

スターフルーツ (*Averrhoa carambola* L.) の 着花に及ぼす環状剥皮, 結縛, 摘心処理の影響

上田倫裕*・河合義隆**†・藤澤弘幸***

(令和4年1月11日受付/令和4年6月3日受理)

要約: スターフルーツ (*Averrhoa carambola* L.) は沖縄や鹿児島などで栽培されている熱帯果樹である。本研究では、スターフルーツの着花数の増加と開花期の調節を目的として、環状剥皮, 結縛, 摘心および環状剥皮の幅の違いが着花に及ぼす影響について調査した。1年生の直立枝と下垂枝に分け、環状剥皮, 結縛, 摘心処理をそれぞれ行った結果、環状剥皮による着花促進がみられた。直立枝では花房数の有意な差はみられなかったが、下垂枝では花房数および小花数が最大であったことから、環状剥皮はスターフルーツにおいて着花促進効果が最も高い方法であると考えられた。さらに環状剥皮の幅の違いについて、1年生の枝に2.5 mm, 5 mm, 10 mm 幅でそれぞれ処理を行った。その結果、環状剥皮で着花促進効果がみられ、処理5週後の枝あたりの花房数が2.5 mm 幅区で最も多くなった。花房が着生している枝の割合は2.5 mm, 5 mm, 10 mm 幅区で90%以上に達した。これらの結果から、着花数増加のためにスターフルーツの枝に環状剥皮を行う場合、処理幅は2.5 mm で十分であることが示された。

キーワード: スターフルーツ, 着花, 環状剥皮, 結縛, 摘心

1. 緒 言

スターフルーツ (*Averrhoa carambola* L.) はゴレンシとも呼ばれ、マレー地方やモルッカ諸島、ジャワ島などの熱帯アジアを原産とするカタバミ科 (Oxalidaceae) ゴレンシ属 (*Averrhoa*) の熱帯果樹である。生育適温は20~30℃で、温暖でやや湿度の高い環境が生育に適する。経済栽培には14℃以上が必要であるとされるが、樹は最低気温が5℃以上あれば越冬し、毎年開花結実することができるほか、成木は弱い霜にも耐える¹⁾。品種は甘味系と酸味系に大別され、甘味系の品種として、'Kary', 'B-10', 'B-17' 等が、酸味系の品種として、'Golden Star' 等がある。

スターフルーツは熱帯、亜熱帯地域で広く栽培されている果樹であり、カリフォルニアやフロリダ、ハワイで栽培が行われるほか、アジアでは原産地以外にもタイ、ベトナム、中国南部、台湾、フィリピン、インド南部で栽培が行われている。国内へは1793年に沖縄に導入されたほか、鹿児島県には1914年に台湾から導入され、温室栽培された²⁾。

農林水産省が実施した平成29年度特産果樹生産動態等調査³⁾によると、スターフルーツは沖縄県の南風原町、石垣市、八重瀬町で2.8 haの栽培が行われ、収穫量は26.3 tとされている。このほか、宮崎県や鹿児島県、東京都の小笠原村などで栽培されている。

スターフルーツの花は両性花であり、樹によって花の形

態が異なる。スターフルーツは本来、26~32℃の温度条件下では連続して発蕾がみられ、周年結果性の果樹であるが、亜熱帯地域で栽培すると開花期が年2回となる。日本国内、沖縄では、開花期は5月~6月と9月~10月の年2回であり、冬季は着花が少なくなる²⁾。また、栽培方法が確立されていないため、強い樹勢のために着花がみられないこともある。スターフルーツにおいて、着花数の増加や開花期をコントロールする技術の開発は、生産量の増加と出荷時期の拡大において重要であるとともに、作業の効率化、省力化が図れる。

果樹の着花を促進する方法として、環状剥皮や結縛, 摘心などの処理があり、これらの中で環状剥皮は効果的かつ実用的な処理である。マンゴーでは環状剥皮により花芽分化の促進と花芽数の増加⁴⁾ および着花枝数の増加⁵⁾ が、また、カキでは結縛による結実率および花芽数の増加⁶⁾ や摘心による雌花の着生数の増加⁷⁾ が報告されている。

