの影響. *高知大学術研報.* 36:1-11.
- 藤原孝之. 1991. 近赤外光分析法によるイチゴ糖度の非破壊測定. *園学雑.* 60(別2): 640-641.
- 伏原 肇・室園正敏. 1988. 促成イチゴの中休み現象に関する研究(第2報)果実肥大曲線による担果力の推定. *福岡農総試研報.* B7: 53-56.
- Janick, J. and D. A. Eggert. 1968. Factors affecting fruit size in the strawberry. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 93: 311-316.
- 峰岸正好・泰松恒男・木村雅行. 1982. イチゴ宝交早生の促成栽培における根の生育と果実生産について. *奈良農試研報.* 13: 21-30.
- 森下昌三・本多藤雄. 1983a. 花房の形状の品種間差異並びに収量要素との関係. *野試久留米年報.* 7: 44-48.
- 森下昌三・本多藤雄. 1983b. イチゴ果実の肥大曲線の推定. *九州農業研究.* 45: 208.
- 森下昌三・本多藤雄. 1988. モンテカルロ法によるイチゴの果実生産シミュレーションモデルの開発と適用. *野菜茶試研報.* D1: 29-42.
- Stang E. J. and E. L. Denisen. 1970. Inflorescence and fruit development in concentrated and nonconcentrated ripening strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95: 207-211.
- 竹永 博. 2000. 12. 収穫・調製・出荷の省力・軽作業化 1) 収穫ロボット. p. 239-243. 松田照男編著. イチゴ一歩先を行く栽培と経営. (社)全国農業改良普及協会. 東京.
- 竹内 隆. 1993. イチゴ品種の果房特性と収量関連要素との関係および果房形態の遺伝性. *静岡農試研報.* 37: 41-52.