

《短報》

イチゴ親株の花成誘導による子苗の花芽形成の安定化

尾田秀樹*

Stabilization of flower bud formation in strawberry nursery by induction of flower formation of mother plant

Hideki ODA

埼玉県のイチゴ栽培に用いられる一季成り性イチゴ品種は、夏季の高温・長日条件下で育苗が行われる。育苗期後半は晩夏から初秋にあたり短日条件となり、短日植物である一季成り性イチゴ品種は花成誘導が開始される。しかし、平均気温 25℃以上の高温条件下では花成誘導が抑制されるため(吉田, 2016)、晩夏から初秋にかけて高温に遭遇することによって花芽形成の遅延が見られることがある。特に猛暑年では花芽形成の遅延が顕著に現れ、開花の遅れとそれに伴う年内収量の低下が問題となっている。

暗黒冷蔵処理や短日夜冷処理等の花芽分化促進技術は花芽分化の安定化にも活用できると考えられるが、設備が高価であるため高温対策としての導入は進まないと思われる。低コストかつ処理が簡便な手法が必要となっている。

育苗期間中の開花した親株にランナーで連結している子苗が出蕾・開花する事例が栽培現場で確認される。柴戸ら(1994)は無仮植育苗の親株低温処理においてランナーで繋がっている低次の子苗ほど早く開花することを報告している。また、黒倉(2023)は総説の中で、親株から子苗に移動可能な花成抑制因子があり、その分子実体は移動性 FT タン

パク質ではないかと論じている。育苗中の子苗の開花は花成誘導物質の移動が関与しているならば、親株の花芽形成を促進することで連結している子苗の花芽分化を促進・安定化する可能性が考えられる。

一季成り性イチゴは短日条件が花成誘導の主要因であるが、15~18℃以下では日長に関係なく花芽分化を開始するとされている(Jonkers, 1965)。そのため、十分な低温下であれば長日条件下での親株の花芽形成が可能であると考えられる。また、クラウン冷却処理によって、未分化定植苗における出蕾日や収穫開始日の前進のほか、果房間葉数の減少による出蕾の前進化といった効果が報告されている(前田・野田, 2014, 壇ら, 2015, 壇ら, 2019)。そこで、温度感受性が高いとされるクラウン部付近を冷却した親株の花成誘導を図り、連結する子苗の花芽形成促進について検討したので報告する。

材料および方法

試験は、イチゴ品種「埼玉い3号」を用いて2020年から2022年まで農業技術研究センター内イチゴ育苗ハウス(埼玉県熊谷市)で実施した。親株は試験前年に9cmポリポット

* 野菜育種担当

で採苗し、自然条件下の雨よけハウスで越冬した株を用いた。3月上旬に株当たり8g(窒素成分量640mg)となるように肥料(商品名「いちごエース」(N:P:K=8:7:6))を混合した培土(商品名「空中ポットレストレーいちご専用培土」(㈱阪中緑化資材))を充填した口径15cm(2020,21年試験)あるいは24cm(2022年試験)プラスチック鉢に植え付けた。親株の花成誘導にはクラウン部の冷却によって行った(図1)。冷却は内径9mmの樹脂製チューブ(20年度のみ内径6mm)を用いて13℃の冷水を終日通水することで行った。処理は5月下旬あるいは6月上旬(2020年6月2日,2021年5月31日,2022年6月2日)から9月上旬(2020年9月2日,2021年9月3日,2022年9月7日)まで行った。クラウン冷却区と対照区を設定し,1区3親株・4反復(20年度は3反復)とした。対照区は,処理区と同様に越冬した株を親株とし,クラウン冷却以外の条件(施肥・灌水等)を同一として供試した。

採苗は6月下旬から7月上旬に開始し(2020年6月30日,21年・22年7月4日),ランナーから発生した子苗を順次スリット入り9cmポリポットに受けた。育苗培土はグッドソイルMC-1(兼谷産業㈱)を用いた。育苗中の施肥はポット錠ジャンプP7(㈱生科研