本研究では、スターフルーツの着花数の増加と開花期の調節を目的として、環状剥皮, 結縛, 摘心処理および環状剥皮の幅の違いが着花に与える影響について調査した。

2. 材料および方法

(1) スターフルーツの着花に及ぼす環状剥皮, 結縛, 摘心処理の影響

東京農業大学厚木キャンパス内, 果樹園芸学研究室実験

* 東京農業大学大学院農学研究科農学専攻 (千葉県農林水産部安房農業事務所)

** 東京農業大学名誉教授

*** 東京農業大学農学部農学科

† Corresponding author (E-mail: y3kawai@nodai.ac.jp)

圃場のビニールハウス内に棚仕立てで栽培されているスターフルーツ（甘味系品種、20年生接木樹）7樹を供試した。一年生枝の直立枝と下垂枝を無作為に80本ずつ選択し、実験に使用した。直立枝、下垂枝ともに、環状剥皮処理をした環状剥皮区、結縛処理をした結縛区、摘心処理をした摘心区、無処理区の4区とした。直立枝と下垂枝を各区20本供試し、1本の樹には各処理区の枝が同数となるように配置した。環状剥皮は枝の基部から5cmの所を端とし、環状剥皮用のハサミ（No. B-9, (株)サボテン）を用いて5mmの幅で処理を行った。そして処理を行った箇所には、接ぎ木用のビニールフィルム（New Medel, (株)アグリリス）を巻き乾燥から保護した。結縛は枝の基部から5cmの位置に1.2mmの太さの針金を使用し、2回巻きして処理を行った。針金の締め付けにはペンチを使用し、締め付けは2回転とした。摘心は枝の先端から5cmの部分を剪定バサミで切り取った。2015年9月30日に各処理を行った。

着花調査を10月30日（処理後30日）と11月10日～11日（処理後40日）の2回行った。調査項目は枝ごとの花房数と花房を着けた枝数とした。花房を着けた枝数から各処理区の花房発生枝率をもとめた。また、11月25日～11月28日（処理後55～58日）にかけて、枝ごとの小花数を調査した。

(2) 環状剥皮の幅の違いがスターフルーツの着花に及ぼす影響

前の環状剥皮、結縛、摘心処理の実験で環状剥皮処理が最も着花促進を示したので、さらに環状剥皮の幅が着花に与える影響を調べる実験を行った。

東京農業大学厚木キャンパス内、果樹園芸学研究室実験圃場内のビニールハウスで栽培されている棚仕立てのスターフルーツ（甘味系品種、22年生接木樹）6樹を供試し

た。長さが52cm～94cm、水平の1年生枝を40本選択し、実験に使用した。供試枝について、発生していた副梢および花房は処理時に全て取り除いた。環状剥皮の処理幅は2.5mm、5mm、10mmの3区とし、環状剥皮を行わない無処理区を設けた。環状剥皮は枝の基部から5cmの所を端とし、環状剥皮用のハサミ（No. B-9, (株)サボテン）とカッターナイフを用いて処理を行った。処理部位には乾燥防止のため、接ぎ木用のビニールフィルム（New Medel, (株)アグリリス）を巻いた。各処理区に10本の枝を供試し、1本の樹には各処理区の枝が同数となるように配置した。2017年6月7日に環状剥皮処理を行い、その後7月12日まで、1週間ごとに調査を行った。調査項目はカルの発生、処理部の癒合、副梢数、花房数および小花数とした。環状剥皮に視認できる大きさのカルスができたものをカルの発生とし、癒合は環状剥皮の両端が細胞によって結合した場合とした。副梢は展葉が見られたものを数えた。

3. 結 果

(1) スターフルーツの着花に及ぼす環状剥皮、結縛、摘心処理の影響

環状剥皮、結縛、摘心処理後30日の着花調査では、直立枝で花房が確認された枝は環状剥皮区で20本中4本、結縛区で8本、摘心区で7本、無処理区で4本であった。各処理区の1本あたりの花房数は摘心区が最も多く、続いて結縛区、環状剥皮区、無処理区の順であった。下垂枝では花房が確認された枝は環状剥皮区と摘心区で20本、結縛区で19本、無処理区で15本であった。花房数は環状剥皮区で最も多く、続いて結縛区、摘心区、無処理区の順であった。直立枝と下垂枝の1本あたりの花房数には有意差がみられたが、処理区間に有意差はなかった（表1）。

