時季および花（花蕾）の処理が単為結果性トマト品種 ‘ルネッサンス’の着果および果実特性に及ぼす影響

大川浩司*・菅原眞治・矢部和則

愛知県農業総合試験場 480-1193 愛知県愛知郡長久手町

Effects of Season and Flower (Bud) Treatment on the Fruit Setting, Fruit Thickening Characteristics of the Parthenocarpic Tomato Variety ‘Renaissance’

Hiroshi Ohkawa*, Shinji Sugahara and Kazunori Yabe

Aichi-ken Agricultural Research Center, Nagakute-cho, Aichi 480-1193

Summary

Fruit setting, fruit thickening characteristics of the parthenocarpic tomato variety ‘Renaissance’ in spring, early summer, autumn and winter which are the blooming seasons of the main cropping system in Aichi prefecture were examined. Fruit setting percentage of ‘Renaissance’ in spring, early summer, autumn, winter was very high. There were no undergrown fruit and the parthenocarpic characteristics of ‘Renaissance’ were very strong in these seasons. In ‘Renaissance’, fruit weight and days required till harvest were not influenced by production of seeds or treatment with 4-chlorophenoxy acetic acid (15 mg/L). These results suggested that productivity of ‘Renaissance’ was higher than that of the non-parthenocarpic tomato variety.

Key Words : fruit setting percentage, productivity, undergrown fruit

キーワード : 発育不良果, 生産性, 着果率

緒 言

トマトの施設栽培では、着果を安定させるためにセイヨウオオマルハナバチ (*Bombus terrestris*) (以下マルハナバチ) による受粉 (池田・忠内, 1992; 小出・林, 1993) や合成ホルモン剤の処理 (Ho・Hewitt, 1986) が行われている。しかし、これらの処理はいずれもコストや労力を増大させる。現在、実用品種の大部分が強い単為結果性を持っているキュウリ (斎藤, 1995) のように施設栽培トマトも単為結果性を有すれば、振動受粉や合成ホルモン剤処理が不要となり、生産性の高い栽培が可能になる。菅原らは、ロシアの品種 ‘Severianin’ が持つ単為結果性遺伝子 *pat-2* (Philouze・Maisonueuve, 1978a, 1978b) を我が国のトマトの実用品種に導入することを試み、1994年に初めての実用的な単為結果性品種でファースト型の ‘ラクナファースト’ (菅原ら, 1995) を、2000年に完熟収穫型の ‘ルネッサンス’ (菅原ら, 2002) を育成した。これらの単為結果性品種を安定して生産するには、施設栽培における着果および果実特

性を詳細に明らかにしておく必要があるが、池田ら (2003) 以外にその報告はない。一方、愛知県における施設栽培トマトの主要作型は、促成短期、促成長期、抑制、半促成および夏秋栽培であり、一年を通じ平坦地域から中山間地域においてトマトの栽培が行われている。

そこで、本研究では愛知県の主要作型の開花時期に当たる春季、初夏、秋季および冬季での単為結果性品種 ‘ルネッサンス’ の着果および果実特性を、非単為結果性品種 ‘桃太郎ヨーク’ を対照に比較検討した。

材料および方法

供試材料は、単為結果性を示す品種として ‘ルネッサンス’ を、単為結果性を示さない一般的な品種として ‘桃太郎ヨーク’ (対照品種) を用いた。試験は、愛知県の主要作型における開花時期を想定し、春、初夏、秋および冬という環境の大きく異なる時季に、いずれもガラス温室内で行った。単為結果性の発現、合成ホルモン剤、受粉・受精による着果を比較するため、花 (花蕾) の処理として除雄、除雄 + 4-chlorophenoxy acetic acid (以下 4CPA)、振動受粉に、単為結果性品種の実際の栽培を想定して花 (花蕾) の処理を全く行わない放任を加え、計 4 種類の処理を行った。除雄は開花 1~3 日前に雄ずいを除去し、除雄 + 4CPA は除雄した花を開花当日に 4CPA 液 (濃度 15 mg/L) に浸漬し

2005年6月13日 受付. 2005年10月28日 受理.