図1 親株のクラウン冷却
親株のクラウン部を樹脂チューブ(冷却用チューブ)で挟み冷却を行った

N:P:K=7:8:6)を1粒/株(窒素成分約70mg)施用した。採苗数は,各区とも親株当たり1~5次苗を各4株,総計20株とした。なお,親株一株あたり4本のランナーから採苗した。生長点の観察前日までランナーは切り離さずに育苗した。

親株及び子苗を実体顕微鏡下で生長点の観察を行い,花芽分化ステージを調査した。花芽分化ステージの結果をもとに子苗の花芽分化度を以下の式により求めた。

花芽分化度 =

$$\frac{(n1 \times 0) + (n2 \times 1) + (n3 \times 2) + (n4 \times 3) + (n5 \times 4)}{N \times 4} \times 100$$

式中のNは総観察株数,n1は「未分化」株数,n2は「肥厚期」株数,n3は「二分期」株数,n4は「花房分化期」株数,n5は「ガク片形成期以降」株数を表す。

生長点の観察前日にクラウン径を測定した。

結果

親株の花芽形成

9月第1週に観察した親株の生長点は,各年次においてクラウン冷却区の全株で花芽分化が確認される一方,対照区は未分化株が含まれており,クラウン冷却区の親株の花芽形成が進んでいた。第2週以降においてもクラウン冷却区の花芽分化ステージは,対照区に比べて進んでいた(表1)。

子苗の花芽分化

2020年の花芽分化度は,他年度に比べクラウン冷却区・対照区ともに低くなったが,20年および21年の供試した全子苗をサンプルとした花芽分化度は,クラウン冷却区で高くなり,21年の観察3,4回においては有意に大きくなり,花芽分化が促進される結果となった(マンホイットニーのU検定 $p < 0.05$)。しかし,22年は観察3回目以外の花芽分化度が対照区で高くなった(表2)。クラウン冷却区における苗次数間の花芽分化程度の比較では,各観察回ともに1次苗の分化ステージが

尾田：イチゴ親株の花成誘導による子苗の花芽形成の安定化

進んでおり（図 2）、親株に近い子苗の花芽分化度が高い傾向が見られた。観察 3 回や 4 回において 3 次苗より 4・5 次苗の花芽分化度が大きくなり、ランナーの末端部での分化ステージが進む結果となった（表 3）。クラウン

径は、低次（1 次苗）から高次（5 次苗）にかけて順次細くなる傾向にあった。4 次より 5 次苗のクラウン径が大きくなった調査回はあったが、クラウン冷却区の子苗は低次であるほどクラウン径が太い傾向であった（表 4）。

表 1 クラウン冷却した親株の花芽分化

試験年	区名	9月1週	9月2週	9月3週	9月4週
2020	クラウン冷却区	V2株・VII1株	V2株・VI1株	VII3株	—
	対照区	I3株	I2株・V1株	I2株・VII1株	—
2021	クラウン冷却区	V2株・VI1株	VI1株・VII2株	V1株・VII2株	VII3株
	対照区	I2株・V1株	II1株・IV2株	V3株	IV1株・V1株・VI1株
2022	クラウン冷却区	VI1株・VII2株	VII3株	VI1株・VII2株	VI1株・VII2株
	対照区	I2株・III1株	III3株	V2株・VI1株	V2株・VI1株