処理後40日の着花調査では、直立枝で環状剥皮区のうち

表1 スターフルーツの直立枝と下垂枝の着花に及ぼす環状剥皮、結縛、摘心処理の影響

| 処 理 | 枝の向き | 枝当たりの花房数 | | | | | 枝当たりの小花数 ^z | 花房発生枝率 (%) | | | | |
|------------------|---------|----------|---|------------------|------|---|-----------------------|----------------|-----|---|------|-----|
| | | 処理後30日 | | 処理後40日 | | | | | | | | |
| 無処理区 | 直立枝 | 0.9 | ± | 0.5 ^x | 1.4 | ± | 0.7 | c ^w | 38 | ± | 23.5 | 20 |
| 環状剥皮区 | | 1.2 | ± | 0.6 | 3.8 | ± | 1.7 | c | 63 | ± | 34.8 | 40 |
| 結縛区 | | 2.4 | ± | 0.9 | 3.8 | ± | 1.4 | c | 112 | ± | 43.8 | 40 |
| 摘心区 | | 2.8 | ± | 1.0 | 4.3 | ± | 1.6 | c | 71 | ± | 24.2 | 35 |
| 無処理区 | 下垂枝 | 6.6 | ± | 1.6 | 8.9 | ± | 2.0 | bc | 183 | ± | 47.4 | 85 |
| 環状剥皮区 | | 13.0 | ± | 2.9 | 23.0 | ± | 4.4 | a | 301 | ± | 54.4 | 100 |
| 結縛区 | | 11.0 | ± | 1.7 | 17.0 | ± | 2.4 | ab | 271 | ± | 32.7 | 95 |
| 摘心区 | | 7.2 | ± | 1.0 | 9.9 | ± | 1.3 | bc | 188 | ± | 21.7 | 100 |
| 有意性 ^y | 処理 | n.s. | | * | | | n.s. | | | | | |
| | 枝の向き | ** | | ** | | | ** | | | | | |
| | 処理x枝の向き | n.s. | | * | | | n.s. | | | | | |

z: 小花数の調査は処理後55～58日に行った。

y: 二元分散分析において、n.s.は有意差なし、*は5%水準で有意差あり、**は1%水準で有意差ありを示す。

x: 平均値±標準誤差

w: 同一列内の異なる文字間でTukeyの多重検定により有意差があることを示す (P=0.05)。

処理後30日の着花調査で花房がみられたすべての枝で花房数が増加しており、新しく花房が着生した枝が4本みられた。結縛区、摘心区、無処理区でも同様に花房数の増加がみられ、摘心区では2本の枝で新しく花房が着生した。花房数は摘心区で最多となり、続いて環状剥皮区および結縛区、無処理区の順に多くみられた。下垂枝では各処理区とも多くの枝で花房数が増加した。花房数は環状剥皮区、結縛区、摘心区、無処理区の順に多くみられた。処理後40日の花房数は無処理区と比べ、環状剥皮区で2.6倍、結縛区で1.9倍、摘心区で1.1倍となったが対照区に比べ有意に多かったのは環状剥皮区のみであった(表1)。下垂枝の環状剥皮区では一部の枝で、葉の黄化および落葉がみられた。

枝当たりの小花数についても、直立枝に比べ下垂枝は有意に多くなった。処理間では小花数に有意差はみられなかったものの、直立枝では結縛区の小花数が多く、下垂枝では環状剥皮区と結縛区が多かった(表1)。花房発生枝率は下垂枝に比べ直立枝で低い値を示したが、それぞれの枝での各処理区の花房発生枝率は近い値であった。

(2) 環状剥皮の幅の違いがスターフルーツの着花に及ぼす影響

環状剥皮部にカサの発生した枝の割合は、処理後第1週の時点において、すべての幅区で剥皮部においてカサの発生した枝が確認された(図1)。10mm幅区では、カサの発生した枝の割合が100%であり、2.5mm幅区、5mm幅区においても、第2週の時点ですべての枝にカサの発生がみられた。環状剥皮処理部が癒合した枝の割合について、第1週には、すべての幅区で癒合した枝が確認され、2.5mm幅区と10mm幅区で30%、5mm幅区60%の枝が癒合していた(図2)。第2週には、5mm幅区のすべての枝で癒合がみられ、2.5mm幅区、10mm幅区においても、第4週にはすべての枝で癒合がみられたが、処理間の癒合率には有意な差はなかった。