本報告の一部は、園芸学会平成15年度秋季大会で発表した。

* Corresponding author. E-mail: hiroshi_ookawa@pref.aichi.lg.jp

現在: 愛知県庁農業経営課 460-8501 名古屋市中区三の丸

た。また、振動受粉は開花当日に花を振動させた。両品種とも、時季(4)×花(花蕾)の処理(4)の計16処理区を設けた。春季、秋季および冬季では4段階心栽培、初夏季では3段階心栽培とし、春季は1月20日播種、3月12日定植株の第2～3花房を、初夏季は5月1日播種、5月28日定植株の第1～2花房を、秋季は8月7日播種、9月12日定植株の第3花房を、冬季は11月1日播種、12月10日定植株の第2～3花房を調査に供した。花房当たりの処理花数は3花で、その他の花はすべて除去し、調査対象果数は1処理区当たり春季および冬季は24果、初夏季は18果、秋季は12果とした。換気温度はいずれの時季も28℃とし、最低は10℃を維持するように加温した。また、両品種とも複合液肥(14-8-16)を用いた養液土耕栽培を行った。調査項目は、正常果数、発育不良果(着色が通常の果に比べ遅れ、つやがなく、肥大が明らかに悪い果実)数、有種子果数、開花から収穫までの日数、一果重、種子数および空洞程度とした。空洞程度は果実を赤道面で横断して、0(無)～4(甚)の5段階評価を行い、 Σ (空洞指数×果実数)/調査果実数を算出した。なお、発育不良果および尻腐れ果は果実特性の調査対象から除外した。

結 果

各時季における両品種の開花時期は、春季が4月上旬～中旬、初夏季が6月中旬～下旬、秋季が10月上旬～中旬、冬季が1月中旬～2月上旬であった。

着果数(正常果数, 発育不良果数)

‘ルネッサンス’の着果率は、初夏季の除雄+4CPA区が94%であった以外、時季および花(花蕾)の処理に関係なくいずれも100%で、かつ、そのすべてが正常果であり、発育不良果は全く発生しなかった。

‘桃太郎ヨーク’の着果状況は以下のとおりであった。春

季の場合、着果率は除雄+4CPA区が100%、振動受粉区が96%で、そのほぼ全てが正常果であったが、放任区は83%で、その約半数が発育不良果であり、除雄区は58%で、その全てが発育不良果であった。初夏季の場合、着果率は除雄+4CPA区が89%、振動受粉区が100%、放任区が56%で、その全てが正常果であったが、除雄区では全く着果しなかった。秋季の場合、着果率は除雄+4CPA区および放任区が92%、振動受粉区が100%で、その全てが正常果であったが、除雄区は77%で、その全てが発育不良果であった。冬季の場合、着果率はいずれの処理でも96%以上であったが、除雄+4CPA区でその全てが、振動受粉区で約3割が正常果であった以外は、いずれも発育不良果であった(第1図)。

有種子果

両品種とも、いずれの時季でも除雄区および除雄+4CPA区では有種子果は全く発生しなかった。‘ルネッサンス’の有種子果率は、春季、初夏季および秋季では振動受粉区がいずれも92%であったが、放任区は振動受粉区に比べて大幅に低く、冬季では振動受粉区が9%、放任区が0%と両区とも極めて低率であった。‘桃太郎ヨーク’の有種子果率は、初夏季および秋季では振動受粉区および放任区とも100%であったが、春季では振動受粉区が96%、放任区が48%、冬季では振動受粉区が46%、放任区が0%であった(第2図)。

果実特性

開花から収穫までの日数は、いずれの時季とも‘ルネッサンス’では処理区間に差はなかったが、‘桃太郎ヨーク’では除雄+4CPA区が他の処理に比べて短い傾向で、特にそれは初夏季および秋季で顕著であった。