各区の花芽分化は顕微鏡下において生長点を観察して確認した。

2020年：9/2, 9/8, 9/17 2021年：9/4, 9/10, 9/17, 9/28 2022年：9/4, 9/9, 9/16, 9/23 観察。

花芽分化ステージとローマ数字の対応は以下のとおりとした。

I「未分化」<II「肥厚期」<III「二分期」<IV「花房分化期」<V「ガク片形成期」<VI「雄ずい形成期」<VII「雌ずい形成期」

表 2 親株クラウン冷却処理が子苗の花芽分化と花芽分化度に与える影響

試験年	観察回	区名	未分化	肥厚期	二分期	花房分化期	ガク片形成期以降	花芽分化度 (注1)	(注2)
2020	1回目	クラウン冷却区	55	1	0	0	0	0.4	n.s.
		対照区	54	0	0	0	0	0.0	
	2回目	クラウン冷却区	49	11	0	0	0	4.6	n.s.
		対照区	60	0	0	0	0	0.0	
	3回目	クラウン冷却区	38	22	0	0	0	9.2	n.s.
		対照区	42	18	0	0	0	7.5	
2021	1回目	クラウン冷却区	44	7	0	4	4	14.8	n.s.
		対照区	53	3	0	3	1	6.7	
	2回目	クラウン冷却区	10	36	8	0	4	29.3	n.s.
		対照区	10	34	7	1	3	28.6	
	3回目	クラウン冷却区	0	4	3	27	26	81.3	**
		対照区	8	3	12	22	12	61.8	
	4回目	クラウン冷却区	2	2	0	2	54	93.3	*
		対照区	3	6	5	7	39	80.4	
2022	1回目	クラウン冷却区	50	7	0	0	0	3.1	n.s.
		対照区	39	18	1	0	0	8.6	
	2回目	クラウン冷却区	40	9	0	4	0	9.9	n.s.
		対照区	32	9	9	4	1	19.5	
	3回目	クラウン冷却区	22	13	7	2	14	38.4	n.s.
		対照区	30	14	2	5	6	25.5	
	4回目	クラウン冷却区	15	18	7	5	13	42.7	n.s.
		対照区	10	13	12	3	14	49.0	

各区の花芽分化は顕微鏡下において生長点を観察して確認した。

2020年：9/2, 9/8, 9/17 2021年：9/4, 9/10, 9/17, 9/28 2022年：9/4, 9/9, 9/16, 9/23 観察。

(注1) 花芽分化度は以下の式で求めた

$$\text{花芽分化度} = \frac{(n1 \times 0) + (n2 \times 1) + (n3 \times 2) + (n4 \times 3) + (n5 \times 4)}{N \times 4} \times 100$$

(N=総観察数, n1=「未分化」数, n2=「肥厚期」数, n3=「二分期」数, n4=「花房分化期」数, n5=「ガク片形成期以降」数)