処理幅区別の副梢数について、無処理区および2.5mm幅区では第1週で副梢の発生がみられ、10mm幅区では第2週、5mm幅区では第3週で発生がみられた(図3)。第5週の時点での枝当たり副梢数が無処理区と10mm幅区は0.4本、2.5mm幅区と5mm幅区で0.3本と少なかった。

花房が着生している枝の割合は無処理区では緩やかに第4週まで増加し、第5週では減少した(図4)。一方、環状剥皮の5mm幅区と10mm幅区は第1週から第5週にかけて急激に増加し、第5週にはそれぞれ90%、100%となった。2.5mm幅区も第2週から急激に増加し、第5週には100%となった。環状剥皮により第5週には処理90%以上の枝に花房が着き、剥皮区では第1週から第5週にかけて増加したが、無処理区は第4週まで増加し、第5週には減少した(図5)。第5週の無処理区に着生している花房数は2.5mm幅区の10%程度であった。第4週と第5週での花房数は処理幅で比較すると2.5mm幅区が最も多く、次いで10mm幅区、5mm幅区の順となった。

枝当たりの小花数はすべての処理区で第1週から第5週

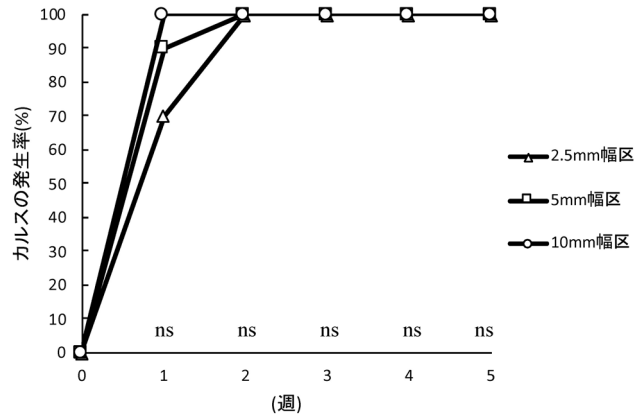


図1 環状剥皮部にカサが発生した枝の割合の推移
図中の ns は RxC test により処理間に有意差がないことを示す (P=0.05)。

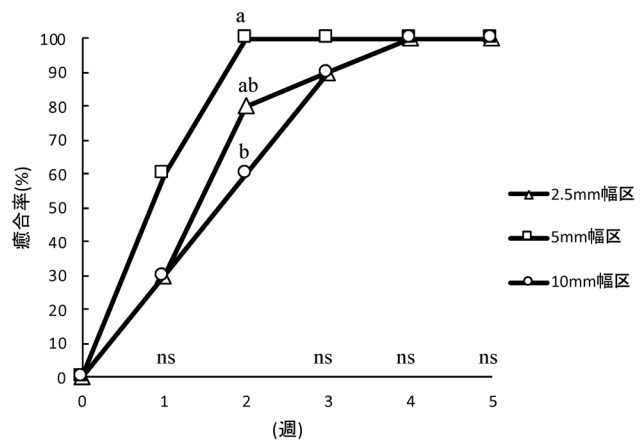


図2 環状剥皮部が癒合した枝の割合の推移
図中の ns は RxC test により処理間に有意差がないことを示し、処理区異なる文字は有意差があることを示す (P=0.05)。