一果重は、‘ルネッサンス’ではいずれの時季でも処理区間に差はなかったが、‘桃太郎ヨーク’では春季、初夏季お

第1図 時季および花(花蕾)の処理が着果率に及ぼす影響

^z 着果数/開花数×100

^y 着色が通常の果に比べ遅れ、つやがなく、肥大が明らかに悪い果実

第2図 時季および花（花蕾）の処理が有種子果率に及ぼす影響
^z 有種子果数 / 着果数 × 100

第1表 時季および花（花蕾）の処理が‘ルネッサンス’の果実特性に及ぼす影響

時季	花（花蕾）処理	調査果数	開花から収穫 までの日数（日）	一果重（g）	種子数（粒／果）	空洞程度 ^z
春	除雄	24	61.5±0.5 a ^y	192.8± 9.6 a	0.0± 0.0 a	0.1 a
	除雄 +4CPA	24	60.9±0.6 a	211.4±10.0 a	0.0± 0.0 a	0.5 b
	振動受粉	24	59.7±0.6 a	187.5± 7.6 a	23.9± 5.0 b	0.3 ab
	放任	24	60.6±0.5 a	209.3± 8.4 a	5.9± 3.1 a	0.5 ab
初夏	除雄	14	42.4±0.4 a	155.5± 8.8 a	0.0± 0.0 a	0.1 a
	除雄 +4CPA	11	41.7±0.4 a	162.1± 9.6 a	0.0± 0.0 a	0.0 a
	振動受粉	14	42.8±0.5 a	162.6± 8.2 a	49.9±13.5 b	0.0 a
	放任	16	42.7±0.3 a	165.0± 9.5 a	2.1± 1.7 a	0.0 a
秋	除雄	12	73.7±0.8 a	172.5± 7.9 a	0.0± 0.0 a	0.0 a
	除雄 +4CPA	12	71.2±0.8 a	167.2± 9.2 a	0.0± 0.0 a	0.0 a
	振動受粉	12	73.2±0.4 a	179.8±13.4 a	19.0± 8.1 b	0.0 a
	放任	12	71.7±1.2 a	154.8± 6.4 a	11.4± 5.1 ab	0.0 a
冬	除雄	24	83.9±1.1 a	208.6± 6.1 a	0.0± 0.0 a	0.1 a
	除雄 +4CPA	23	83.3±1.3 a	190.2± 9.6 a	0.0± 0.0 a	0.0 a
	振動受粉	24	83.5±0.7 a	197.5±10.9 a	0.2± 0.1 a	0.0 a
	放任	24	82.1±1.0 a	194.9± 8.7 a	0.0± 0.0 a	0.0 a

^z 5段階評価（0：無，1：軽，2：中，3：重，4：甚）

同一時季内の異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり（Steel-Dwass test）

^y 平均値 ± 標準誤差（n= 調査果数）

同一時季内の異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり（Tukey-Kramer test）

よび秋季において、放任区が除雄 +4CPA 区および振動受粉区に比べて軽かった。

一果当たりの種子数は、両品種ともいずれの時季でも振動受粉区が放任区に比べて多かった。品種別では、‘桃太郎ヨーク’が‘ルネッサンス’に比べて多かった。

空洞果は、‘ルネッサンス’では時季および花（花蕾）の処理に関係なく発生は少なかったが、‘桃太郎ヨーク’では春季の除雄 +4CPA 区が空洞程度 1.4、秋季の除雄 +4CPA 区が空洞程度 1.3 と 4CPA の処理区でやや発生した（第1表、第2表）。