(注2) クラウン冷却区と対照区の2群間についてマンホイットニーのU検定により検定を実施した。

n.s. : not significant *p<0.05 **p<0.01

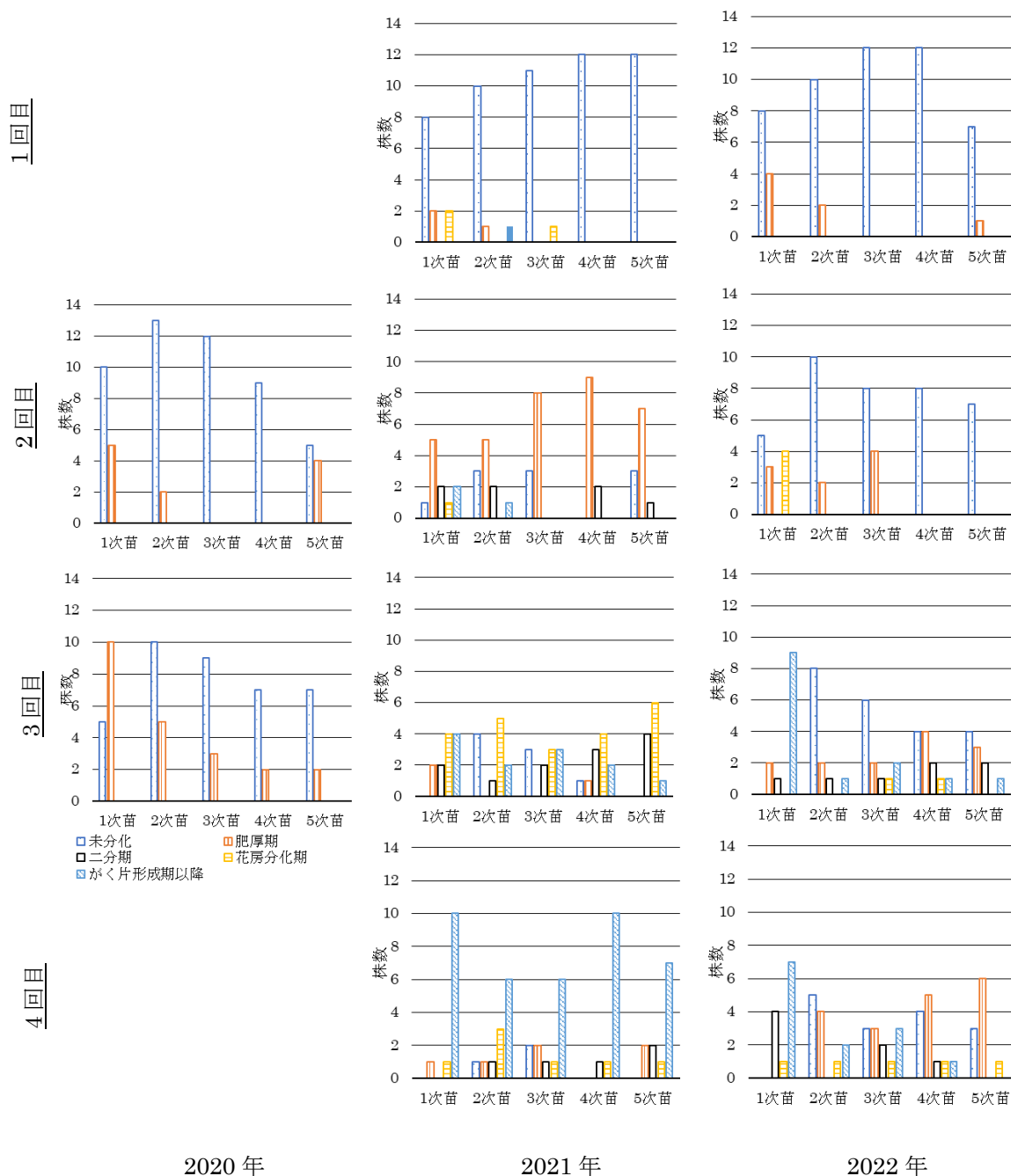


図 2 クラウン冷却区における苗次数と花芽分化

生長点の観察日および観察個体数は以下のとおり.

2020年: 9/8(n=60), 9/17(n=60)

2021年: 9/4(n=60), 9/10(n=55), 9/17(n=57), 9/24(n=60)

2022年: 9/4(n=56), 9/9(n=51), 9/16(n=58), 9/23(n=58)

2020年の調査は9月2週(2回目), 3週(3回目)のみとした.
縦軸は株数, 横軸は苗次数を示す.

表3 クラウン冷却区の子苗数ごとの花芽分化度^注

試験年	観察回	1次苗	2次苗	3次苗	4次苗	5次苗
2020	1回目	8.3	3.3	0	0	11.1
	2回目	16.7	8.3	6.3	5.6	5.6
	3回目	65.0	80.0	75.0	100.0	91.7
2021	1回目	16.7	10.4	6.3	0	0
	2回目	45.5	29.5	18.2	29.5	20.5
	3回目	70.8	52.1	56.8	61.4	68.2
	4回目	91.7	75.0	64.6	93.8	77.1
2022	1回目	8.3	4.2	0	0	3.13
	2回目	31.3	4.2	8.3	0	0
	3回目	83.3	16.7	31.3	31.3	27.5
	4回目	81.3	31.3	45.8	29.2	22.5

各区の花芽分化は顕微鏡下において生長点を観察して確認した。観察日は以下のとおり。

2020年：9/2, 9/8, 9/17

2021年：9/4, 9/10, 9/17, 9/28

2022年：9/4, 9/9, 9/16, 9/23

注：花芽分化度は表2と同様に求めた。

表4 クラウン冷却区の子苗数ごとのクラウン径(mm)の比較

試験年	調査回	1次苗	2次苗	3次苗	4次苗	5次苗
2020	1回目	7.93	7.46	7.09	6.02	5.85
	2回目	7.53	6.91	6.57	6.02	6.21
	3回目	7.82	7.39	7.21	6.51	6.53
2021	1回目	7.94	7.17	6.33	5.88	5.48
	2回目	8.37	7.87	6.44	6.22	6.28
	3回目	8.05	7.46	6.63	6.47	5.78
	4回目	8.04	7.67	6.79	6.55	6.32
2022	1回目	7.71	7.22	6.18	5.73	5.15
	2回目	6.96	7.03	5.88	5.75	4.80
	3回目	7.36	6.87	6.29	6.00	5.42
	4回目	7.60	6.98	6.08	5.79	4.88