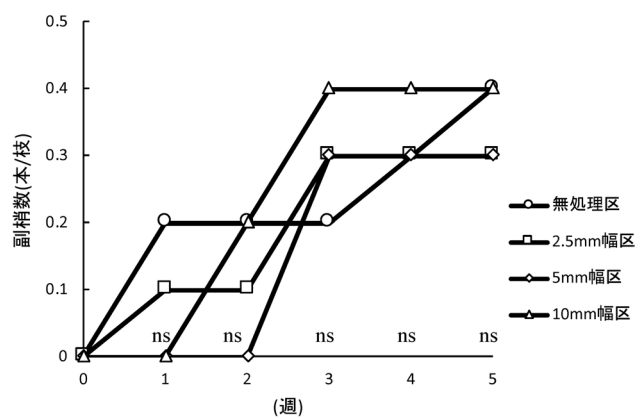


図3 環状剥皮および剥皮幅が副梢の発生に及ぼす影響
図中の ns は処理間の分散分析で有意差がないことを示す (P=0.05)。

にかけて小花数は増加した(図6)。第5週での枝当たりの小花数は2.5mm幅区が一番多く、次いで5mm幅区、10mm幅区、無処理区の順であり、無処理区の花房数は

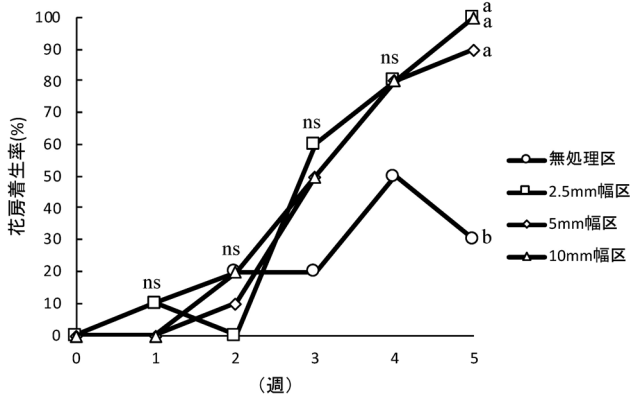


図4 環状剥皮部および剥皮幅が花房着生率に及ぼす影響
図中の ns は RxC test により処理間に有意差がないことを示し、処理区の異なる文字は有意差があることを示す ($P=0.05$)。

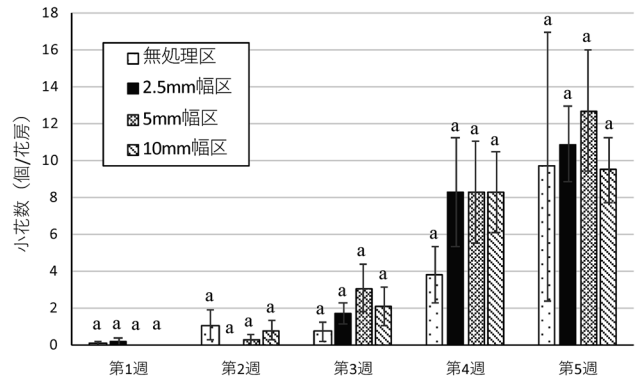


図7 環状剥皮および剥皮幅が枝当たりの小花数に及ぼす影響
図中の縦棒は S.E. を表す。
同一区内の異なる文字間で Tukey の多重検定により有意差があることを示す ($P=0.05$)。

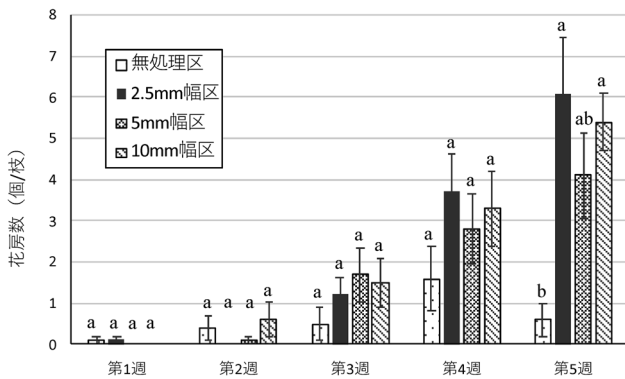


図5 環状剥皮および剥皮幅が枝当たりの花房数に及ぼす影響
図中の縦棒は S.E. を表す。
同一区内の異なる文字間で Tukey の多重検定により有意差があることを示す ($P=0.05$)。