考 察

本研究における非単為結果性品種の‘桃太郎ヨーク’は、振動受粉の場合に春季、初夏季および秋季では着果率は高く、大部分は正常果であったが、冬季では着果率は96%であったものの、その約7割が発育不良果であった。これは、冬季では施設内の最低温度を 10°C で管理したため、雄ずい花粉稔性が低下し（藤下, 1970）、振動受粉を行っても受精が不十分となって発育不良果が多発したためと推察される。放任の場合は、着果した果実のうち春季で約半数が、冬季で 100%が発育不良果であり、初夏季ではすべてが正

第2表 時季および花（花蕾）の処理が‘桃太郎ヨーク’の果実特性に及ぼす影響

時季	花（花蕾）処理	調査果数	開花から収穫 までの日数（日）	一果重（g）	種子数（粒／果）	空洞程度 ²
春	除雄 ^x	—	—	—	—	—
	除雄+4CPA	23	54.0±0.7 a ^y	237.8±20.4 b	0.0± 0.0 a	1.4 b
	振動受粉	22	56.0±0.5 ab	217.1±13.9 b	179.4±17.0 b	0.1 a
	放任	9	58.0±1.5 b	135.9±12.6 a	24.4± 4.1 a	0.3 a
初夏	除雄 ^w	—	—	—	—	—
	除雄+4CPA	13	38.5±0.6 a	203.6±16.4 b	0.0± 0.0 a	0.0 a
	振動受粉	15	41.1±0.5 b	201.3±10.4 b	159.5±15.6 b	0.0 a
	放任	10	42.9±1.2 b	120.9± 9.9 a	31.6±11.4 a	0.6 a
秋	除雄 ^x	—	—	—	—	—
	除雄+4CPA	10	61.5±1.3 a	262.1±19.9 b	0.0± 0.0 a	1.3 b
	振動受粉	12	69.4±1.8 b	254.9±10.4 b	245.0±13.9 c	0.1 a
	放任	11	73.9±2.8 b	181.9±25.2 a	73.7±20.9 b	0.5 ab
冬	除雄 ^x	—	—	—	—	—
	除雄+4CPA	17	81.9±1.5 a	164.2±15.1 a	0.0± 0.0 a	0.0 a
	振動受粉	8	84.2±2.3 a	138.1±16.2 a	25.4±11.5 b	0.1 a
	放任 ^x	—	—	—	—	—

² 5段階評価（0：無，1：軽，2：中，3：重，4：甚）

同一時季内の異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり（Steel-Dwass test）

^y 平均値±標準誤差（n=調査果数）

同一時季内の異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり（Tukey-Kramer test）

^x 着果した果実のすべてが発育不良果のため数値非表示^w すべてが非着果のため数値非表示

常果であったものの着果率は56%にとどまった。このように強制的に振動受粉を行っていない条件においては、春季、初夏および冬季では受粉の機会が大幅に減少して受精に至らないものが多くなったと考えられる。本来、自家受精植物であるトマトは、風による花器の振動が起きやすい条件では比較的容易に受粉・受精が行われるが、施設内のような閉鎖的な空間では、花を人工的に振動して受粉（振動受粉）させる必要性は高い。省力的に受粉を行う手段として1991年12月にヨーロッパから初めて導入されたマルハナバチは（小出・林，1993），現在，我が国では年間約7万群が利用されているが（光畑・和田，2005），施設内をトマトの受粉・受精に適した温度に維持することは勿論，マルハナバチの活動に適した温度にも注意しなければならない。

一方，単為結果性品種の‘ルネッサンス’は，春，初夏，秋および冬のいずれの時季でも，花（花蕾）の処理に関係なく着果率は94～100%と高く，全てが正常果で発育不良果の発生はなかった。ロシアの品種‘Severianin’は，高温（Linら，1982）や低温（Vardyら，1989）の条件下において，その単為結果性の発現は安定していると報告されているが，‘Severianin’の持つ単為結果性遺伝子pat-2を導入して育成された‘ルネッサンス’も，本研究で行ったいずれの時季でも単為結果性の発現は非常に強く，かつ，安定していると考えられる。池田ら（2003）も‘ルネッサンス’は高温や低温の条件下において安定した結実特性を示したことを報告している。これらのことから，‘ルネッサンス’は‘桃太郎ヨーク’に比べ受精に不良な環境条件下において，