クラウン径の測定は、生長点の観察前に実施した。観察日は以下のとおり。

2020年度：9/1, 9/7, 9/14

2021年度：9/3, 9/9, 9/16, 9/27

2022年度：9/3, 9/8, 9/15, 9/22

考察

クラウンを冷却することによって親株の花芽形成が促進されることが明らかになった。また、クラウン冷却した親株の花芽分化に年次間差が見られなかったが、対照区では20年度の分化が遅い傾向にあった。これは、2020年度の8月(平均気温29.6℃)・9月期(24.2℃)の気温が、21(27.4℃, 22.2℃)・22年(27.7℃, 24.2℃)同月に比べ高くなった(熊谷気象台データ)ことが原因と考えられた。未分化苗定植のクラウン冷却処理は、供試した品種の早生から晩生の順を「こいのか」≧「さがほのか」>「さちのか」とした中で、晩生品種ほど花芽分化効果が高いとの報告がある(前田・野田, 2014)。「埼園い3号」は、「さがほのか」より花芽分化が遅いため、中生から晩生と仮定した場合、本品種の子苗に対するクラウン冷却効果は高いと考えられる。

親株のクラウン冷却による子苗の花芽分化は、2020・21年の結果において花芽形成を促す関係が見られた。しかし、22年は対照区の子苗の花芽分化が進み、処理効果が明瞭でなかった。この原因として、花成誘導物質を運搬する篩管流が子苗に向かわず親株の根等の

シンク器官に向かった可能性やハウス内の育苗位置により子苗の培地温が上昇し花芽分化に影響したなどの理由が考えられ、親株の根域制限によるシンク器官の抑制や子苗個別の環境条件等を検討していく必要がある。

花芽分化と苗の生育量の関係について、Ito and Saito (1962) は、花芽分化に好適な条件下では苗の大きさは花芽分化に影響しないが、好適ではない条件下では苗齢が進んだものや大きな苗が花芽分化しやすいと報告している。しかし、本試験の供試苗において、同一区内の子苗次数間にクラウン肥大差が見られたものの、処理区間の各年次の平均クラウン径に大きな差はなく、本試験では花芽分化に生育量が影響した可能性は少ないと考えられた。

クラウン冷却区における子苗次数間にみられる花芽分化度の勾配は、3年間を通して見られた。いずれの年次でも、クラウン径の大小が影響している可能性が考えられたものの、観察3回目および4回目の3次苗は、5次苗よりクラウン径が大きいにもかかわらず(表4)、花芽分化度が小さくなった。柴戸ら(1994)は無仮植育苗の親株低温処理においてランナーで繋がっている低次の子苗ほど早く開花することを報告しており、開花と花芽分化の違

いがあるものの本試験の1次から3次苗に関しては同様の結果であると考えられた。3次苗と4・5次苗の花芽分化度が逆転している現象は、花成誘導物質の移動が関係すると想定できる。黒倉(2023)は、1959年のGuttridgeが報告した実験について、短日条件下、長日条件下にそれぞれ置かれたランナーで接続されたイチゴのペアのうち、単体であれば花成するはずの短日条件下におかれた植物体の花成が抑制されたことから、長日条件下に置かれた植物から花成抑制物質が移動し、短日条件下に置かれた植物の花成の抑制を推測したと総説の中で説明している。黒倉の総説では花成抑制物質の移動を論じたものであるが、花成誘導物質に関しても同様に移動していると推測される。本試験では、5次苗から発生したランナーは随時摘除しており、親株から花成誘導物質が子苗に順次移動していたと仮定した場合、高次苗に花成誘導物質が蓄積した結果、3次苗より4次および5次苗の花芽分化度が高くなった可能性が示唆される。