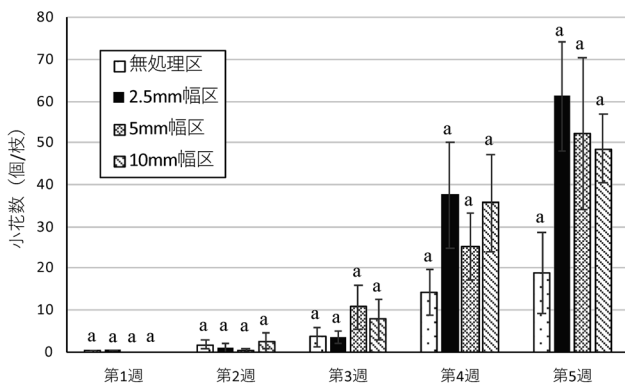


図6 環状剥皮および剥皮幅が枝当たりの小花数に及ぼす影響
図中の縦棒は S.E. を表す。
同一区内の異なる文字間で Tukey の多重検定により有意差があることを示す ($P=0.05$)。

2.5mm 幅区の 31% の着花数であった。第5週までに着果した花房当たりの小花数を第7図に示した。花房当たりの小花数に処理及び処理幅による影響はみられなかった。

4. 考 察

環状剥皮、結縛、摘心処理が着花に及ぼす影響について、直立枝では対照区に比べ環状剥皮区、結縛区、摘心区において花房数および小花数が多くなったが、有意性は認められなかった。直立枝では頂芽優勢などの生理的な要因が栄養成長を促し、生殖成長を抑えていることが考えられる。今回の実験で直立枝の花房数が下垂枝に比べて少なかったことや花房発生枝率が下垂枝に比べ低かったことは栄養成長が直立枝で強かったと推測される。

下垂枝において、環状剥皮区では花房数と小花数が最も多くみられた。次いで、結縛区では対照区と同様に花房数と小花数は少なかった。下垂枝への環状剥皮および結縛処理は、スターフルーツの着花を促進した。環状剥皮は樹皮または師部を切り取ることにより樹液の流れを遮断し、剥皮上部の枝の炭水化物(糖、デンプン)や植物ホルモンの増加により着花が促進される⁸⁾。結縛処理も樹液の流れを遮断して環状剥皮同様に着花促進作用があるが、結縛部位での締め付けが十分でないことや樹皮組織の断裂により着花作用が環状剥皮に比べ、劣ることがある。摘心は新梢の成長を止め、頂部への炭水化物の転流、または頂芽優勢をなくすことで着花が促進されることが考えられたが、摘心処理による着花促進はみられなかった。以上のことから、スターフルーツにおいては着花促進に最も効果がある方法は下垂枝への環状剥皮処理である。

環状剥皮の処理幅の影響について、環状剥皮部におけるカルの発生および癒合では、いずれの幅区もすべての枝に第2週にカルの発生がみられたほか、第4週に各幅区のすべての枝で癒合が確認された。5mm幅区が第2週で癒合率が100%となったが、2.5mm幅区と10mm幅区は遅れて第4週であったことから剥皮幅が狭いほど癒合が早いとは言えなかった。副梢の数について、無処理区と10mm幅区で第5週の発生数は枝当たり0.4本、2.5mm幅区と5mm幅区で0.3本と少なかった。副梢の発生には環状剥皮による影響はみられなかった。カキの若木に5mm幅と10mm幅で環状剥皮を行った場合、5mm幅でのみ新

梢の生育が抑制されたという報告⁹⁾がある。

花房が着生している枝の割合は、環状剥皮区で急激に増加し、第5週には2.5mm幅区と10mm幅区が100%に、5mm幅区が90%になった。一方、無処理区は第4週まで増加したが、第4週の50%から第5週には30%に減少した。枝当たりの花房数も環状剥皮区は増加したが、無処理区では第4週から第5週にかけて減少した。環状剥皮処理は第5週に明らかな着花促進効果を示した。一方、第5週の枝当たりの花房数と小花数は2mm幅区が最も多かったが、処理幅による影響は明確ではなかった。カキにおいて剥皮幅の違いが着花に及ぼす影響を調べた実験においても、環状剥皮を行った区では無処理区に比べて着花数が増加したが、剥皮幅に処理効果の違いはなかったという報告がある⁹⁾。スターフルーツにおいても環状剥皮は着花の増加に効果があると考えられる。また、処理区間でみると、2.5mm幅区で枝あたりの花房数が最も多くなり、枝あたりの小花数についても同様であったことから、剥皮幅は着花数増加には2.5mmで十分である。これに加えて、環状剥皮の幅は狭いほうが枝への負担が少ないと考えられることから、スターフルーツにおける環状剥皮の幅は2.5mmが最適である。