優れた着果性と発育不良果の発生の少なさにより生産性の大幅な向上が期待される。また，マルハナバチの導入時には，その訪花活動を維持し，かつ，花粉稔性の低下を防ぐために最低12℃以上での温度管理が必須条件になっているが，‘ルネッサンス’の利用によって最低10℃の温度管理が可能になり，冬季の暖房経費の節減も期待できる。

種子の有無と果実肥大性については，Dempsey・Boynton（1965）がトマトの果重と果実内の種子数について正の相関関係があると報告している。また，果実の成長は種子の生産するオーキシンによる細胞伸長ではなく，発達中の種子によって形成されるシンク能によるとされている（Varga・Bruinsma，1976）。本研究でも，‘桃太郎ヨーク’では種子数の少ない放任区より種子数の多い振動受粉区で一果重が重かった。一方，‘ルネッサンス’では種子の有無と発育不良果の発生および果実肥大性に関連が全くなかった。Kataokaら（2003）は，単為結果性トマトでは偽胚の発育と果実の肥大に同調性がみられることを報告していることから，‘ルネッサンス’を使用する場合には非単為結果性トマトとは異なり，積極的に振動受粉を行う意味はなく，偽胚の発育を一層促進させる条件を明らかにすることが今後重要と考えられる。

また，非単為結果性トマトでは着果の確保のために振動受粉の他に合成ホルモン剤の処理が行われているが，開花から収穫までの日数が短くなる熟期促進効果がある反面，処理濃度によっては空洞果が発生しやすくなることが知られている。本研究でも，‘桃太郎ヨーク’では4CPA液の処理により，いずれの時季でも正常果率は非常に高くなり，

初夏季および秋季では収穫所要日数が短く、また春季および秋季では空洞程度が高くなった。一方、‘ルネッサンス’は4CPA液処理の有無が開花から収穫までの日数や一果重に及ぼす影響はみられず、空洞程度に及ぼす影響も少なかった。片岡 (2004) は‘Severianin’を供試し、開花時に((4-chloro-2-hydroxymethylphenoxy) acetate, HCPA) 300 mg/Lで花房を浸漬処理した場合、‘Severianin’でも空洞果が発生したと報告している。ただし、本研究とは合成オーキシンの種類が異なり、処理濃度や品種間の比較は行っていない。本研究で検討した4CPAの濃度は15 mg/Lのみであったため、他の濃度での影響は不明であるが、この濃度に関する限り、‘ルネッサンス’は‘桃太郎ヨーク’に比べて人為的に与えた4CPA液の影響を受けにくいと考えられる。また、‘ルネッサンス’は、いずれの時季でも合成ホルモン剤処理を全く不要にできることから、処理労力の低減にも大きく寄与できると考えられる。

以上のように、愛知県の主要作型の開花時期に当たる春季、初夏季、秋季および冬季において、‘ルネッサンス’は振動受粉や合成ホルモン剤処理を行わなくても、着果率が高く、かつ果実が十分に肥大した。なお、本研究は3～4段摘心の短期作で、1花房当たり3花に制限したために、比較的栄養条件が良好であったと推測される。従って、今後、長段栽培のような同化養分の競合が厳しい条件や環境ストレス条件における単為結果性トマトの着果、果実特性についての検討が必要と考えられる。

摘 要

愛知県の主要作型の開花時期に当たる春季、初夏季、秋季および冬季において、花(花蕾)の処理が単為結果性トマト品種‘ルネッサンス’の着果および果実特性に及ぼす影響について検討した。‘ルネッサンス’は、春、初夏、秋および冬のいずれの時季においても、着果率は非常に高く、また発育不良果の発生もみられず、単為結果性の発現は強く安定していた。また、‘ルネッサンス’では、種子の形成や4CPA液(濃度15 mg/L)の処理が果実肥大性および開花から収穫までの日数に及ぼす影響はみられなかった。各時季における優れた着果性と安定した果実肥大性から、‘ルネッサンス’は非単為結果性トマトと比較して生産性の高い栽培が可能であると考えられた。

引用文献

Dempsey, W. H. and J. E. Boynton. 1965. Effect of seed number on tomato fruit size and maturity. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 86: 575–581.