本試験では冷却水の水温は検討してこなかったが、夜冷短日処理において温度条件が高温になるほど出蕾株率の低下がみられ(山崎, 2019)、低温・短日への感受性には、品種間差異がある(森下・山川, 1991)ことから、親株のクラウン冷却の処理温度も同様と考えられる。冷却コストと比較しつつ適切な冷却温度を検討していく必要がある。また、今回は樹脂チューブによってクラウンを直接冷却したが、他の手法でもクラウン冷却は可能であると思われる。冷水を用いて根圏の温度を低下させた場合、生長点は、クラウンの測点より1cm程度上部に位置するもののクラウン温度も冷水の影響を受けて下がり(向井・小倉, 1988)、培地温度の低下はクラウン径とその生長点に影響すると考えられる。宇田川(1991)は、生長点の温度が、低気温によって根も含めた植物体全体が低温になり、葉柄基部またはクラウンの組織を媒体とした熱伝導で生長点に伝わるか、体液温度が低下して生長点が低温になると考察している。このことから、培地温を低下させる栽培容器等の冷

却方法は、クラウン冷却による親株の花成誘導と同等の効果が得られると考えられる。

フロリゲンやアンチフロリゲンといった促成や抑制に関わる因子は主として日長を感知して葉で合成されるが、花芽分化の条件には生長点付近の温度や体内窒素濃度が複雑に関与する。生長点に移動したフロリゲン等の振る舞いと温度の関係が明らかにすることで、花芽分化の精緻なコントロールの実現に繋がっていくと考えている。

本試験において、親株のクラウン冷却が子苗の花芽分化に及ぼす影響と親株・子苗間の花成誘導物質の移動が示唆された。しかし、子苗の花芽分化が年によって安定せず、今後の課題として残された。また、今後、親株のクラウン冷却による子苗の花芽分化促進・安定化技術を確立に向けて、冷却温度や処理期間、冷却方法等をさらに検討していく必要がある。

引用文献

- 壇和弘・菅野亘・中原俊二・後藤直子・岩崎泰永・高野岩雄・沖村誠・日高功太・高山智光・今村仁(2015): 宮城県での促成栽培イチゴにおけるクラウン温度制御技術の現地実証。九州沖縄農業研究センター報告 64, 1-11.
- 壇和弘・菅野亘・中原俊二・後藤直子・本間由紀子・遊佐真奈美・岩崎泰永・高野岩雄・高山詩織・日高功太・高山智光・今村仁(2019): 宮城県でのクラウン温度制御を用いたイチゴの促成栽培。農研機構報告九沖農研 68, 10-21.
- H. Jonkers (1965): On the flower formation, the dormancy and the early forcing of strawberries. Med Landbwg Wageningen 65, 1-71
- Ito H. Saito T. (1962): Studies on the flower formation in the strawberry plants 1. Effects of temperature and photoperiod on the flower formation. Tohoku Journal of Agricultural Research 13(3) 191-203
- 黒倉健(2023): Negative long-day plant で

- あるイチゴ (*Fragaria* spp.) の花成について. 植物科学最前線 14. 143-151
- 前田 衡・野田和也 (2014) : イチゴ未分化苗定植における局所温度制御技術, 長崎農林技セ研報 5, 31-47
- 森下昌三・山川理 (1991) : 一季成り性イチゴの短日低温処理に対する感受性の品種間差異. 園学雑 60(3). 539-546
- 向井隆二・小倉祐幸 (1988) : NFT 夜間冷水処理装置によるイチゴの花成促進技術について. 生物環境調節 26(1). 1-7
- 柴戸靖志・伏原肇・林三徳・松田文江 (1994) : イチゴ‘とよのか’のランナー切り離し時期と親苗の低温処理が子苗の開花に及ぼす影響. 九州農業研究 56, 193
- 宇田川雄二 (1991) : 根温を異にした養液栽培イチゴの生理生態学的研究. 千葉農試特報 19 1-60
- 山崎浩道 (2019) : 短日処理期間の高温条件がイチゴ一季成り性品種の出蕾に及ぼす影響, 農研機構研究報告 東北農研 121, 1-10
- 吉田祐一 (2016) : 増殖と花芽分化 2. 花芽分化 (3) 花芽分化の条件①日長と温度. イチゴ大事典. 59-60, 農文協. 東京.