参考文献

- 1) 水野宗衛 (2014) 熱帯特産果樹 グレンシ (スターフルーツ) 農業技術大系果樹編7. 農文協. 東京. pp.1-6.
- 2) 米本仁巳 (2009) 熱帯果樹の栽培—完熟果をつくる・楽しむ28種—. 農文協. 東京. pp.138-141.
- 3) 農林水産省 特産果樹生産動態等調査 <https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan_kazyu/index.html> (最終アクセス2021年11月10日)
- 4) ISHIHATA K, KAWABATA H (1978) Effects of the growth-retardants and branch-ringing of the reduction of shoot elongation and induction of flower-cluster formation in mango. *Japan. J. Tropic. Agriculture* 21 : 195-200.
- 5) RATH S, DAS GC (1979) Effect of ringing and growth retardants on growth and flowering of mango. *Sci. Hortic.* 10 : 101-104.
- 6) 長谷川耕二郎, 傍島真人 (1992) カキの結実と果実品質並びに花芽形成に及ぼす垂主枝結縛の影響. *熱帯農業* 36 : 14-20.
- 7) 千々和浩幸, 林 公彦 (2007) カキ '西村早生' の徒長枝摘心による結果母枝育成. *園学研.* 6 : 265-270.
- 8) GAWANKAR MS, HALDANKAR PM, SALVI BR, PARULEKAR Y R, DALVI N V, KULKARNI MM, SAITWAL Y S, NALAGE N A (2019) Effect of girdling on induction of flowering and quality of fruits in horticultural crops-a review. *Adv. Agric. Res. Technol. J.* 3 : 201-215.
- 9) 内藤隆次, 植田尚文, 山村 宏 (1981) カキ西条若木の結実促進に関する研究 (第1報). *鳥根大農研報.* 15 : 12-21.

Influence of Girdling, Strapping, and Pinching Treatments on Flower Setting in Star Fruit (*Averrhoa carambola* L.)

By

Tomohiro UEDA*, Yoshitaka KAWAI**† and Hiroyuki FUJISAWA***

(Received January 11, 2022/Accepted June 3, 2022)

Summary : Star fruit (*Averrhoa carambola* L.) is a tropical fruit tree indigenous to Java and the Moluccas Islands that bears fruit throughout the year when cultivated under tropical conditions. In Japan, it is cultivated in Okinawa and the Kyushu region and has two annual flowering periods : one from May to June and the other from September to October. Cultivation of this species has been hindered by the lack of established cultivation methods, and because it produces few flowers. Consequently, controlling the flowering period and increasing the number of flowers would be advantageous for improving star fruit production. The influence of girdling, strapping, and pinching treatments to increase flower setting were investigated in different treatment plots in a vinyl greenhouse at Tokyo University of Agriculture, Kanagawa, Japan. The treatments were performed on upright and descending branches of starfruit. Descending branches had larger numbers of flower clusters than upright branches. Compared to the control, girdling significantly increased the number of flower clusters on descending branches, but no such effect was observed on upright branches. In addition, the influence of girdling width (2.5, 5, and 10 mm) on flower setting on horizontal branches was examined. Compared to the control, the number of flower clusters increased for all girdling widths. The largest numbers of flower clusters and small flowers were observed in the 2.5 mm width girdling plot at 5 weeks after treatment. For the 2.5, 5, and 10 mm width girdling plots, more than 90% of branches had flower clusters at 5 weeks after treatment, compared to 30% in the control plot. The findings demonstrate that girdling improves flower setting in star fruit.

Key words : star fruit, flower setting, girdling, strapping, pinching

* Department of Agricultural Science, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture
Present address: Chiba Prefecture, Forestry and Fisheries Department Awa Agriculture Office

** Emeritus professor of Tokyo University of Agriculture

*** Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

† Corresponding author (E-mail : y3kawai@nodai.ac.jp)