藤下典之. 1970. 各種蔬菜における低温、高温、暗黒、除雄剤などの処理にもとづく花粉退化とその機構に関する研究. 大阪府大紀要(農・生). 22: 111–208.

池田二三高・忠内雄次. 1992. わが国へのツチマルハナバチの導入経過と果菜類のポリネーターとしての実用

性. 農及園. 67(11): 1213–1216.

池田英男・濱田未央・菅原眞治・古川 一・佐藤 卓. 2003. 高温あるいは低温環境下における単為結果性トマト品種‘ルネッサンス’の結実ならびに果実特性. 園学雑. 72(別1): 230.

Kataoka, K., A. Uemachi and S. Yazawa. 2003. Fruit growth and pseudoembryo development affected by uniconazole, an inhibitor of gibberellin biosynthesis, in pat-2 and auxin-induced parthenocarpic tomato fruits. Scientia Horticulturae. 98: 9–16.

片岡圭子. 2004. トマトにおける単為結果果実の誘導および発達に関する研究. 生長調節物質の関与と偽胚形成. 京都大学学位論文.

Ho, L. C. and D. Hewitt. 1986. Fruit development. p. 201–239. In: J. G. Atherton and J. Rudich (eds.). The tomato crop. Chapman and Hall, London.

小出哲哉・林 悟朗. 1993. 果菜類におけるマルハナバチ(*Bombus terrestris*)の利用に関する研究(第1報) マルハナバチの温室内における活動生態とミニトマトの着果及び果実品質に対する効果. 愛知農総試研報. 25: 165–170.

Lin, S., W. L. George and W. E. Splittstoesser. 1982. Parthenocarp and the ability to set fruit under high temperature conditions. Tomato Genet. Coop. Rep. 32: 35–36.

光畑雅宏・和田哲夫. 2005. 作物受粉における在来種マルハナバチの利用の可能性と課題. 植物防疫. 59(7): 305–309.

Philouze, J. and B. Maisonneuve. 1978a. Heredity of the natural ability to set parthenocarpic fruits in the soviet variety Severianin. Tomato Genet. Coop. Rep. 28: 12–13.

Philouze, J. and B. Maisonneuve. 1978b. Breeding tomatoes for their ability to set fruit at low temperatures p. 54–64. In: Breeding Proc. Eucarpia Tomato Working Group (ed.). Genotype and Environment in Glasshouse Tomato. Lenin-grad, USSR.

斎藤 隆. 1995. キュウリの単為結果に関与する生理生態的要因. 園学雑. 64(別2): 304.

菅原眞治・坂森正博・青柳光昭. 1995. 温室トマトへの単為結果性因子の導入(第3報) 単為結果性トマト新品種「ラークナファースト」の育成. 愛知農総試研報. 27: 167–173.

菅原眞治・榎本真也・大藪哲也・矢部和則・野口博正. 2002. 完熟収穫型単為結果性トマト品種‘ルネッサンス’の育成経過と特性. 愛知農総試研報. 34: 37–42.

Vardy, E., D. Lapushner, A. Genizi and J. Hewitt. 1989. Genetics of parthenocarp in tomato under low temperature regime: II Cultivar ‘Severianin’. Euphytica 41: 9–15.

Varga, A. and J. Bruinsma. 1976. Roles of seeds and auxins in tomato fruit growth. Z. Pflanzenphysiol. 80: 95–104.